

NODO STRADALE E AUTOSTRADALE DI GENOVA

Adeguamento del sistema

A7 – A10 – A12

PROGETTO DEFINITIVO Progetto di Cantierizzazione

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE

IL RESPONSABILE PROGETTAZIONE
SPECIALISTICA

Ing. Ferruccio Bucalo
Ord. Ingg. Genova N. 4940

RESPONSABILE UFFICIO MAM

IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Orlando Mazza
Ord. Ingg. Pavia N. 1496


RESPONSABILE AREA DI PROGETTO GENOVA

IL DIRETTORE TECNICO

Ing. Maurizio Torresi
Ord. Ingg. Milano N. 16492

RESPONSABILE FUNZIONE STP

WBS	RIFERIMENTO ELABORATO				DATA: FEBBRAIO 2011	REVISIONE	
	DIRETTORIO		FILE			n.	data
	codice commessa	N.Prog.	unita'	n. progressivo		01	APRILE 2011
	1	1071204	MAMCQAMBR	-	SCALA: -		

 ingegneria europea	COORDINATORE OPERATIVO DI PROGETTO Ing. Ilaria Lavander	ELABORAZIONE PROGETTUALE A CURA DI:	Dott. Francesco Cipolli
		IL RESPONSABILE ATTIVITA' SPECIALISTICA	Ing. Sara Frisiani
CONSULENZA A CURA DI :		COORDINAMENTO SCIENTIFICO	Ing. Mauro Di Prete

VISTO DEL COORDINATORE GENERALE SPEA
DIREZIONE OPERATIVA
PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE LAVORI ASPI
Ing. Alberto Selleri

VISTO DEL COMMITTENTE
autostrade // per l'italia
Ing. Giorgio Fabriani

VISTO DEL CONCEDENTE


QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE – PROGETTO DI CANTIERIZZAZIONE
PARTE 1

INDICE

1	LOGICHE DI LAVORO	1
1.1	I FATTORI DI SPECIFICITÀ DEL PROGETTO E LE SCELTE PROGETTUALI STRUTTURANTI	1
1.1.1	I FATTORI DI SPECIFICITÀ	1
1.1.2	GLI OBIETTIVI E LE SCELTE PROGETTUALI STRUTTURANTI	1
1.2	LO SIA DELL'OPERA IN PROGETTO: IMPIANTO METODOLOGICO ED ARCHITETTURA GENERALE	2
1.2.1	L'IMPIANTO METODOLOGICO GENERALE	2
1.2.2	L'ARCHITETTURA GENERALE	3
1.2.3	LA STRUTTURA ESPOSITIVA	8
1.3	IL QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE NELLO SIA DEL PROGETTO DI CANTIERIZZAZIONE	9
1.3.1	I TEMI	9
1.3.2	LA STRUTTURA ESPOSITIVA E GLI ASPETTI CONTENUTISTICI	11
2	ATMOSFERA	13
2.1	I TEMI E LA METODOLOGIA DI LAVORO	13
2.1.1	I TEMI	13
2.1.2	LA METODOLOGIA	14
2.2	QUADRO CONOSCITIVO: SINTESI DATI ESSENZIALI	15
2.2.1	DATI ANEMOLOGICI	15
2.2.2	QUADRO DELLE EMISSIONI ESISTENTI	16
2.2.3	LA QUALITÀ DELL'ARIA NELLA ZONA COSTIERA	18
2.3	ANALISI DELLE INTERAZIONI OPERA-AMBIENTE	20
2.3.1	LE ATTIVITÀ DI REALIZZAZIONE DELLE INFRASTRUTTURE AUTOSTRADALI	20
2.3.2	LE ATTIVITÀ DI REALIZZAZIONE DELL'OPERA A MARE	28
2.3.3	IL TRAFFICO DI CANTIERIZZAZIONE	29
2.4	IL RAPPORTO OPERA-AMBIENTE	32
2.4.1	LE ATTIVITÀ DI REALIZZAZIONE DELLE INFRASTRUTTURE AUTOSTRADALI ED IL TRAFFICO DI CANTIERIZZAZIONE	32
2.4.2	LE ATTIVITÀ DI REALIZZAZIONE DELL'OPERA A MARE	32
3	AMBIENTE IDRICO – ACQUE SUPERFICIALI	34
3.1	TEMI E METODOLOGIA DI LAVORO	34
3.1.1	I TEMI	34
3.1.2	LA METODOLOGIA	35
3.2	QUADRO CONOSCITIVO	40
3.2.1	LE ACQUE INTERNE SUPERFICIALI	40
3.2.2	LE ACQUE MARINE	44
3.3	ANALISI DELLE INTERAZIONI OPERA AMBIENTE	96
3.3.1	MODIFICAZIONE DELLE CONDIZIONI DI DEFLUSSO SUPERFICIALE DELLE ACQUE DI VERSANTE	96
3.3.2	MODIFICAZIONE DELLE CONDIZIONI DI DEFLUSSO DELLE ACQUE SUPERFICIALI	96
3.3.3	MODIFICAZIONE DEI PARAMETRI FISICO-CHIMICI DELLE ACQUE INTERNE SUPERFICIALI	96
3.3.4	MODIFICA DEI PARAMETRI IDRODINAMICI NEL CANALE DI CALMA	96
3.3.5	MODIFICA DEL TRASPORTO SOLIDO NEL CANALE DI CALMA	109
3.3.6	MODIFICA DEI PARAMETRI CHIMICO-FISICI DELLE ACQUE MARINE NEL CANALE DI CALMA	111
3.4	IL RAPPORTO OPERA-AMBIENTE	122
3.4.1	LA RETE IDRICA SUPERFICIALE	122
3.4.2	OPERA A MARE	122
4	SUOLO E SOTTOSUOLO	124

4.1	TEMI E METODOLOGIA DI LAVORO	124
4.1.1	I TEMI	124
4.1.2	LA METODOLOGIA	125
4.2	QUADRO CONOSCITIVO	125
4.2.1	ASPETTI GEOLOGICI GENERALI: PRINCIPALI DOMINI GEOLOGICO – STRUTTURALI	125
4.2.2	ASPETTI GEOLOGICI GENERALI: ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO	128
4.2.3	ASPETTI GEOLOGICI INERENTI LA PRESENZA DI AMMASSI AMIANTIFERI	134
4.2.4	ASPETTI DI CARATTERIZZAZIONE CHIMICO-FISICA	136
4.2.5	ASPETTI MORFOLOGICI GENERALI	151
4.2.6	ANALISI GEOMORFOLOGIA DI DETTAGLIO	152
4.2.7	CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOLOGICA DEI FONDALI NEL CANALE DI CALMA	155
4.2.8	ASPETTI IDROGEOLOGICI	183
4.2.9	UNITÀ IDROGEOLOGICHE	187
4.2.10	SISTEMA DEGLI USI DEL CANALE DI CALMA E DELLE AREE CONTERMINI	191
4.3	ANALISI DELLE INTERAZIONI OPERA-AMBIENTE	193
4.3.1	INTERFERENZE CON LE FORME GEOMORFOLOGICHE	193
4.3.2	MODIFICAZIONE DEL REGIME DEI PUNTI D'ACQUA	194
4.3.3	RISCHIO DI INTERCETTAMENTO DI AMMASSI AMIANTIFERI	202
4.3.4	MOBILIZZAZIONE DI SEDIMENTI POTENZIALMENTE INQUINATI	202
4.3.5	MODIFICAZIONE DEGLI USI E DELLA FUNZIONALITÀ DEL CANALE DI CALMA	203
4.4	IL RAPPORTO OPERA-AMBIENTE	207

QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE – PROGETTO DI CANTIERIZZAZIONE
PARTE 2

INDICE

5 VEGETAZIONE E FLORA	209
5.1 TEMI E METODOLOGIA DI LAVORO	209
5.1.1 I TEMI	209
5.1.2 LA METODOLOGIA	210
5.2 QUADRO CONOSCITIVO DI AREA VASTA	212
5.2.1 INQUADRAMENTO BIOGEOGRAFICO E FITOCLIMATICO	212
5.2.2 LE AREE DI INTERESSE NATURALISTICO	213
5.2.3 LA DESTINAZIONE PREVALENTE DEI SUOLI	214
5.2.4 ANALISI DELLA NATURALITÀ	216
5.2.5 GLI AMBITI DI INTERVENTO	217
5.3 ANALISI DELLE INTERAZIONE OPERA – AMBIENTE	226
5.3.1 AREE A SERVIZIO DELLA CANTIERIZZAZIONE	226
5.3.2 OPERE CONNESSE DI CANTIERIZZAZIONE	228
5.4 IL RAPPORTO OPERA-AMBIENTE	230
6 ECOSISTEMI E FAUNA	231
6.1 TEMI E METODOLOGIA DI LAVORO	231
6.1.1 I TEMI	231
6.1.2 LA METODOLOGIA	232
6.2 IL QUADRO CONOSCITIVO DI AREA VASTA	233
6.2.1 AMBIENTE TERRESTRE	233
6.2.2 AMBIENTE ACQUATICO	240
6.3 ANALISI DELLE INTERAZIONE OPERA – AMBIENTE	246
6.3.1 AMBIENTE TERRESTRE	246
6.3.2 AMBIENTE ACQUATICO	250
6.4 IL RAPPORTO OPERA-AMBIENTE	252
6.4.1 AMBIENTE TERRESTRE	252
6.4.2 AMBIENTE ACQUATICO	252
7 RUMORE	253
7.1 I TEMI E LA METODOLOGIA DI LAVORO	253
7.1.1 I TEMI	253
7.1.2 LA METODOLOGIA	253
7.2 QUADRO CONOSCITIVO	255
7.2.1 LA ZONIZZAZIONE ACUSTICA DEL COMUNE DI GENOVA	255
7.2.2 IL PIANO DI SVILUPPO AEROPORTUALE	256
7.2.3 INDAGINI FONOMETRICHE	257
7.2.4 PRINCIPALI LAVORAZIONI PREVISTE NEI CANTIERI	258
7.2.5 FLUSSI DI TRAFFICO PREVISTI	259
7.2.6 IMMISSIONI ATTUALI NELL'AREA DELL'OPERA A MARE	260
7.3 ANALISI DELLE INTERAZIONI OPERA-AMBIENTE	261
7.3.1 IL MODELLO DI SIMULAZIONE ACUSTICA DEI CANTIERI	261
7.3.2 LO SLURRYDOTTO	265
7.3.3 LE INTERFERENZE SULLA VIABILITÀ	267
7.3.4 L'OPERA A MARE	267
7.3.5 INTERVENTI ANTIRUMORE TEMPORANEI: CRITERI GENERALI	270
7.4 IL RAPPORTO OPERA-AMBIENTE	272
8 VIBRAZIONI	273
8.1 TEMI E METODOLOGIA DI LAVORO	273

8.1.1 I TEMI	273
8.1.2 LA METODOLOGIA	273
8.2 QUADRO CONOSCITIVO	274
8.2.1 INDIVIDUAZIONE DELLE INTERFERENZE CANTIERE-EDIFICATO	274
8.2.2 DEFINIZIONE DELLE AREE DI INFLUENZA DELLE ATTIVITÀ COSTRUTTIVE	275
8.3 ANALISI DELLE INTERAZIONI OPERA-AMBIENTE	279
8.3.1 INDIVIDUAZIONE DELLE AREE POTENZIALMENTE CRITICHE	279
8.4 IL RAPPORTO OPERA-AMBIENTE	280
9 SALUTE PUBBLICA	281
9.1 TEMI E METODOLOGIA DI LAVORO	281
9.1.1 I TEMI	281
9.1.2 LA METODOLOGIA	282
9.2 QUADRO CONOSCITIVO – ASPETTI SCIENTIFICI ED EPIDEMIOLOGICI IN MATERIA DI AMIANTO	282
9.2.1 INTRODUZIONE	282
9.2.2 ASPETTI EPIDEMIOLOGICI	284
9.2.3 METODI DI CAMPIONAMENTO ED ANALISI	285
9.2.4 L'AMIANTO NEL COMPARTO ATMOSFERICO	286
9.2.5 L'AMIANTO NEL COMPARTO ACQUATICO	288
9.2.6 LA DISPERSIONE IN ARIA DELLE FIBRE DI AMIANTO	289
9.3 ANALISI DELLE INTERAZIONI OPERA-AMBIENTE	292
9.3.1 LA DISPERSIONE IN AREA DELLE FIBRE AMIANTIFERE NEL CORSO DELLE ATTIVITÀ DI COSTRUZIONE DELLE INFRASTRUTTURE AUTOSTRADALI: GLI AMBIENTI DI LAVORO	292
9.3.2 LA DISPERSIONE IN ARIA DELLE FIBRE AMIANTIFERE NEL CORSO DELLE ATTIVITÀ DI STOCCAGGIO: L'OPERA A MARE	293
9.4 IL RAPPORTO OPERA-AMBIENTE	295
9.4.1 GLI AMBIENTI DI LAVORO	295
9.4.2 L'OPERA A MARE	295
10 PAESAGGIO	296
10.1 TEMI E METODOLOGIA DI LAVORO	296
10.1.1 I TEMI	296
10.1.2 LA METODOLOGIA	297
10.2 IL CONTESTO DI RIFERIMENTO	298
10.2.1 LA DISCIPLINA DI TUTELA PAESAGGISTICO-AMBIENTALE: IL PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PAESISTICO	298
10.2.2 LO STATO DEI VINCOLI	302
10.2.3 LE UNITÀ DI PAESAGGIO	308
10.2.4 LA FASCIA COSTIERA E IL CANALE DI CALMA	311
10.2.5 SINTESI DELL'ASSETTO PAESAGGISTICO	318
10.2.6 INQUADRAMENTO ARCHEOLOGICO	319
10.3 ANALISI DELLE INTERAZIONI OPERE-AMBIENTE	320
10.3.1 LE AREE DI CANTIERE	320
10.3.2 LE OPERE CONNESSE DI CANTIERIZZAZIONE A CARATTERE TEMPORANEO	327
10.3.3 LE OPERE CONNESSE DI CANTIERIZZAZIONE A CARATTERE DEFINITIVO: L'OPERA A MARE	328
10.4 IL RAPPORTO OPERA AMBIENTE	332
10.4.1 LE AREE DI CANTIERE E LE OPERE CONNESSE A CARATTERE TEMPORANEO	332
10.4.2 LE OPERE CONNESSE A CARATTERE DEFINITIVO: L'OPERA A MARE	333

ELENCO ELABORATI GRAFICI

Componente	Titolo	Scala	Codice
-	Carta delle indagini ambientali	1:10.000	MAM-C-QAMB-001
Vegetazione	Carta fisionomica strutturale della vegetazione: aree di cantierizzazione	1:5.000	MAM-C-QAMB-VEG-001_002
Ecosistemi	Carta delle unità ecosistemiche e degli elementi di pregio naturalistico	1:10.000	MAM-C-QAMB-ECO-001
Ecosistemi	Carta della rete ecologica e delle presenze faunistiche	1:10.000	MAM-C-QAMB-ECO-002

1 LOGICHE DI LAVORO

1.1 I FATTORI DI SPECIFICITÀ DEL PROGETTO E LE SCELTE PROGETTUALI STRUTTURANTI

1.1.1 I fattori di specificità

L'esistenza di fattori di peculiarità e le modalità attraverso le quali i progettisti hanno inteso affrontarle costituiscono la chiave mediante la quale interpretare l'opera in progetto e, al contempo, la ragione precipua che ha condotto all'elaborazione dell'impianto metodologico dello Studio di Impatto Ambientale, descritta nel successivo paragrafo.

In estrema sintesi, i fattori di peculiarità, con i quali il Progetto definitivo del Nodo stradale ed autostradale di Genova si è voluto e dovuto confrontare, possono essere descritti nei seguenti termini (cfr. Tabella 1-1).

Tabella 1-1 I fattori di specificità

Contesto	Fattori di specificità
Contesto decisionale	<ul style="list-style-type: none"> • Complessità dell'iter progettuale/decisionale che, nel corso dell'ultimo decennio, ha condotto all'individuazione di diverse ipotesi di tracciato e che nel Dibattito Pubblico ha avuto uno strumento di condivisione allargata alle parti sociali ed agli attori non istituzionali e non tecnici
Contesto progettuale	<ul style="list-style-type: none"> • Rilevante entità dei volumi di scavo delle gallerie, quale esito del largo ricorso alla tipologia infrastrutturale della galleria
Contesto territoriale	<ul style="list-style-type: none"> • Natura potenzialmente amiantifera delle rocce e dei terreni posti in destra Polcevera, aspetto quest'ultimo che a sua volta si riflette sulla scelta non solo delle tecniche di scavo delle gallerie, quanto anche delle modalità di movimentazione e di stoccaggio delle terre di scavo • Natura urbanizzata della gran parte dell'ambito territoriale interessato dalla realizzazione dell'opera in progetto

1.1.2 Gli obiettivi e le scelte progettuali strutturanti

Le scelte operate al fine di dare soluzione ai fattori di peculiarità ora descritti e che, come tali, hanno strutturato il progetto definitivo oggetto del presente studio, hanno trovato loro definizione nell'assunzione dei seguenti obiettivi progettuali:

- Recepire le istanze provenienti dal processo concertativo istituzionale (atti della pianificazione negoziata) e da quello allargato alle diverse parti ed attori del contesto economico e sociale (Dibattito Pubblico), adottando la soluzione progettuale di tracciato elaborata in dette sedi come base per lo sviluppo del progetto definitivo;
- Salvaguardare la salute dei lavoratori durante la attività di scavo delle gallerie lungo i tratti in ammassi potenzialmente amiantiferi;
- Salvaguardare la salute della popolazione, limitando al massimo la potenziale dispersione in aria delle terre amiantifere durante l'attività di loro movimentazione;
- Salvaguardare la salute della popolazione, limitando al massimo il ricorso al trasporto su gomma come modalità di movimentazione delle terre di scavo;
- Salvaguardare la salute della popolazione, evitando la potenziale dispersione in aria delle terre amiantifere durante l'attività di stoccaggio e ricercando modalità di

stoccaggio definitivo in grado di eliminare il pericolo di successivi fenomeni di percolazione;

- Recepire le indicazioni provenienti dal processo concertativo istituzionale in merito alle modalità di stoccaggio delle terre provenienti dallo scavo delle gallerie in destra Polcevera;
- Limitare il consumo di suolo, privilegiando il riutilizzo delle terre di scavo laddove compatibile con le caratteristiche e la qualità del materiale scavato.

Sempre procedendo per estrema sintesi, le scelte strutturanti il progetto definitivo sono state le seguenti (cfr. Tabella 1-2).

Tabella 1-2 Scelte strutturanti il progetto definitivo

Ambito di progettazione	Scelte
Infrastrutture autostradali	<ul style="list-style-type: none"> • Implementazione del progetto preliminare redatto a valle del Dibattito Pubblico
Cantierizzazione delle infrastrutture autostradali	<ul style="list-style-type: none"> • Scavo e costruzione delle gallerie in destra Polcevera attraverso tecnica in meccanizzato (TBM); • Classificazione delle terre di scavo potenzialmente amiantifere secondo quattro livelli (codici bianco, verde, giallo, rosso), definiti in funzione del livello di concentrazione delle fibre amiantifere (valore soglia pari a 1 g/kg così come indicato nell'Allegato 5, Titolo V, Parte IV, Tabella 1, Colonna B del D.Lgs 152/2006) e delle caratteristiche geotecniche; • Centralizzazione delle attività di caratterizzazione e gestione delle terre provenienti dallo scavo delle gallerie in destra Polcevera, all'interno di un'unica area operativa individuata nel cantiere industriale C114; • Movimentazione delle terre potenzialmente amiantifere attraverso condotto ermetico costituito, per il tratto compreso tra il fronte di scavo e l'imbocco delle gallerie Monterosso, da nastri trasportatori, e per quello intercorrente tra il cantiere industriale C114 e l'opera mare, dallo slurrydotto; • Stoccaggio definitivo delle terre di scavo con concentrazione di fibre amiantifere entro la soglia 1g/kg (codice bianco e verde) nell'opera a mare realizzata all'interno del Canale di Calma in fregio all'attuale sedime aeroportuale; • Stoccaggio definitivo delle terre di scavo con concentrazione di fibre amiantifere al sopra della soglia 1g/kg (codice giallo) all'interno dell'arco rovescio delle gallerie corrispondenti al medesimo tratto dal quale provengono dette terre (stoccaggio in situ); • Stoccaggio definitivo delle terre di scavo con concentrazione di fibre amiantifere al di sopra della soglia 1g/kg e scadenti caratteristiche geotecniche (codice rosso) in discarica specifica.

Come emerge da questa sintetica descrizione delle scelte strutturanti il progetto definitivo, questo si connota chiaramente non solo per la rilevanza rivestita dall'ambito della caratterizzazione delle infrastrutture autostradali, quanto anche e soprattutto per la previsione di altre opere, sia a carattere temporaneo e/o definitivo, che sono funzionali alla realizzazione di dette infrastrutture.

La centralità della progettazione della cantierizzazione e ancor più la presenza di opere ancillari a tale attività nel loro insieme costituiscono un ulteriore fattore di specificità ed un chiaro elemento di distinzione del presente progetto, che lo differenziano dalla "tradizionale" produzione progettuale.

Il riconoscimento di tali elementi distintivi è stato quindi alla base dell'impianto metodologico dello Studio di Impatto Ambientale, così come descritto nel successivo paragrafo.

1.2 LO SIA DELL'OPERA IN PROGETTO: IMPIANTO METODOLOGICO ED ARCHITETTURA GENERALE

1.2.1 L'impianto metodologico generale

Come esposto nella Relazione generale sinottica, l'architettura complessiva dello Studio di Impatto Ambientale (SIA) del progetto definitivo di adeguamento del sistema A7 – A10 – A12 del Nodo stradale ed autostradale di Genova si compone, tra gli altri, dei due volumi "tematici" rappresentati dallo SIA del Progetto definitivo infrastrutturale (Volume 1) e dallo SIA del Progetto definitivo della cantierizzazione (Volume 2).

Infatti, i fattori di peculiarità della fase di cantierizzazione, dettati in primo luogo dalla presenza di terre amiantifere e dall'entità dei volumi di scavo, unitamente alla necessità di prevedere apposite nuove opere a servizio di detta fase, attribuiscono ad essa una rilevanza ben superiore rispetto a quella generalmente rivestita negli altri progetti infrastrutturali e, conseguentemente, hanno indotto a concepire l'opera in progetto come costituita da due sotto-progetti:

- il progetto delle infrastrutture autostradali;
- il progetto della cantierizzazione.

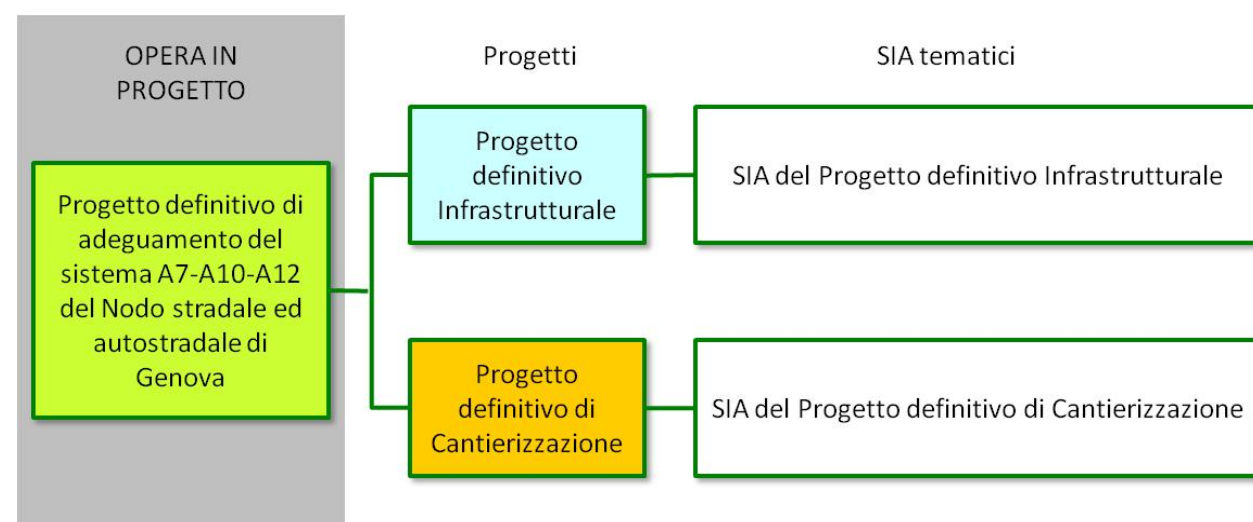


Figura 1-1 Rapporto Opera in progetto – Architettura dei SIA

Muovendo da tale impostazione, a sua volta anche lo studio di impatto ambientale è stato concepito in distinto due volumi, uno per ciascuno dei due progetti (cfr. Figura 1-1).

I fattori di peculiarità sopra citati hanno spinto ad adottare una particolare struttura espositiva: ciascun quadro di riferimento dei due SIA tematici riporta un primo capitolo, intitolato "Logiche di lavoro", a sua volta articolato in tre paragrafi:

- il primo paragrafo (cfr. par. 1.1), a valenza generale ed eguale nei due volumi tematici, di inquadramento delle peculiarità del progetto e delle conseguenti scelte strutturanti effettuate;
- il secondo paragrafo (cfr. par. 1.2), anch'esso a valenza generale ed eguale nei due volumi tematici, attiene allo SIA del progetto definitivo ed è volto ad illustrarne l'impianto metodologico e l'architettura generale, con riferimento all'identificazione dell'"Opera di riferimento" di ognuno degli SIA tematici e del complesso dei "Temi di riferimento" che discendono dalla scomposizione di dette opere;
- il terzo paragrafo (cfr. par. 1.3), espressamente dedicato al quadro di riferimento indagato, attiene invece alla definizione degli specifici "Temi di riferimento" che riguardano ciascuno dei tre canonici Quadri di Riferimento (Programmatico, Progettuale ed Ambientale) di cui si compone ogni SIA tematico, in ragione delle finalità ad esso attribuite dal DPCM 27.12.1988.

La questione che, a fronte del predetto insieme di fattori di specificità che nel loro insieme connotano il progetto, si è prospettata come nodo metodologico da affrontare in via prioritaria è stata quella di definire una chiara metodologia attraverso la quale arrivare all'individuazione dell'oggetto al quale si riferiscono i due volumi tematici dello SIA e, al loro interno, i rispettivi tre quadri di riferimento previsti dal DPCM 27.12.1988.

La metodologia a tal fine elaborata si fonda sui due seguenti assunti:

1. La multidimensionalità dell'opera.

Un'opera infrastrutturale, e più in generale un'opera di ingegneria, possiede diverse dimensioni le quali sono espressione di uno specifico profilo di lettura volto a coglierne differenti aspetti. Tali dimensioni, o profili di lettura, sono costituite da:

- dimensione realizzativa;
- dimensione fisica (manufatto);
- dimensione dell'esercizio.

In questa ottica è possibile riconoscere l'opera come composta da tre distinte opere:

- L'opera in realizzazione, nella quale il profilo di lettura è volto a considerare gli aspetti legati alle attività necessarie alla sua realizzazione ed alle esigenze che ne conseguono, in termini di fabbisogni di materie prime da approvvigionare e di materiali di risulta da smaltire, nonché di opere ed aree di servizio alla cantierizzazione;
- L'opera come manufatto infrastrutturale, ossia come elemento costruttivo colto nelle sue caratteristiche dimensionali, tecniche e funzionali;
- L'opera in esercizio, nel quale il profilo di lettura è centrato sulla funzione alla quale questa è preposta e sul suo funzionamento.

2. La centralità delle finalità assegnate a ciascuno dei tre quadri di riferimento dello SIA nell'orientare i profili di lettura.

Le finalità assegnate dal DPCM 27.12.1988 a ciascuno dei quadri di riferimento hanno un ruolo centrale nel selezionare le dimensioni attraverso le quali leggere un'opera in progetto, facendone cogliere aspetti o elementi differenti, al punto tale da poter affermare che ognuno di detti quadri di riferimento affronta una sua specifica opera.

Risulta difatti immediato comprendere tale aspetto considerando come, ad esempio, il leggere un'opera infrastrutturale rispetto alla dimensione dell'esercizio acquisti una diversa accezione a seconda che tale operazione sia condotta nell'ambito del quadro di riferimento programmatico o di quello ambientale. Se nel primo caso la finalità di leggere i rapporti Opera – Pianificazione, propria del Quadro di riferimento programmatico, porta a considerare la dimensione dell'esercizio in termini di funzione svolta dall'opera in progetto ed a riferirla agli obiettivi perseguiti dagli strumenti pianificatori, nel secondo, l'obiettivo di definire i rapporti Opera – Ambiente, assegnato al Quadro di riferimento ambientale, conduce a cogliere della dimensione in esame gli aspetti legati al funzionamento dell'opera.

Analoghe considerazioni valgono anche per la dimensione realizzativa allorché questa sia affrontata nell'ambito del quadro programmatico o di quello ambientale: nel primo l'opera in progetto è colta solo rispetto alle aree a servizio della cantierizzazione, non leggendone altri aspetti, quali le modalità di realizzazione o i fabbisogni costruttivi, che nel secondo hanno invece un ruolo fondamentale.

Muovendo da tali assunti, la metodologia di lavoro, assunta al fine di arrivare alla definizione dell'oggetto dei due SIA tematici e dei relativi quadri di riferimento, ha previsto il susseguirsi, all'interno di un processo iterativo, delle due seguenti attività:

- scomposizione dell'opera in progetto, a partire dall'articolazione dell'opera intesa nella sua globalità in funzione delle tre dimensioni di lettura ed al fine di identificare elementi progettuali di volta in volta maggiormente definiti e delimitati, rispettivamente sotto il profilo progettuale e tematico;
- selezione degli elementi progettuali sulla base della loro rilevanza rispetto alle finalità proprie del quadro di riferimento indagato.

La conclusione di tale processo è stata individuata allorché l'attività di scomposizione dell'opera ha condotto ad identificare quegli elementi progettuali il cui livello di discretizzazione è stato ritenuto tale da rispondere ad entrambi i seguenti requisiti:

- consentire la valutazione della rilevanza rispetto alle finalità perseguite dal quadro di riferimento indagato;
- soddisfare tutte le esigenze conoscitive connesse alle finalità del quadro di riferimento indagato, senza che il proseguimento dell'attività di scomposizione dell'opera possa condurre all'individuazione di ulteriori elementi progettuali capaci di accrescere la completezza del quadro informativo e, conseguentemente, la sua rispondenza rispetto alle predette finalità.

L'applicazione di tale metodologia ha condotto all'individuazione di un complesso di elementi progettuali che, proprio in ragione dell'essere determinato sulla base della rilevanza rispetto alle finalità assegnate al quadro di riferimento preso in esame, è risultato

diversamente composto in ciascuno dei tre quadri, anche qualora riguardante la medesima dimensione di lettura.

Prendiamo ad esempio gli esiti cui ha condotto la lettura delle Infrastrutture autostradali rispetto alla dimensione realizzativa e segnatamente alle aree a servizio della cantierizzazione, nel caso del Quadro di riferimento programmatico ed in quello ambientale. Nel primo caso, il processo di scomposizione dell'opera in progetto ha condotto all'individuazione degli elementi progettuali nelle "aree a servizio della cantierizzazione" nel loro complesso, senza cioè distinguerle in "aree di cantiere industriale" ed in "aree di cantiere di imbocco", dal momento che tale ulteriore scomposizione non è stata ritenuta rilevante al fine di comprendere i rapporti di conformità con il regime di trasformazione ed uso dei suoli, aspetto questo rispondente alle finalità del Quadro di riferimento programmatico. Diversamente, nel secondo caso, la scomposizione in elementi progettuali è stata condotta non solo con riferimento alle due tipologie di aree di cantiere, ma anche distinguendo quelle di Bolzaneto (CI 13 e CI 14) rispetto alle restanti aree di cantiere industriale, in quanto si è considerato che le attività di approntamento del cantiere e le lavorazioni condotte in dette due aree configurassero un rapporto Opera – Ambiente del tutto differente da quello delle restanti aree di cantiere industriale e che quindi dette specificità, essendo il quadro ambientale rivolto alla definizione e valutazione di tale rapporto, fossero rilevanti rispetto alla finalità del citato quadro.

Gli elementi progettuali dotati di tali requisiti sono stati pertanto identificati con la locuzione "temi di riferimento", in quanto espressione dell'oggetto progettuale al quale si riferisce ciascuno dei due SIA tematici ed ognuno dei relativi quadri di riferimento.

A fronte di ciò, per ogni SIA tematico e, al loro interno, per ciascuno dei tre quadri di riferimento, si è avvertita la necessità di anteporre un capitolo introduttivo volto all'illustrazione dei temi cui esso è riferito.

1.2.2 L'architettura generale

Il presente paragrafo riveste valenza generale, affrontando la definizione delle "Opere di riferimento" e dei "Temi di riferimento" relativi ai due SIA tematici, senza pertanto entrare nel merito di quelli che sono propri di ciascun quadro di riferimento, argomento quest'ultimo trattato nel successivo paragrafo 1.3.

1.2.2.1 Le Opere di riferimento

Come premesso, i due SIA tematici riguardano ciascuno uno specifico progetto: il Progetto Infrastrutturale, ossia quello delle Infrastrutture autostradali, ed il Progetto di Cantierizzazione, il quale, in ragione dei fattori di peculiarità propri della fase di cantierizzazione dell'opera in oggetto, si differenzia da un progetto canonico.

Il Progetto di Cantierizzazione difatti comprende:

- l'insieme degli aspetti che di prassi attengono la costruzione di un'opera infrastrutturale;
- le "Opere connesse di cantierizzazione", locuzione con la quale nel presente SIA si è inteso identificare l'insieme delle opere finalizzate alla realizzazione delle infrastrutture autostradali, la necessità delle quali origina dalle complessità esecutive e dalle scelte progettuali strutturanti operate ai fini di limitare gli effetti negativi prodotti dalla fase realizzativa.

Stante tale impostazione metodologica, l'architettura generale dello SIA nel suo complesso risulta costituita da due SIA tematici, ciascuno dei quali dedicato ad un'opera in progetto ed ognuno dei quali composto dai tre quadri di riferimento previsti dal DPCM 27.12.1988 (cfr. Figura 1-2).

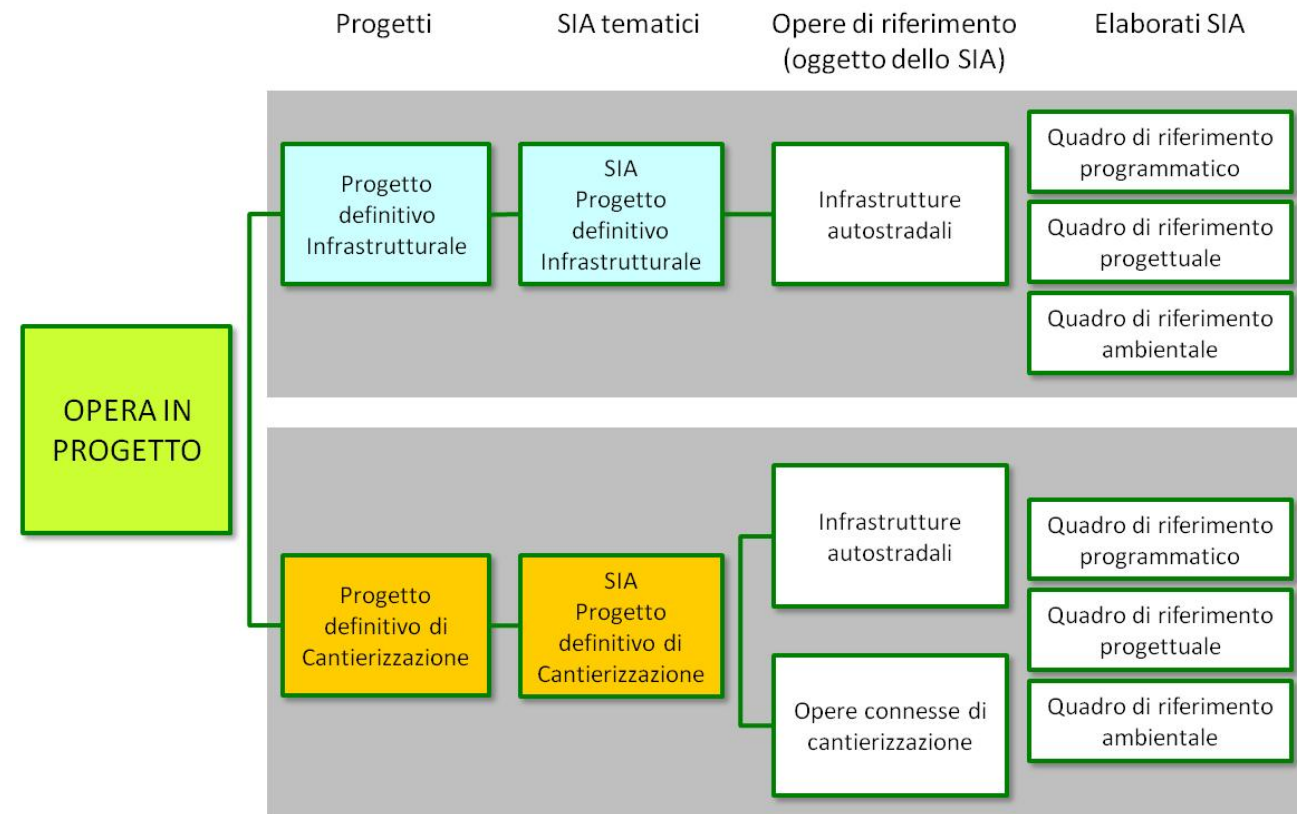


Figura 1-2 Architettura generale dello SIA: opere oggetto dei volumi tematici dello SIA

1.2.2.2 I Temi di riferimento

Assunta quindi l'articolazione dell'opera in progetto in due distinti progetti, la particolare composizione del Progetto di Cantierizzazione, nonché la scelta di dedicare a ciascuno dei due progetti uno specifico volume dello Studio di impatto ambientale, l'identificazione dei Temi di riferimento di ciascuno dei due SIA tematici sono stati l'esito di un processo di scomposizione delle relative Opere di riferimento, condotto per tre successivi livelli attraverso la metodologia prima descritta.

Tale attività, comune ad entrambi i SIA tematici e, al loro interno, a ciascuno dei tre quadri di riferimento, costituisce un'operazione propedeutica all'identificazione dei Temi di riferimento propri di ognuno di detti quadri, della quale si darà invece conto nel seguente paragrafo 1.3.

Livello 1 di scomposizione (cfr. Figura 1-3)

Il primo livello di scomposizione ha riguardato la articolazione dell'Opera di riferimento di ciascuno dei due SIA tematici sulla base delle tre citate dimensioni di lettura ed ha condotto all'identificazione di quelli che nel presente documento sono stati denominati "Macrotemi", proprio in quanto costitutivi la radice dalla quale originano i successivi Temi.

Per quanto riguarda lo SIA del Progetto Infrastrutturale, l'Opera di riferimento, individuata nelle infrastrutture autostradali, è stata articolata nei due seguenti Macrotemi:

- Infrastrutture autostradali come manufatto fisico
- Infrastrutture autostradali come esercizio.

Relativamente allo SIA del Progetto di Cantierizzazione, i Macrotemi sono stati identificati in:

- Infrastrutture autostradali come realizzazione, con riferimento cioè alla lettura dell'opera in relazione a quel complesso di attività, aree e fabbisogni connessi alla sua costruzione;
- Opere connesse di cantierizzazione, così come precedentemente definite, colte in relazione alle dimensioni fisica, realizzativa e dell'esercizio.

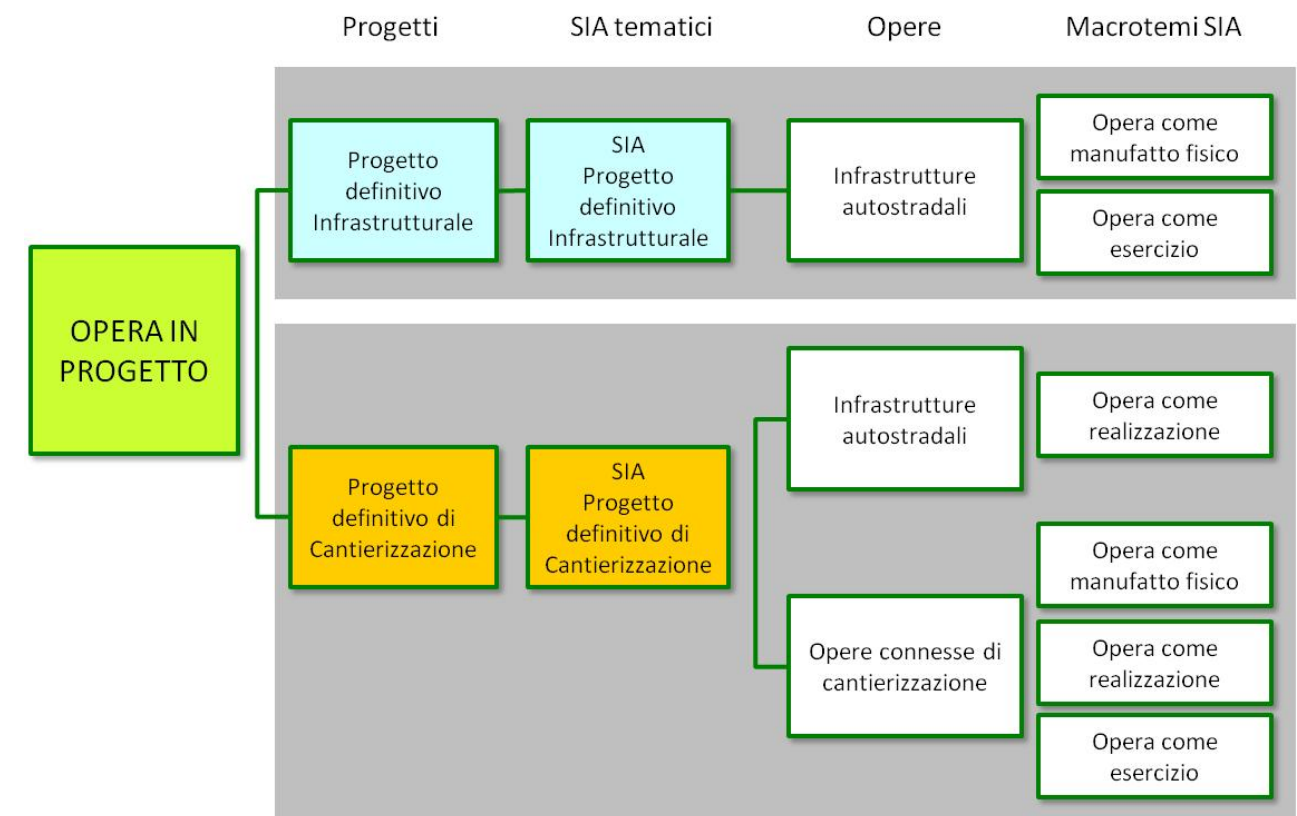


Figura 1-3 Architettura generale dello SIA: Macrotemi di riferimento (Livello 1)

Livello 2 di scomposizione (cfr. Tabella 1-3 e Tabella 1-4)

Per quanto concerne lo SIA del Progetto Infrastrutturale e segnatamente il primo macrotema (Infrastrutture autostradali come manufatto fisico), la sua scomposizione ha dato origine a due distinti elementi progettuali, individuati, da un lato, nel "Modello di rete" attraverso il quale l'opera in progetto intende riconfigurare il Nodo stradale ed autostradale di Genova e risolverne le annose problematiche, e, dall'altro, nei "Macro-elementi infrastrutturali" costitutivi il progetto.

Per quanto attiene il Macrotema "Opera come esercizio", gli elementi progettuali derivanti dalla sua scomposizione sono stati individuati nella "Funzione" e nel "Funzionamento" dell'opera. Il primo termine riguarda l'attività alla quale detta opera è preposta e pertanto,

in questo caso, la funzione trasportistica, mentre il secondo attiene al modo in cui funziona l'opera, aspetto che, riferito ad un'infrastruttura viaria, si sostanzia nei volumi di traffico movimentati, nel caso in esame, agli scenari temporali 2020 e 2030.

Tabella 1-3 SIA del Progetto Infrastrutturale: Elementi progettuali del livello 2

Opere	Macrotemi	Elementi progettuali – Temi di livello 2
Infrastrutture autostradali	Opera come manufatto	<ul style="list-style-type: none"> Modello di rete Macro-elementi infrastrutturali
	Opera come esercizio	<ul style="list-style-type: none"> Funzione trasportistica Funzionamento in termini di volumi di traffico movimentati

Relativamente allo SIA del Progetto di Cantierizzazione, il Macrotema Infrastrutture autostradali come realizzazione è stato scomposto in tre gruppi di elementi progettuali:

- Attività di costruzione delle Infrastrutture autostradali;
- Aree a servizio della cantierizzazione, definite come quel complesso di aree che di prassi sono necessarie alla costruzione di un'opera infrastrutturale;
- Quantità di materiali conseguenti alla costruzione delle Infrastrutture autostradali.

Per quanto invece concerne l'altra opera di riferimento dello SIA tematico in argomento, ossia le Opere connesse di cantierizzazione, la scomposizione della dimensione fisica ha dato luogo a due elementi progettuali, distinti in funzione del loro carattere temporaneo o definitivo.

Analogamente a quanto precedentemente illustrato per le Infrastrutture autostradali, anche nel caso della dimensione realizzativa delle Opere connesse, sono stati identificati tre gruppi di elementi progettuali:

- Attività costruttive delle Opere connesse di cantierizzazione;
- Aree a servizio della cantierizzazione;
- Quantità di materiali conseguenti alla costruzione delle Opere connesse di cantierizzazione.

Infine, per quanto attiene la dimensione dell'esercizio, gli elementi progettuali sono stati identificati sempre nella "Funzione" e nel "Funzionamento", attribuendo a detti termini significato analogo a quello già definito nel caso delle Infrastrutture autostradali, ma differente specificazione; in questo caso, la funzione è stata individuata nel loro essere strumentali alle attività di scavo delle gallerie autostradali, mentre il funzionamento è stato riferito ai modi in cui per l'appunto funzionano le Opere connesse nello svolgimento delle attività cui queste sono preposte.

Tabella 1-4 SIA del Progetto di Cantierizzazione: Elementi progettuali del livello 2

Opere	Macrotemi	Elementi progettuali – Temi di livello 2
Infrastrutture autostradali	Opera come realizzazione	<ul style="list-style-type: none"> Attività di costruzione Aree a servizio della cantierizzazione Quantità di materiali
Opere connesse di cantierizzazione	Opera come manufatto	<ul style="list-style-type: none"> Opere a carattere temporaneo Opere a carattere definitivo
	Opera come realizzazione	<ul style="list-style-type: none"> Attività di costruzione Aree a servizio della cantierizzazione Quantità di materiali
	Opera come esercizio	<ul style="list-style-type: none"> Funzione in termini di strumentalità allo scavo delle gallerie autostradali Funzionamento in termini di svolgimento delle attività strumentali allo scavo delle gallerie autostradali

Livello 3 di scomposizione (cfr. Tabella 1-5 e Tabella 1-6)

Procedendo nel processo di scomposizione, per quanto attiene lo SIA del Progetto Infrastrutturale e segnatamente l'opera come manufatto, tale attività ha condotto all'articolazione del modello di rete in due elementi progettuali, rappresentati dallo "Schema infrastrutturale" e dallo "Schema funzionale". Sempre con riferimento alla dimensione fisica, dall'articolazione dell'elemento progettuale "Macro-elementi infrastrutturali" sono stati desunti quali ulteriori sottoinsiemi quelli delle "Infrastrutture autostradali ex novo", delle "Infrastrutture autostradali esistenti oggetto di riqualifica", nonché delle "Infrastrutture autostradali oggetto di dismissione".

Nel caso dell'opera come esercizio, il nuovo livello di scomposizione non ha invece dato esito, non essendo possibile articolare ulteriormente gli elementi progettuali definiti al secondo livello.

Tabella 1-5 SIA Progetto Infrastrutturale: Elementi progettuali del livello 3

Opere	Macrotemi	Elementi progettuali
Infrastrutture autostradali	Opera come manufatto	<ul style="list-style-type: none"> Modello di rete Macro-elementi infrastrutturali
		<ul style="list-style-type: none"> Schema infrastrutturale Schema funzionale Infrastrutture autostradali ex novo Infrastrutture autostradali esistenti oggetto di riqualifica Infrastrutture autostradali oggetto di dismissione
	Opera come esercizio	<ul style="list-style-type: none"> Funzione trasportistica Funzionamento in termini di volume di traffico movimentato

Relativamente allo SIA del Progetto di Cantierizzazione, l'ulteriore scomposizione della dimensione realizzativa delle Infrastrutture autostradali ha condotto alla differenziazione delle diverse attività costruttive, all'articolazione delle varie tipologie di aree a servizio della cantierizzazione, nonché dei quantitativi di materiale messi in gioco nella realizzazione di dette infrastrutture (cfr. Tabella 1-6). A tale riguardo, si specifica che con il termine

“Approvvigionamento delle materie prime” si è inteso identificare sia le attività di reperimento che quelle di movimentazione di dette materie.

In merito alla dimensione fisica delle Opere connesse di cantierizzazione, gli ulteriori elementi progettuali sono stati identificati nello “Slurrydotto” e nella “Pista di montaggio frese”, per quanto attiene le opere a carattere temporaneo, e nell’“Opera a mare”, relativamente a quelle definitive.

Secondo approccio analogo a quello seguito per le Infrastrutture autostradali, l’operazione di scomposizione dell’opera come realizzazione ha portato ad identificare le singole attività attraverso le quali sarà realizzata l’opera a mare, nonché a distinguere le tipologie di aree a servizio della sua cantierizzazione ed i quantitativi di materiale messo in gioco nella realizzazione. Nel caso specifico dell’opera a mare, assunto che tale scomposizione è stata condotta intendendola come opera marittima e pertanto prescindendo dalle finalità e dall’utilizzo specifico ai quali essa è preposta, si sono considerate come attività costruttive il confinamento del Canale di Calma mediante cassoni cellulari e la chiusura dell’opera mediante lo strato di copertura; il riempimento progressivo delle vasche di colmata mediante il materiale proveniente dallo scavo delle gallerie è stato invece considerato facente parte della dimensione “opera come esercizio”, rubricandolo all’interno dell’elemento progettuale “Funzionamento”.

Per quanto attiene gli altri elementi progettuali relativi a detta dimensione, l’attenzione è stata rivolta allo “Slurrydotto” ed all’“Opera a mare”, articolandoli rispetto a “Funzione” e “Funzionamento”, intesi nella accezione precedentemente definita (cfr. Tabella 1-6).

Tabella 1-6 SIA Progetto di Cantierizzazione: Elementi progettuali del livello 3

Opere	Macrotemi	Elementi progettuali	
Infrastrutture autostradali	Opera come realizzazione	• Attività di costruzione	<ul style="list-style-type: none"> • Costruzione dei viadotti • Scavo e costruzione delle gallerie • Movimentazione delle terre di scavo delle gallerie • Gestione delle terre di scavo delle gallerie • Approvvigionamento delle materie prime
		• Aree a servizio della cantierizzazione	<ul style="list-style-type: none"> • Aree cantieri industriali • Aree cantieri di imbocco • Aree campi base • Itinerari di cantierizzazione • Piste di cantiere
		• Quantità di materiali	<ul style="list-style-type: none"> • Quantità da approvvigionare con reperimento all’interno / all’esterno dell’opera in progetto • Quantità da smaltire con gestione all’interno / all’esterno dell’opera in progetto
Opere connesse di	Opera come manufatto	• Opere a carattere	<ul style="list-style-type: none"> • Slurrydotto • Pista di montaggio frese

Opere	Macrotemi	Elementi progettuali	
		temporaneo	
cantierizzazione	Opera come realizzazione	• Opere a carattere definitivo	• Opera a mare
		• Attività di costruzione	<ul style="list-style-type: none"> • Confinamento del Canale di Calma con cassoni (realizzazione e posa cassoni) • Chiusura dell’opera a mare • Approvvigionamento delle materie prime
		• Aree a servizio della cantierizzazione	<ul style="list-style-type: none"> • Aree di cantiere • Itinerari di cantierizzazione
		• Quantità di materiali	• Quantità da approvvigionare con reperimento all’interno / all’esterno dell’opera in progetto
	Opera come esercizio	<ul style="list-style-type: none"> • Funzione in termini di strumentalità allo scavo delle gallerie autostradali • Funzionamento in termini di svolgimento delle attività strumentali allo scavo delle gallerie autostradali 	<ul style="list-style-type: none"> • Movimentazione delle terre di scavo • Gestione delle terre di scavo • Movimentazione dello slurry lungo lo slurrydotto • Riempimento progressivo dell’opera a mare

A chiarimento di quanto detto in merito alle aree a servizio della cantierizzazione, si riporta la definizione delle diverse tipologie di aree assunta nel presente studio (cfr. Tabella 1-7).

Tabella 1-7 Aree a servizio della cantierizzazione

Tipologia di aree	Definizione
Aree cantieri industriali	Aree di dimensioni importanti (almeno 4-5.000 mq) destinate ad ospitare gli impianti maggiori (betonaggio, frantumazione, ..) a servizio di più imbocchi o siti di lavoro.
Aree cantieri di imbocco	Aree esattamente antistanti l'imbocco delle gallerie che – per la loro dimensione limitata - vengono destinate ad ospitare esclusivamente gli impianti più direttamente necessari alla gestione dei lavori in sottoterraneo (impianto di ventilazione, impianto acqua industriale, impianto aria compressa, impianto di depurazione delle acque, ..) oltre ad un limitato deposito di materiali da costruzione (centine, bulloni, ..).
Campi base	Aree destinate ai baraccamenti per l'alloggio dei lavoratori, agli uffici ed alle altre funzioni di servizio
Itinerari di cantierizzazione	Viabilità di servizio per il collegamento delle aree operative (aree cantieri industriali, cantieri di imbocco), previste lungo la viabilità esistente e le piste di cantiere.
Piste di cantiere	Viabilità di servizio realizzata ex novo

Stante l'impianto metodologico descritto, a valle dell'identificazione dei Temi di riferimento relativi a ciascuno dei due SIA tematici, nell'ambito di ognuno dei tre Quadri di riferimento disposti dal DPCM 27.12.1988 occorre arrivare all'individuazione dei corrispettivi temi di riferimento che, per distinguerli da quelli già precedentemente indicati, sono stati denominati con la locuzione "Temi di Quadro" (cfr. Figura 1-4 e Figura 1-5).

La metodologia sulla scorta della quale identificare detti temi si fonda sui medesimi criteri descritti in precedenza, essendo difatti basata sulla centralità delle finalità assegnate ad ognuno dei tre quadri di riferimento dal DPCM 27.12.1988 e sulla rilevanza che i singoli elementi progettuali, derivanti dalla progressiva scomposizione dell'Opera di riferimento di ciascun SIA tematico, rivestono rispetto a tali finalità.

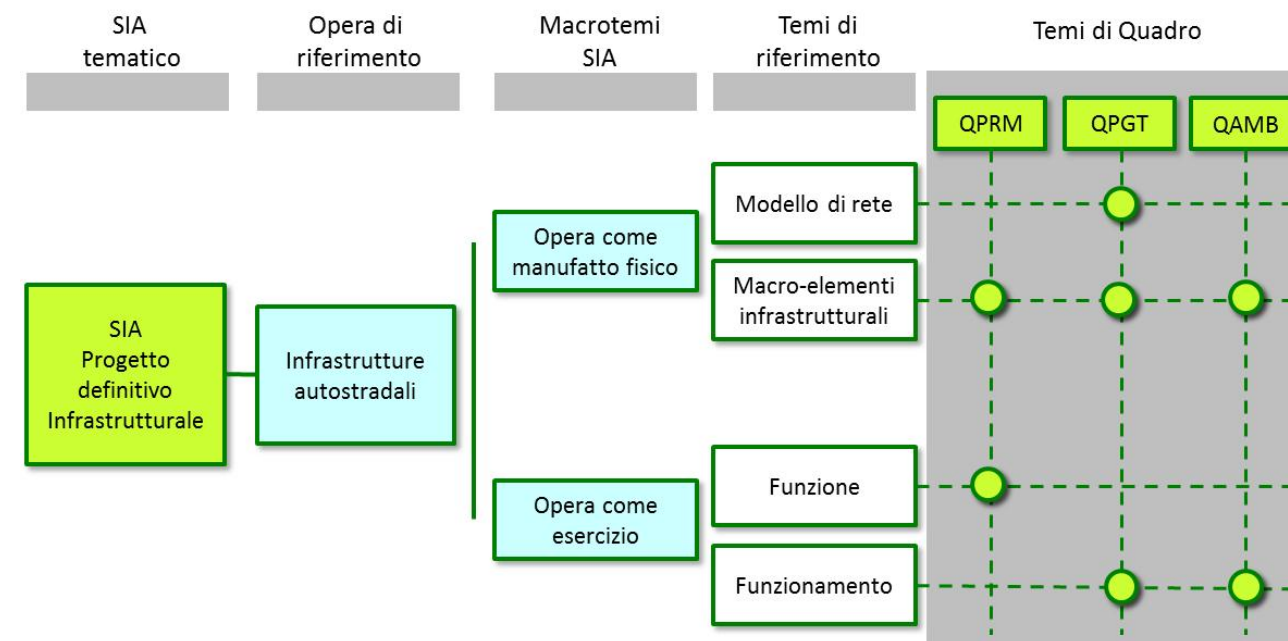


Figura 1-4 SIA Infrastrutturale: esemplificazione processo di individuazione Temi di Quadro

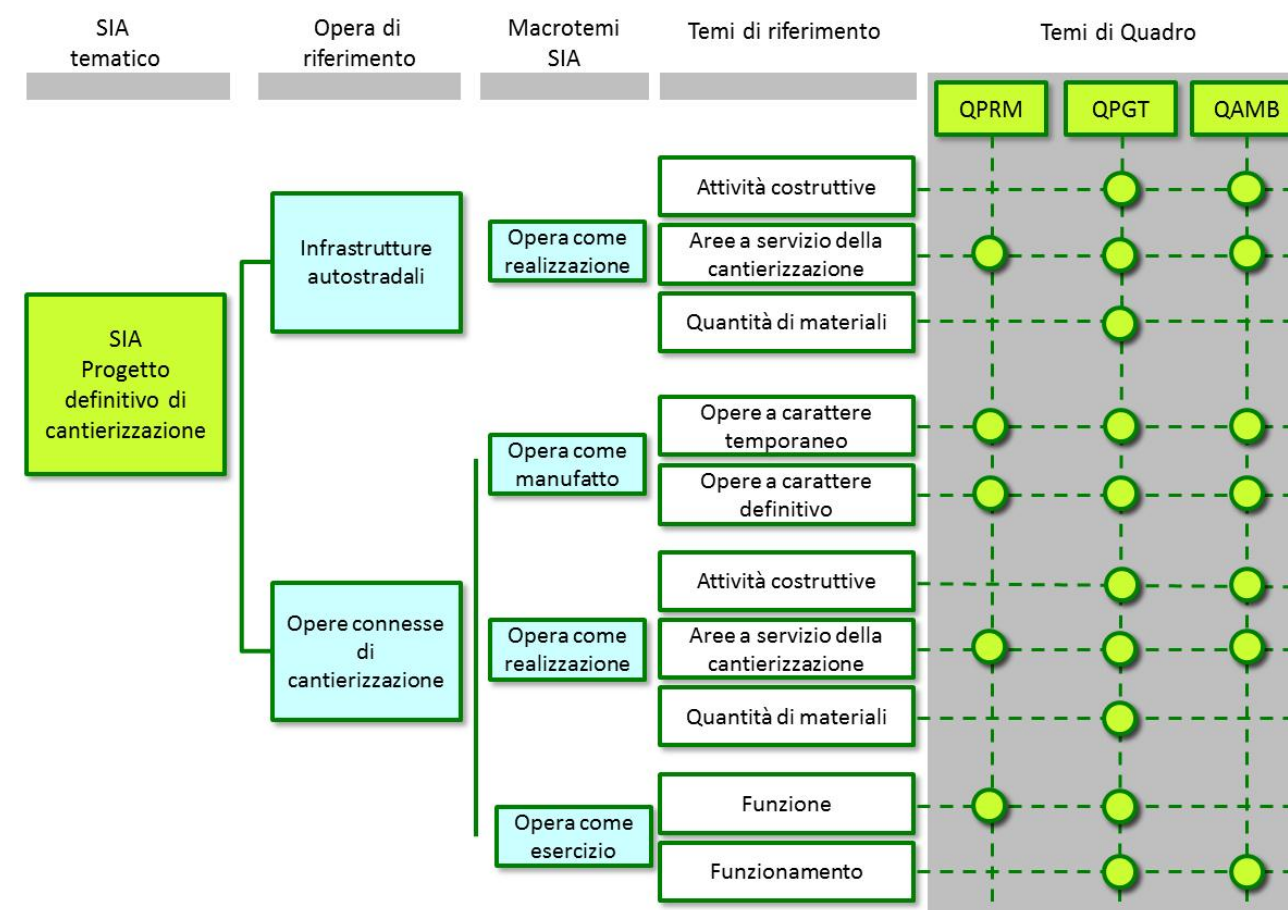


Figura 1-5 SIA Cantierizzazione: esemplificazione processo di identificazione Temi di Quadro

Con riferimento a detta articolazione, comune ad entrambi i SIA tematici, nel paragrafo seguente sono stati definiti i temi oggetto del Quadro di riferimento Ambientale dello SIA del Progetto definitivo Infrastrutturale (cfr. par. 1.3).

1.2.3 La struttura espositiva

Prima di procedere all'individuazione dei temi di riferimento occorre dare conto delle scelte che l'impianto metodologico e l'architettura dello SIA ora descritte hanno comportato nel definirne la struttura espositiva.

In buona sostanza, la scelta di articolare lo Studio di impatto ambientale del progetto definitivo di adeguamento del Nodo di Genova in due SIA tematici, ciascuno dei quali dedicato ad una Opera di riferimento, ha comportato la necessità di dover risolvere il problema della conseguente duplicazione di tutte le informazioni di carattere generale che di norma sono contenute in uno studio, nonché dei relativi elaborati grafici. In particolare, ci si riferisce a quei contenuti riguardanti l'illustrazione delle specifiche metodologie di lavoro, la descrizione degli strumenti di pianificazione o la ricostruzione del quadro conoscitivo di area vasta, la cui ripetizione tal quale in ognuno dei due SIA tematici sarebbe stata all'origine di un inutile aggravio della documentazione e di una conseguente perdita di efficacia comunicativa dello studio.

Parimenti, la mancata documentazione di tali aspetti in uno dei due SIA ne avrebbe inficiato la lettura, non essendo ad esempio possibile comprendere il contesto ambientale rispetto al quale erano riferiti gli impatti potenziali stimati.

Al fine di evitare, da un lato, il rischio di duplicazione delle informazioni e, dall'altro, quello di carenza informativa, si è assunta la scelta di riportare tali aspetti comuni in uno solo dei due SIA e di procedere nell'altro SIA alla loro sintesi.

Appare evidente come tale soluzione a sua volta ingeneri il problema di scegliere lo SIA all'interno del quale inserire la trattazione completa degli argomenti comuni e di quello in cui inserirne la sintesi. Posto che una scelta univoca avrebbe portato nocimento alle specificità di uno dei due SIA, che di fatto sarebbe stato aprioristicamente individuato come sintesi di quello principale, la decisione assunta è stata quella di procedere volta per volta, operando la scelta sulla base del criterio della rilevanza dell'aspetto affrontato rispetto ai temi oggetto dei due SIA tematici.

Esemplificando, nel caso del Quadro Programmatico, le metodologie di lavoro assunte alla base della sua redazione sono state inserite in forma integrale all'interno dello SIA del Progetto infrastrutturale.

Sempre in relazione a detto quadro, per quanto attiene i dati informativi di contesto, quali la descrizione dei Piani, si è ritenuto che la sede opportuna ad una loro più approfondita trattazione fosse quella dello SIA del Progetto infrastrutturale, dal momento che, essendo gli interventi di progetto a carattere definitivo, i rapporti di coerenza e di conformità da essi derivanti hanno una valenza certamente superiore rispetto a quelli che possono scaturire da azioni a carattere temporaneo, quali per l'appunto sono la quasi totalità delle opere di cantierizzazione. A tale riguardo, l'esistenza dell'opera a mare tra le opere di cantierizzazione ha determinato la necessità di operare una deroga alla logica prima descritta, in ordine alla tipologia di strumenti pianificatori e di vincoli presi in considerazione, nonché alle modalità di loro trattazione.

Per quanto attiene invece il Quadro Progettuale, essendo questo chiaramente riferito all'illustrazione dei diversi aspetti dell'opera in progetto (o meglio, nel caso in esame, delle diverse dimensioni delle opere in progetto), pressoché nessuno degli aspetti contenutistici definiti dalle Norme Tecniche di cui al DPCM 27.12.1988 trova ripetizione nei due SIA tematici.

Il Quadro Ambientale è certamente quello in cui è maggiore il rischio di duplicazione ed in cui le specificità di ciascuna componente ambientale hanno determinato la necessità di operare una puntuale scelta dello SIA nel quale affrontare in modo completo la trattazione degli aspetti concernenti la illustrazione dello stato dell'ambiente. Tale circostanza è stata resa ancor più cogente dal fatto che, nella maggior parte dei casi, i siti interessati dall'infrastruttura autostradale come manufatto fisico (viadotti, imbocchi gallerie, corpo stradale) e dalle aree a servizio della cantierizzazione (aree di cantiere, piste di cantiere) riguardano la medesima area di intervento, aspetto che estende l'evenienza della duplicazione delle informazioni dalla illustrazione del contesto di area vasta a quella delle aree di intervento.

In ragione delle problematiche accennate, si è deciso di operare la scelta caso per caso sulla base della rilevanza che l'esplicarsi del fenomeno indagato riveste rispetto ai Macrotemi dei SIA.

Un esempio emblematico della logica seguita è dato dalle modalità di trattazione delle componenti Atmosfera e Suolo e sottosuolo in ciascuno dei due SIA tematici.

Nel caso dell'Atmosfera, sia essa affrontata nello SIA del Progetto infrastrutturale che in quello del Progetto di cantierizzazione, il fenomeno indagato è dato dalla produzione di fumi da traffico veicolare e dalla conseguente modificazione delle condizioni di qualità dell'aria al relativo scenario di progetto, rispettivamente dato dalla fase di realizzazione e dall'anno 2020. Appare evidente come tale fenomeno presenti una rilevanza sostanziale allo scenario di esercizio rispetto a quella propria dello scenario di cantierizzazione. In ragione di ciò, la documentazione dei quadri conoscitivi meteorologico e diffusivo (fondo atmosferico) è stata collocata nello SIA del Progetto infrastrutturale e sintetizzata nell'altro SIA tematico. Nel caso della componente Suolo e sottosuolo l'aspetto centrale è certamente rappresentato dal rischio di isterilimento dei punti d'acqua. Posto che il fenomeno in questione è dovuto sia allo scavo della galleria che alla presenza del manufatto, come noto, la sua più rilevante manifestazione avviene in corrispondenza della fase di realizzazione, per poi stabilizzarsi successivamente. Conseguentemente, a fronte della maggiore rilevanza rivestita da tale fenomeno nella fase costruttiva, la trattazione estesa degli aspetti concernenti la metodologia di lavoro, i dati conoscitivi di area vasta e quelli di contesto locale sono stati inseriti all'interno dello SIA del Progetto di cantierizzazione, limitandosi in quello del Progetto infrastrutturale ad operarne una sintesi.

Stanti le logiche di lavoro seguite, per una più puntuale documentazione della struttura espositiva del quadro in esame si rimanda al successivo paragrafo 1.3.2.

1.3 IL QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE NELLO SIA DEL PROGETTO DI CANTIERIZZAZIONE

1.3.1 I Temi

1.3.1.1 Le peculiarità del Quadro ambientale e la metodologia di lavoro: i “Temi di Quadro” ed i “Temi di Componente”

Come noto, per il Quadro ambientale le finalità ad esso assegnate dall'articolo 5 del DPCM 27.12.1988 sono definite nei seguenti termini: «in relazione alle peculiarità dell'ambiente interessato [...], il quadro di riferimento ambientale:

- a) stima qualitativamente e quantitativamente gli impatti indotti dall'opera sul sistema ambientale, nonché le interazioni degli impatti con le diverse componenti ed i fattori ambientali, anche in relazione ai rapporti esistenti tra essi;
- b) descrive le modificazioni delle condizioni d'uso e della fruizione potenziale del territorio, in rapporto alla situazione preesistente;
- c) descrive la prevedibile evoluzione, a seguito dell'intervento, delle componenti e dei fattori ambientali, delle relative interazioni e del sistema ambientale complessivo;
- d) descrive e stima la modifica, sia nel breve che nel lungo periodo, dei livelli di qualità preesistenti, in relazione agli approfondimenti di cui al presente articolo;
- e) definisce gli strumenti di gestione e di controllo e, ove necessario, le reti di monitoraggio ambientale, documentando la localizzazione dei punti di misura e i parametri ritenuti opportuni;
- f) illustra i sistemi di intervento nell'ipotesi di manifestarsi di emergenze particolari.»¹

Tale enunciazione delle finalità evidenzia una chiara specificità del quadro in esame, non rispetto alla logica di formulazione quanto invece al merito. Se difatti tale logica risiede nell'assegnare a ciascuno dei tre quadri una precisa finalità, i primi due quadri si distinguono da quello ambientale per la differente declinazione data a tale finalità, unica nei primi due e molteplice nel terzo.

Esemplificando, mentre nel Quadro programmatico la finalità di individuare i rapporti di coerenza e quelli di conformità trova nei documenti di pianificazione l'unico termine di raffronto, nel Quadro ambientale detto termine è rappresentato dalle componenti ambientali, ciascuna delle quali è dotata di propri aspetti di peculiarità. Appare difatti evidente come se nell'individuare i rapporti di coerenza il riferirsi ad uno strumento della pianificazione ordinaria o ad uno di quella di settore non comporti alcuna sostanziale differenza nella logica di approccio, assai diverso sia lo stimare gli impatti indotti dall'opera sulla componente Atmosfera o su quella Vegetazione, proprio in quanto le azioni di progetto all'origine di detti impatti sono tra loro differenti.

La circostanza qui sinteticamente rappresentata ha evidenziato la necessità di arrivare ad una più puntuale identificazione dei temi di riferimento, rapportandoli alle specificità delle singole componenti ambientali ed alle finalità cui lo studio delle quali è rivolto. Per analogia con la denominazione precedentemente adottata, tali temi di riferimento sono stati indicati con la locuzione “Temi di Componente” (cfr. Figura 1-6).

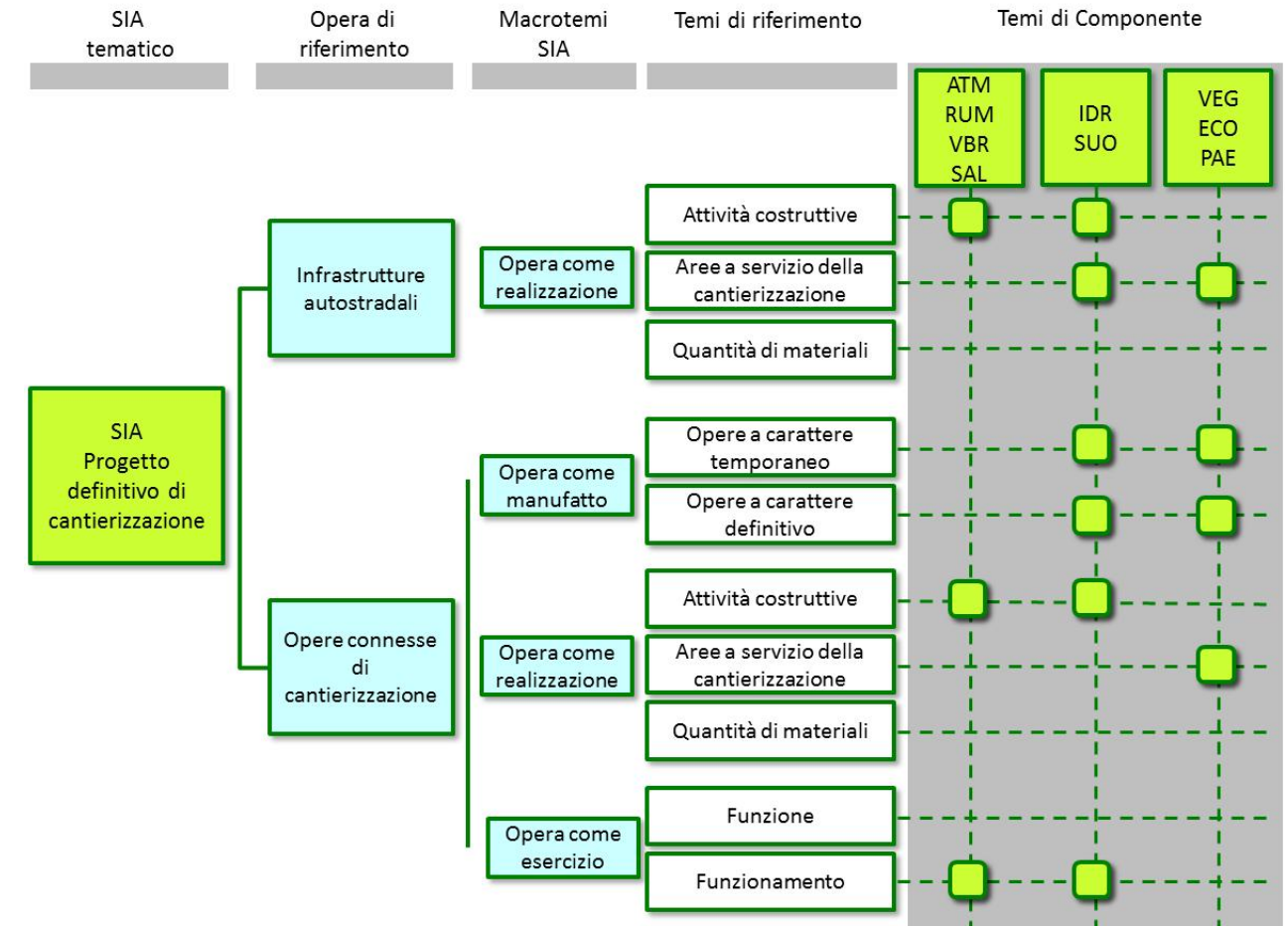


Figura 1-6 Esempificazione del processo di individuazione dei Temi di Componente

Posto che la metodologia di lavoro a tal fine adottata si fonda sempre sul processo di scomposizione dell'Opera di riferimento in elementi progettuali, il criterio in base al quale verificare la sussistenza di tale requisito di rilevanza è stato individuato nel riconoscimento dell'esistenza, per l'elemento progettuale considerato, di un nesso di causalità “Azioni di progetto – Fattori causali – Impatti potenziali” che sia per l'appunto sia rilevante rispetto alle finalità cui è preposto lo studio della componente indagata.

Un ulteriore fattore di peculiarità che ha informato la metodologia di lavoro seguita nel Quadro ambientale risiede nella più volte evidenziata caratteristica dell'opera in progetto di essere prevista per la sua maggior parte in sotterraneo, eccezion fatta per sette aree di limitata estensione, nel seguito identificate come “aree di intervento” (cfr. Tabella 1-8).

¹ DPCM 27.12.1988 art. 5 co. 3

Tabella 1-8 Aree di intervento

Aree con tratti allo scoperto	Assi autostradali di riferimento
Vesima	Interconnessione A10 – Gronda di ponente
Voltri	Interconnessione A26 – Gronda di ponente
Varenna	Gronda di ponente
Bolzaneto	Interconnessione Gronda di Ponente – A7
Torbella	Interconnessione A7 - A12
Genova Est	Adeguamento svincolo Genova Est
Genova Ovest	Interconnessione A7 – A10

Stante tale circostanza, per alcune delle componenti previste dal DPCM 27.12.1988 quali ad esempio Vegetazione e flora e Paesaggio, lo studio è stato incentrato unicamente su detti tratti, essendo del tutto evidente che nei tratti in sotterraneo l'opera in progetto non produca impatti potenziali.

A fronte di tale impianto metodologico, anche l'indice dei capitoli dedicati alle singole componenti è stato strutturato come segue:

- individuazione dei temi di riferimento e definizione della metodologia di lavoro adottata;
- descrizione dello stato attuale della componente (Quadro conoscitivo di area vasta);
- analisi delle interazioni opera-ambiente;
- analisi del rapporto opera-ambiente.

1.3.1.2 I Temi di Quadro

Riassumendo quanto sin qui detto, lo Studio di impatto ambientale del quale fa parte il presente Quadro ambientale, ha nelle "Infrastrutture autostradali come realizzazione" e nelle Opere connesse di cantierizzazione, lette nelle tre dimensioni di manufatto fisico, realizzazione ed esercizio, i relativi Macrotemi di riferimento.

Stanti le finalità assegnate al Quadro ambientale e le considerazioni precedentemente svolte in merito alle implicazioni metodologiche dettate dalle specificità di ciascuna componente ambientale, l'attività di scomposizione dei due citati Macrotemi ha condotto ad identificare i seguenti Temi di Quadro (cfr. Tabella 1-9).

Tabella 1-9 Temi di riferimento (Temi di Quadro)

Opere	Macrotemi	Temi di riferimento	Temi di Quadro
Infrastrutture autostradali	• Opera come realizzazione	• Attività costruttive	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Costruzione dei viadotti ▪ Scavo e costruzione delle gallerie <ul style="list-style-type: none"> – Scavo meccanizzato – Scavo in tradizionale ▪ Movimentazione delle terre di scavo delle gallerie ▪ Gestione delle terre di scavo delle gallerie ▪ Approvvigionamento di materie prime
		• Aree a servizio della cantierizzazione	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aree cantieri industriali ▪ Aree cantieri di imbocco ▪ Aree campi base ▪ Itinerari di cantierizzazione ▪ Piste di cantiere
Opere connesse di cantierizzazione	• Opera come manufatto	• Opere a carattere temporaneo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Slurrydotto ▪ Pista di montaggio frese
		• Opere a carattere definitivo	Opera a mare
	• Opera come realizzazione	• Attività costruttive	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Confinamento del Canale di Calma ▪ Chiusura dell'opera a mare ▪ Approvvigionamento delle materie
		• Aree a servizio della cantierizzazione	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aree di cantiere ▪ Itinerari di cantierizzazione
• Opera come esercizio	• Funzionamento	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Movimentazione dello slurry lungo lo slurrydotto ▪ Riempimento progressivo dell'opera a mare 	

Rispetto ai temi ora definiti occorre condurre alcune precisazioni in merito agli elementi "approvvigionamento delle materie prime", da un lato, ed "aree cantieri industriali" ed "aree cantieri di imbocco", dall'altro.

In merito al primo punto, occorre sottolineare che nel caso dei Temi di Quadro Ambientale, il termine "Approvvigionamento delle materie prime" è riferito alla attività di movimentazione di dette materie, senza quindi includere quella di loro approvvigionamento.

Per quanto invece riguarda le "aree di cantiere industriale", laddove connesse alla realizzazione di una galleria, e le "aree di cantiere di imbocco", queste sono state considerate come la risultante delle aree di rimodellamento e delle aree occupate necessarie per l'apprestamento del cantiere. In tal senso dette aree si differenziano dalle "aree di imbocco", prese in considerazione nel Quadro ambientale dello SIA del progetto Infrastrutturale, corrispondenti alle aree interessate dalle gallerie artificiali e dal corpo stradale antistante la galleria.

Resta ovviamente inteso come tale prospettazione dei Temi di Quadro costituisca l'impianto all'interno del quale, nell'ambito dello studio delle singole componenti, sono state operate le necessarie integrazioni/sottrazioni in ragione delle finalità stesse cui queste sono preposte.

1.3.2 La struttura espositiva e gli aspetti contenutistici

Come premesso (cfr. par. 1.2.3), al fine di evitare il rischio di duplicazione nei due SIA tematici dei dati conoscitivi che di norma debbono corredare uno Studio di impatto ambientale, si è operata la scelta di svolgerne la trattazione in modo esteso in uno di due SIA tematici e di riportarne la sintesi nell'altro.

Il criterio in base al quale scegliere lo SIA in cui inserire la versione estesa e quella sintetica è stato individuato nella rilevanza del fenomeno indagato rispetto ai Macrotemi oggetto di ciascuno dei due SIA.

Ricordato quindi che i Macrotemi del presente SIA sono le "Infrastrutture autostradali come realizzazione" e le Opere connesse di cantierizzazione in termini di "opera come manufatto", "opera come realizzazione" ed "opera come esercizio", nel seguito è riportato un quadro riassuntivo degli aspetti contenutistici affrontati nei due studi e delle relative modalità di rappresentazione (cfr. Tabella 1-10).

Tabella 1-10 Quadro degli aspetti contenutistici oggetto di modalità di trattazione diversificata

Componente	Aspetto contenutistico	Modalità di trattazione*
Atmosfera	Quadro meteorologico	A
	Quadro diffusivo – fondo atmosferico	A
Ambiente idrico – Acque superficiali	Rete idrica ed acque interne	A
	Indagini sperimentali	A
Suolo e sottosuolo	Aspetti geologici	B
	Aspetti geomorfologici	B
	Aspetti idrogeologici	B
Vegetazione e flora	Inquadramento fitoclimatico e destinazione prevalente dei suoli	B
	Aree di interesse naturalistico	B
	Aree di intervento - caratterizzazione	B
Ecosistemi e fauna	Caratterizzazione delle unità ecosistemiche e dei popolamenti faunistici	B
	Rete ecologica	B
	Aree di intervento – caratterizzazione	B
Rumore	Determinazione dei limiti acustici	D
	Censimento dei ricettori	D
	Calibrazione del modello di simulazione	D
Vibrazioni	Dati bibliografici	B
	Campagne di misurazioni recenti	B
Salute pubblica	Aspetti epidemiologici relativi all'esposizione alle fibre d'amianto	C
	Amianto nel comparto atmosferico amianto	C
	Amianto nel comparto acquatico	C
Paesaggio	Disciplina di tutela paesaggistico-ambientale	A
	Struttura abiotica	A
	Struttura del paesaggio naturale antropizzato	A
	Struttura del paesaggio insediato	A
	Unità di paesaggio	A
	Aree di intervento - caratterizzazione	A

* A: Trattazione estesa nello SIA del progetto Infrastrutturale e sintetica nel presente SIA
 B Trattazione sintetica nello SIA del progetto Infrastrutturale ed estesa nel presente SIA
 C Trattazione specifica relativa unicamente al presente SIA
 D Trattazione specifica relativa unicamente allo SIA del progetto Infrastrutturale

Si ricorda inoltre che:

- l'illustrazione degli aspetti normativi e di quelli concernenti le caratteristiche tecniche dei modelli di simulazione utilizzati per le componenti Atmosfera, Rumore e Vibrazioni sono oggetto di documenti separati, allegati allo SIA del Progetto Infrastrutturale, rispettivamente identificati con le seguenti codifiche:
 - Atmosfera - Quadro normativo: MAM-I-AMBX-ATM-001;
 - Atmosfera - Modello di simulazione: MAM-I-AMBX-ATM-002;
 - Rumore - Quadro normativo: MAM-I-AMBX-RUM-001;

- Rumore - Censimento ricettori: MAM-I-AMBX-RUM-002;
- Rumore - Campagna fonometrica per la taratura del modello di simulazione acustica: MAM-I-AMBX-RUM-003;
- Rumore - Modello di simulazione: MAM-I-AMBX-RUM-004;
- Rumore - Output modello di simulazione: MAM-I-AMBX-RUM-005;
- Vibrazioni - Quadro normativo: MAM-I-AMBX-VIB-001;
- le indagini ambientali svolte a supporto dello SIA (sulle componenti Atmosfera, Ambiente idrico, Suolo e sottosuolo, Vegetazione e flora, Fauna ed ecosistemi, Rumore, Vibrazioni) sono raccolte nei documenti allegati allo SIA del Progetto di cantierizzazione;
- per quanto riguarda la componente Paesaggio, in allegato allo SIA del Progetto Infrastrutturale è riportato lo studio relativo alle Presenze archeologiche (MAM-I-AMBX-PAE-001), mentre in allegato al Progetto Definitivo sono riportati i fotoinserti del progetto (AUA301);
- l'Analisi di incidenza relativa ai SIC "Beigua - M.te Dente - Gargassa – Paviglione" (IT1331402) – ZPS "Beigua – Turchino" (IT1331578), "Praglia – Pracaban – Monte Leco – Punta Martin" (IT1331501) e "Monte Gazzo" (IT1331615) è oggetto di un documento separato costitutivo parte integrante dello SIA (MAM-SVI-001-R).

Resta inteso che gli allegati citati presentano validità per entrambi gli SIA tematici e che, anche in questo caso, la scelta operata è stata dettata dalla volontà di evitare duplicazioni di documentazioni eguali.

2 ATMOSFERA

2.1 I TEMI E LA METODOLOGIA DI LAVORO

2.1.1 I temi

Come descritto nel primo capitolo del presente Quadro, i Macrotemi dello SIA del progetto di Cantierizzazione sono:

- “Infrastrutture autostradali come realizzazione”, con riferimento quindi a quell’insieme di attività, aree e materiali necessario alla costruzione di una infrastruttura di mobilità;
- “Opere connesse di cantierizzazione come manufatto fisico”, lette in relazione alle loro caratteristiche dimensionali, fisiche e tecniche;
- “Opere connesse di cantierizzazione come realizzazione”, colte quindi negli aspetti legati alla loro costruzione;
- “Opere connesse di cantierizzazione come esercizio”, dimensione quest’ultima che, nel caso specifico dell’opera a mare, è stata riferita alla sola operazione di stoccaggio delle terre provenienti dallo scavo delle gallerie, distinguendola con ciò da quelle relative al confinamento del Canale di Calma e di formazione dello strato di copertura, intese come attività costruttive di detta opera.

Muovendo da tali Macrotemi, attraverso la loro scomposizione si è giunti all’identificazione dei Temi di Quadro Ambientale, ossia di quei Temi di riferimento che risultano essere rilevanti in funzione delle finalità a detto Quadro assegnate dal DPCM 27.12.1988 (cfr. Tabella 2-1).

Sempre seguendo la metodologia di lavoro illustrata nel citato capitolo iniziale, il successivo passaggio metodologico è consistito nella selezione di quei Temi di riferimento che, tra quelli oggetto del presente Quadro, presentavano aspetti di rilevanza rispetto ai fini della componente di volta in volta indagata.

Detti temi, identificati con il termine “Temi di Componente”, sono stati di volta in volta individuati verificando se rispetto ai singoli elementi progettuali considerati era possibile definire un legame causa – effetto che fosse rilevante rispetto alle specifiche finalità alle quali è preposto lo studio di ciascuna delle componenti ambientali.

In altri termini, tale ultimo passaggio è stato condotto ricostruendo il nesso di causalità intercorrente tra le Azioni di progetto associate a ciascuno dei temi di riferimento del Quadro ambientale, i fattori causali e gli impatti potenziali conseguenti.

Entrando nel merito degli esiti ai quali detto processo ha condotto nel caso della componente Atmosfera, la cui finalità è secondo il DPCM 27.12.1988 quella di «stabilire la compatibilità ambientale sia di eventuali emissioni, anche da sorgenti mobili, con le normative vigenti, sia di eventuali cause di perturbazione meteorologiche con le condizioni naturali»², i temi per i quali si configura un nesso di causalità con detta finalità sono ascrivibili alle attività di costruzione delle Infrastrutture autostradali e dell’opera a mare, così come evidenziato nello schema seguente (cfr. Tabella 2-2).

² DPCM 27.12.1988 Allegato II

Tabella 2-1 Temi di riferimento (Temi di Quadro)

Opere	Macrotemi	Temi di riferimento	Temi di Quadro
Infrastrutture autostradali	• Opera come realizzazione	• Attività costruttive	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Costruzione dei viadotti ▪ Scavo e costruzione delle gallerie <ul style="list-style-type: none"> – Scavo meccanizzato – Scavo in tradizionale ▪ Movimentazione delle terre di scavo delle gallerie ▪ Gestione delle terre di scavo delle gallerie ▪ Approvvigionamento di materie prime
		• Aree a servizio della cantierizzazione	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aree cantieri industriali ▪ Aree cantieri di imbocco ▪ Aree campi base ▪ Itinerari di cantierizzazione ▪ Piste di cantiere
Opere connesse di cantierizzazione	• Opera come manufatto	• Opere a carattere temporaneo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Slurrydotto ▪ Pista di montaggio frese
		• Opere a carattere definitivo	Opera a mare
	• Opera come realizzazione	• Attività costruttive	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Confinamento del Canale di Calma ▪ Chiusura dell’opera a mare ▪ Approvvigionamento delle materie
		• Aree a servizio della cantierizzazione	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aree di cantiere ▪ Itinerari di cantierizzazione
• Opera come esercizio	• Funzionamento	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Movimentazione dello slurry lungo lo slurrydotto ▪ Riempimento progressivo dell’opera a mare 	

Tabella 2-2 Azioni di progetto, fattori causali ed impatti potenziali

Azioni di progetto	Fattori causali	Impatti potenziali
Costruzione dei viadotti	<ul style="list-style-type: none"> • Sollevamento e dispersione di polveri aerodisperse provocati dalle lavorazioni svolte • Sollevamento e dispersione di polveri aerodisperse a seguito del transito dei mezzi su strade non pavimentate • Produzione di fumi di scarico delle macchine operatrici 	Modificazione delle condizioni di qualità dell’aria
Scavo e costruzione delle gallerie		
Gestione delle terre di scavo		
Costruzione dell’opera a mare	<ul style="list-style-type: none"> • Produzione di fumi di scarico da traffico di cantierizzazione 	
Trasporto su gomma delle terre di scavo		
Trasporto dei materiali di costruzione		

Con riferimento alle azioni concernenti lo scavo e la costruzione delle gallerie, si precisa che, nel caso di gallerie scavate con metodo meccanizzato e rimozione dello smarino mediante sistemi automatici chiusi, le emissioni polverulente relative vengono considerate irrilevanti ai fini di potenziali alterazioni della qualità dell'aria nell'intorno del cantiere e lungo il tracciato del sistema di trasporto, stanti le tecniche adottate, così come descritto nel Quadro di riferimento progettuale del presente SIA. Analoghe considerazioni valgono per le attività svolte presso il cantiere CI14 e la movimentazione dello smarino proveniente dallo scavo delle gallerie in meccanizzato lungo lo slurrydotto, in quanto dette attività sono state concepite come del tutto ermetiche.

2.1.2 La metodologia

2.1.2.1 Le attività di realizzazione delle infrastrutture autostradali ed il traffico di cantierizzazione

La determinazione dei fattori di emissione, delle emissioni e la valutazione dei risultati è condotta sulla base delle "Linee guida per la valutazione delle emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti" (redazione ARPA Toscana, adozione DGP Firenze n. 213 del 03/11/2009).

Nelle LLGG sono contenute le soglie di emissione al di sotto delle quali l'attività di trattamento di materiali polverulenti può essere ragionevolmente considerata compatibile con l'ambiente, derivanti dall'analisi effettuata tramite l'applicazione di modelli di dispersione ed in quanto tali si configurano come un valido strumento attraverso il quale operare una prima selezione di quelle situazioni che possono essere alla origine di modificazioni della qualità dell'aria.

Le Linee guida, difatti arrivano alla individuazione di detti valori soglia correlandoli alla distanza intercorrente tra il ricettore e la sorgente, nonché alla durata delle attività lavorative, misurate in giorni/anno.

In funzione di questo approccio metodologico, le LLGG definiscono, sotto forma tabellare, per classi di durata delle attività (da < 100 gg/anno a > 300 gg/anno), i valori soglia per classi di distanza, associando un giudizio che può essere:

1. Nessuna azione
2. Monitoraggio presso il recettore e valutazione modellistica con dati sito specifici
3. Non compatibile, laddove tuttavia in ogni caso è possibile effettuare una valutazione modellistica che produca una quantificazione dell'impatto da confrontare con i valori limite di legge per la qualità dell'aria, e che quindi eventualmente dimostri la compatibilità ambientale dell'emissione.

I passaggi metodologici sono:

- Determinazione dei fattori di emissioni e delle emissioni relative a ciascuna delle tipologie di aree di cantiere;
- Valutazione delle emissioni sulla base dei criteri (durata delle attività e distanza dai ricettori) fissati dalle LLGG ArpaT;
- Stima dei livelli di concentrazione attesi solo in corrispondenza del secondo e del terzo caso dei tre previsti dalle LLGG ArpaT, con modellazione attraverso ISC.

Sulla scorta della logica di lavoro definita dalle citate Linee Guida, per quanto concerne l'analisi degli impatti determinati dai traffici di cantierizzazione, si è proceduto secondo le seguenti fasi:

- Analisi dei flussi di traffico di base relativi agli archi interessati dai flussi di cantierizzazione, distinguendoli per tipologia (leggeri e pesanti);
- Analisi della distribuzione dei flussi di cantiere sui diversi itinerari previsti;
- Calcolo dei fattori di emissione allo scarico per gli inquinanti NO2 e PM10, mediante la metodologia CORINAIR – COPERT IV;
- Valutazione dell'incremento emissivo tra gli scenari ante operam e fase di realizzazione, mediante una parametrizzazione ad hoc, con l'individuazione di una soglia di discriminazione rispetto alla necessità di operare un più approfondito studio modellistico, condotto con il software Caline IV.

Alcune ultime annotazioni riguardano le ulteriori scelte metodologiche sulla scorta delle quali è stata condotta l'analisi nel seguito illustrata.

Le attività minori non sono state analizzate in quanto si è ritenuto che loro durata ed estensione territoriale fosse tale da non determinare impatti ambientali significativi, anche a fronte delle azioni ed opere di mitigazione che verranno comunque messe in campo in via preventiva e precauzionale.

Si precisa che all'interno delle aree di cantiere le emissioni di particolato allo scarico dei mezzi d'opera sono state trascurate rispetto al particolato prodotto dalle attività di costruzione e dal risollevarlo per il transito dei mezzi sulle piste di cantiere.

Nei calcoli illustrati di seguito si è assunto che la giornata lavorativa sia strutturata su di un solo turno della durata di 8 ore e che la dimensione lineare massima delle aree attive del cantiere non ecceda i 100 metri. Analogamente si ipotizza che le piste di cantiere non asfaltate avranno analoga dimensione massima, mentre la restante parte delle piste viene considerata asfaltata e la sua emissione trascurata.

2.1.2.2 L'opera a mare

La valutazione del potenziale impatto sulla componente Atmosfera connesso alla realizzazione dell'opera è stata effettuata seguendo alcuni passaggi metodologici:

- Determinazione dei fattori di emissione;
- Valutazione delle emissioni;
- Confronto con le emissioni attuali indotte dal traffico aereo (sorgente più vicina all'area di realizzazione dell'opera).

Per valutare le emissioni in atmosfera prodotte durante la realizzazione delle opere è stato utilizzato il modello di emissione COPERT IV. Il quadro emissivo è stato definito per la sola fase di realizzazione della conterminazione, essendo questa fase la più gravosa in termini di tipologia e quantità di mezzi operanti nel canale di calma, oltre ad avere un'estensione temporale lunga.

2.2 QUADRO CONOSCITIVO: SINTESI DATI ESSENZIALI

Nella costruzione del quadro conoscitivo, in ragione della estrema variabilità delle condizioni di contesto nelle quali le attività di cantierizzazione si svolgeranno, l'attenzione è stata rivolta esclusivamente all'opera a mare. Pertanto, lo stato attuale della componente Atmosfera è stato qualificato tramite l'analisi dei seguenti dati:

- Dati anemologici
- Fonti di emissione
- Qualità dell'aria

Si rimanda al SIA del Progetto Infrastrutturale per la caratterizzazione dell'area di studio "terrestre".

2.2.1 Dati anemologici

I dati anemologici considerati nel presente studio sono stati desunti dallo "Studio Meteomarinario" elaborato dalla società D'Appolonia nell'ambito dello "Studio di fattibilità" redatto nel 2008. Lo studio riguardava la valutazione delle ipotesi di riutilizzo del materiale di smarino prodotto dallo scavo delle gallerie (previste dal progetto della Gronda Autostradale di Ponente), per la formazione di una colmata sottomarina che costituisse l'imbasamento della Nuova Isola Aeroportuale di Genova.³

I dati relativi alla velocità del vento, registrati dalla Stazione della Rete Mareografica Nazionale ubicata nei pressi dell'Acquario nel Porto Antico di Genova, alle coordinate 44°24'31" N, 8°55'33" E, si riferiscono al periodo che va dal 1 gennaio 2001 al 31 dicembre 2007; la quota di misurazione dei dati è 10 m sul l.m.m.

Il vento rilevato da questa stazione presenta il 98% di dati validi.

Si ritiene che questa stazione sia in grado di fornire dati rappresentativi delle condizioni locali.

I dati a disposizione sono stati elaborati nell'ambito del predetto studio al fine di ottenere le condizioni di vento nel paraggio d'interesse, con riferimento sia alle condizioni frequenti che a quelle estreme.

Nella Figura 2-1 è riportata la rosa dei venti dedotta dalla serie anemometrica a disposizione e nella Tabella 2-3 sono riportate le percentuali di occorrenza per classi di velocità e direzioni del vento.

Le direzioni dominanti sono quelle da N-NE, che rappresentano il 31% circa degli eventi e alle quali sono associati i venti più intensi, e quelle da SE, con il 14% circa degli eventi.

Per quanto riguarda l'intensità, il 97% circa degli eventi è caratterizzato da velocità inferiori o uguali a 8 m/s mentre ai venti superiori a 16 m/s è associata la percentuale di 0,07.

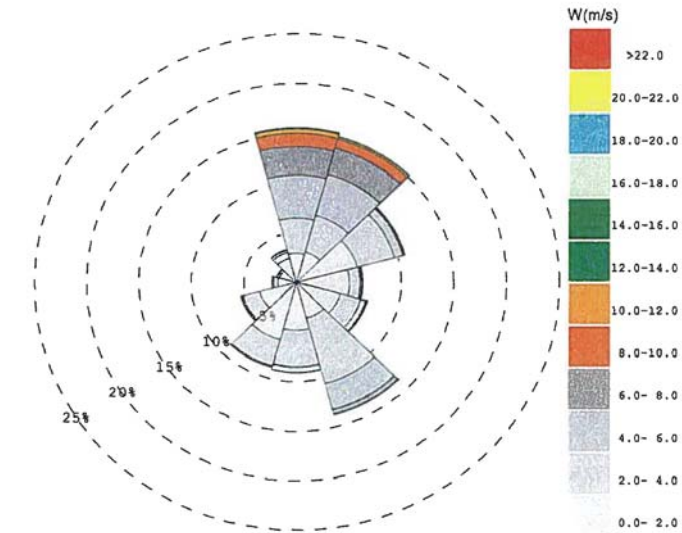


Figura 2-1 Rosa dei venti - Stazione Rete Mareografica Nazionale presso l'Acquario di Genova (2001-2007)

Tabella 2-3 Distribuzione della frequenza percentuale del vento per direzione di provenienza - Stazione Rete Mareografica Nazionale presso l'Acquario di Genova (2001-2007)

DIR (°N)	Vv (m/s)												TOT
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	
0	2.95	3.52	4.35	2.88	1.35	0.44	0.08	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	15.62
30	3.17	3.81	4.29	2.76	0.93	0.22	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	15.21
60	6.01	3.68	0.84	0.14	0.05	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	10.73
90	5.07	1.03	0.16	0.03	0.01	0.01	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	6.33
120	4.31	2.06	0.49	0.09	0.01	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	7.01
150	3.71	6.83	2.71	0.52	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.85
180	4.83	3.66	0.53	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.12
210	5.95	2.73	0.15	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.89
240	3.59	1.65	0.18	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.48
270	1.72	0.41	0.14	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.35
300	1.66	0.19	0.06	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.95
330	2.51	0.63	0.25	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.47
TOT	45.49	30.21	14.15	6.69	2.49	0.69	0.15	0.06	0.03	0.01	0.00	0.00	100.00

Analisi delle condizioni estreme di vento eseguita dalla società D'Appolonia

I valori estremi della velocità del vento sottocosta sono stati ottenuti dall'elaborazione del set di dati registrati dalla Stazione della Rete Mareografica Nazionale presentato nel paragrafo precedente, applicando la seguente funzione probabilistica di Weibull:

$$P(v > V) = 1 - \exp\left[-(v/\alpha)^\beta\right]$$

dove v è la variabile (velocità del vento), a e b sono i parametri della distribuzione calcolati mediante la tecnica di best-fit ai minimi quadrati.

Nella Tabella 2-4 si riportano i risultati delle elaborazioni effettuate.

³ D'Appolonia (2008) Autorità portuale di Genova. Ipotesi di riutilizzo dello smarino della gronda. Studio di fattibilità. Doc.nr 07-578-H1, rev. 0 aprile 2008.

Tabella 2-4 Valori della velocità del vento (m/s) in funzione del tempo di ritorno - dati della Stazione Rete Mareografica Nazionale presso l'Acquario di Genova

DIR (°N)	PERIODO DI RITORNO (anni)		
	1	10	50
120	13.3	18.7	22.6
150	13.1	16.1	17.9
180	13.1	18.3	21.9
210	13.3	20.3	25.7
240	8.3	10.9	12.7
OMNI	19.7	23.9	26.8

2.2.2 Quadro delle emissioni esistenti

L'area urbana di Genova è da sempre una delle aree più critiche della Regione Liguria per quanto riguarda la qualità dell'aria. Basti pensare che il Comune di Genova, da solo, contribuisce per una quota che va dal 51% al 24%, a seconda dell'inquinante considerato, alle emissioni totali regionali dei principali inquinanti⁴.

Le criticità evidenziate dal Piano regionale di risanamento e tutela della qualità dell'aria e per la riduzione dei gas serra, approvato dal Consiglio regionale con delibera n. 4 del 21 febbraio 2006, riguardano in particolare l'area urbana di Genova, caratterizzata dalla presenza al suo interno di numerose fonti emissive (Figura 2-2), quali l'area portuale e le numerose attività industriali ad essa collegate (raffinerie, impianti di stoccaggio, acciaierie), gli impianti di produzione di energia, l'area aeroportuale.

L'elaborazione della cosiddetta "zonizzazione" del territorio da parte della Regione Liguria (approvata con D.G.R. 1144/04), ovvero la suddivisione in aree omogenee per problematiche e criticità con riferimento agli inquinanti normati dal D.M. 60/02, considera l'area urbana di Genova come "zona 1 - agglomerato" (Figura 2-3), ossia tra le aree maggiormente critiche le cui fonti più rilevanti sono di tipo misto (produzione industriale, traffico, riscaldamento civile); i parametri per i quali l'area di Genova risulta più fragile sono il biossido di azoto, il particolato solido di diametro inferiore ai 10 µm e il benzene.

Anche la zonizzazione preliminare per l'ozono troposferico (Figura 2-4), formulata a seguito dell'emanazione del D.Lgs. 183/04, include l'area del Comune di Genova all'interno della "zona A" ossia tra le aree in cui risultano superati i valori bersaglio per la protezione della salute umana e per la protezione della vegetazione⁵.



Figura 2-2 Principali sorgenti di emissione di inquinanti atmosferici nell'intorno della zona di intervento

⁴ Regione Liguria, Piano di risanamento e tutela della qualità dell'aria e per la riduzione dei gas serra, 2006.

⁵ ARPAL e Regione Liguria, Relazione sullo stato dell'ambiente in Liguria, aggiornamento 2007, capitolo ARIA.

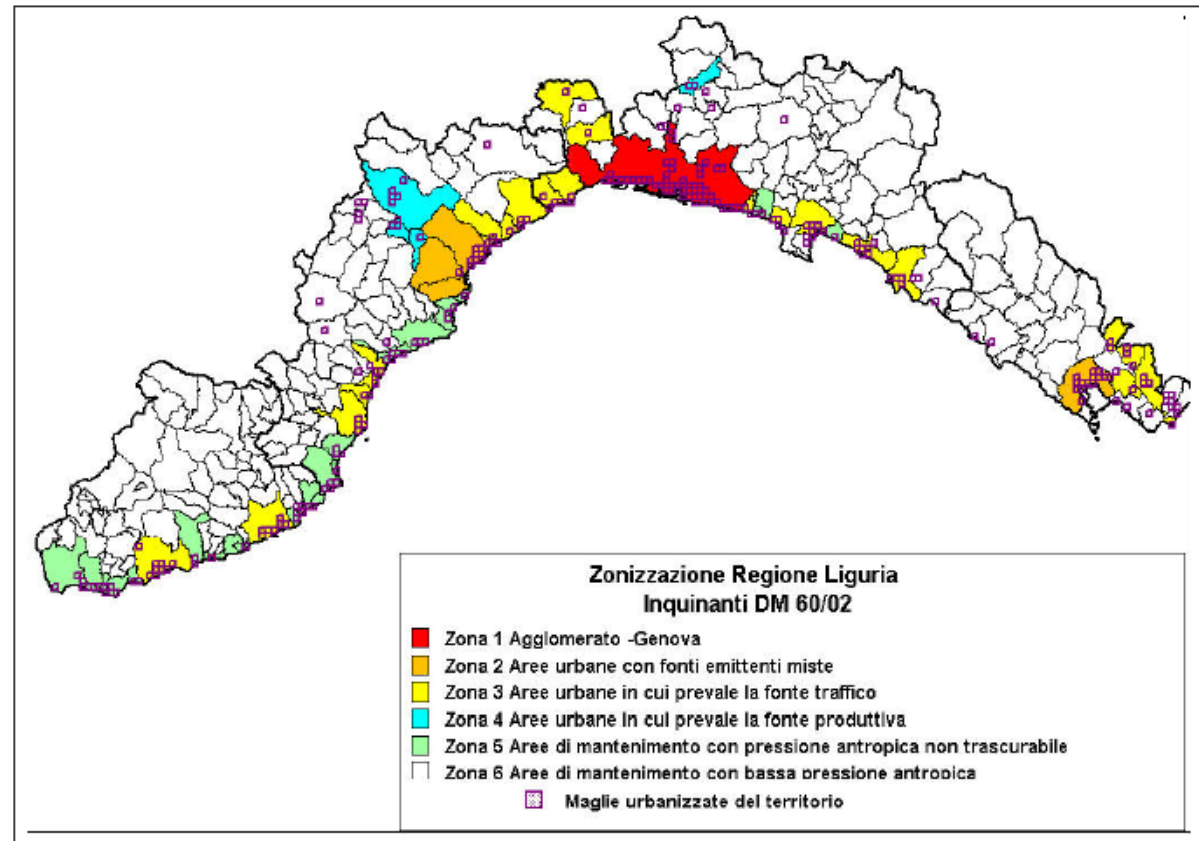


Figura 2-3 Zonizzazione del territorio regionale in funzione delle emissioni in atmosfera (Fonte: Regione Liguria)

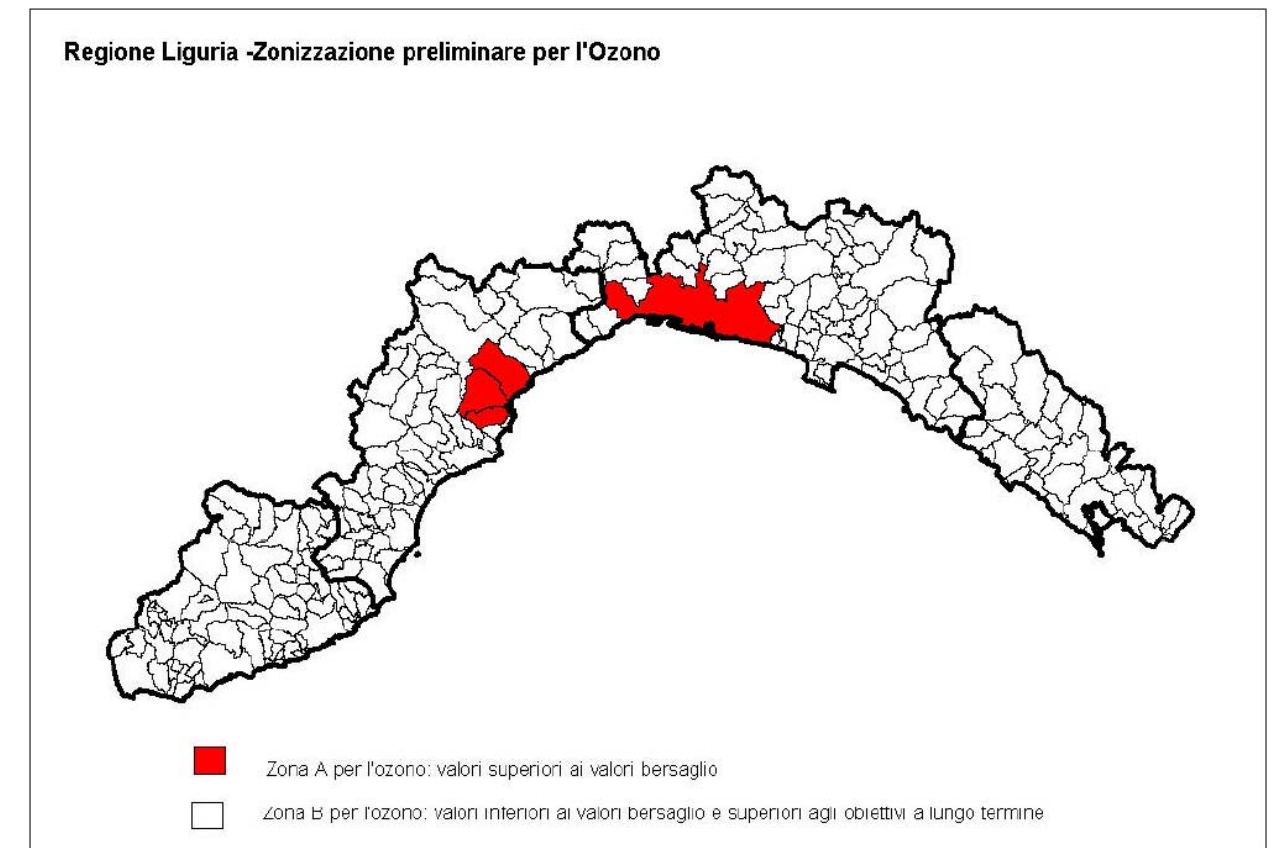


Figura 2-4 Zonizzazione del territorio regionale in base alle concentrazioni di ozono in atmosfera (Fonte: Regione Liguria)

Le principali fonti di emissione localizzate in prossimità della zona di progetto sono rappresentate da:

- Aeroporto Cristoforo Colombo;
- Stabilimento industriale ILVA S.p.A.;
- Porto e attività marittime da e verso il porto petroli ed i moli container.

Per ognuna delle sorgenti esistenti, nel 2005, la Regione Liguria ha stimato le quantità emesse per i principali inquinanti atmosferici. Va evidenziato che il dato riferito alle attività marittime non è disaggregato e quindi è riferito all'intero porto di Genova. Per lo stesso anno sono inoltre disponibili le concentrazioni di alcuni inquinanti emessi dallo stabilimento ILVA. Tali dati provengono dal registro dell'Inventario Nazionale delle Emissioni e delle loro Sorgenti (INES), che contiene informazioni su emissioni in aria ed acqua di specifici inquinanti provenienti dai principali settori produttivi e da stabilimenti generalmente di grossa capacità presenti sul territorio nazionale. I dati sono presentati nella Tabella 2-5, che riporta sia i valori totali delle emissioni su base annua per il comune di Genova, che quelle attribuibili alle singole sorgenti.

Tabella 2-5 Quadro delle principali emissioni in atmosfera della città di Genova e di alcune sorgenti per l'anno 2005 (Fonte: Regione Liguria, INES⁶)

Comune di Genova	Totale emissioni (t/anno)	Attività marittime (t/anno)	Traffico aereo (t/anno)	ILVA (t/anno)	% delle emissioni totali
Ammoniaca	390,24	-	-	-	
Monossido di carbonio (CO)	88966,67	5371,76	174,39	7005,1	14,1
Composti Organici Volatili (COV)	10764,55	133,1	39,8	-	1,6
PM ₁₀	1150,83	85,05	-	346,4	37,5
Anidride Carbonica (CO ₂)	5653683,36	240483,56	31190,73	1190021,0	25,9
Ossidi di Zolfo (SO _x)	12845,44	900,41	9,78	382,5	10,1
Metano (CH ₄)	38346,05	0,03	-	-	
Protossido di Azoto (N ₂ O)	310,51	4,41	-	-	1,4
PM _{2,5}	1010,69	75,84	-	-	7,5
NO _x	15482,49	4045,36	103,08	2185,3	40,9

I dati evidenziano la rilevanza delle emissioni nell'area di interesse sia in termini assoluti, che come percentuali del dato generale; per alcuni parametri (es. PM₁₀ e NO_x) le emissioni stimate si attestano a circa un terzo del dato complessivo. Da segnalare la rilevanza delle emissioni legate alle attività marittime, che comprendono sia il traffico che le operazioni portuali (es. motori impegnati nella produzione di energia elettrica delle navi in sosta nel porto), a conferma dell'importanza dello scalo portuale di Genova, che rappresenta infatti una delle realtà portuali più importanti sia in ambito nazionale che internazionale per quanto riguarda il traffico merci e passeggeri (Tabella 2-6).

Tabella 2-6 Numero di passeggeri, TEU e merci movimentate dal porto di Genova negli anni 2005-2009 (Fonte: Autorità Portuale)

Anno	Passeggeri (num.)	TEU (t)	Merci (t)
2005	3.037.979	1.624.964	54.411.749
2006	3.113.448	1.657.113	54.183.747
2007	3.223.196	1.855.026	56.376.944
2008	3.262.912	1.766.605	53.372.501
2009	3.486.683	1.533.627	46.562.777

Un significativo contributo alle emissioni presenti nell'area di progetto, sebbene di molto inferiore al contributo dovuto alle altre sorgenti, proviene dall'aeroporto. In Tabella 2-7 vengono presentati i dati di traffico dell'aeroporto nel periodo 2005-2009.

Tabella 2-7 Dati relativi al traffico merci e passeggeri dell'aeroporto di Genova

Anno	Movimenti (n.)*	Passeggeri (n.)	Cargo (t)
2005	25.026	1.013.288	6.250
2006	27.350	1.080.001	6.061
2007	29.383	1.128.399	5.748
2008	27.239	1.202.168	5.311
2009	24.321	1.136.798	4.668

* aeromobili in arrivo e partenza.

2.2.3 La qualità dell'aria nella zona costiera

La valutazione della qualità dell'aria nell'area dell'opera a mare, è stata determinata dai dati delle centraline distribuite sul territorio comunale. Le stazioni considerate sono quelle utilizzate da ARPAL per la valutazione dello stato di qualità dell'aria a livello regionale. Tra le stazioni di monitoraggio della rete comunale, sono state scelte quelle più prossime all'area di intervento (Figura 2-5). Nella Tabella 2-8 vengono riportati la localizzazione delle centraline utilizzate e i parametri monitorati da ciascuna centralina.

Le centraline si trovano tutte all'interno dell'area urbana di Genova e vengono distinte in base all'oggetto del monitoraggio: traffico veicolare o industria. I parametri monitorati sono biossido di zolfo (SO₂), monossido di carbonio (CO), biossido di azoto (NO₂), polveri sottili (PM₁₀) e Benzene (C₆H₆).

Questo insieme di parametri copre tutti gli inquinanti tipici per l'area, la cui qualità dell'aria è determinata principalmente dal traffico veicolare, marittimo e dalle emissioni industriali. Un contributo importante, nel periodo invernale, deriva anche dalle emissioni legate al riscaldamento domestico.

Tabella 2-8 Parametri rilevati in ognuna delle centraline considerate

ID	Postazione	Indirizzo	Tipo Zona	Tipo stazione	Inquinanti
1	Multedo – Pegli Genova	via Ronchi	Urbana	Industria	SO ₂ , CO, NO ₂ , PM ₁₀
2	Multedo – Villa Chiesa Genova	viale Villa Chiesa	Urbana	Industria	SO ₂ , Benzene
3	Via Puccini – Sestri Ponente Genova	via Puccini	Urbana	Traffico	SO ₂ , CO
4	Villa Raggio – Cornigliano Genova	via dell'Acciaio – Badia s. Andrea	Urbana	Industria	SO ₂
5	Giardini Melis Genova	Giardini Melis	Urbana	Traffico	SO ₂ , CO, NO ₂

⁶ INES (Inventario Nazionale delle Emissioni e loro Sorgenti) ed EPER (European Pollutant Emission Register) sono registri integrati nati nell'ambito della direttiva 96/61/CE, meglio nota come direttiva IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control).



Figura 2-5 Localizzazione delle centraline di monitoraggio della qualità dell'aria più vicine alla zona di intervento

L'analisi dei dati è stata eseguita con riferimento ai limiti normativi previsti dal D.Lgs. n. 155 del 13 agosto 2010 che recepisce:

- la direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle sospese e il piombo;
- la direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio (cfr. Tabella 2-9).

Tabella 2-9 Principali limiti di legge vigenti per i diversi parametri considerati

Parametri monitorati	Obiettivi	Tempo di mediazione	Valore limite vigente
SO ₂	Valori limite	Protezione salute	Media oraria 350 µg/m ³ (max 24 super./anno)
		Protezione salute	Media giornaliera 125 µg/m ³ (max 3 super./anno)
		Protezione ecosistemi	Media annuale 20 µg/m ³
	Soglia di allarme	Protezione ecosistemi	Media invernale (1/10 - 31/03) 20 µg/m ³
NO ₂	Valori limite	Protezione salute	Media oraria 200 µg/m ³ (max 18 super./anno)
		Protezione salute	Media annuale 40 µg/m ³
	Soglia di allarme		3 ore consecutive in un'area di 100 km ² 400 µg/m ³
PM ₁₀	Valori limite	Protezione salute	Media 24 ore 50 µg/m ³ (max 35 super./anno)
		Protezione salute	Media annuale 40 µg/m ³
CO	Valori limite	Protezione salute	Media mobile 8 ore 10 mg/m ³
Benzene	Valori limite	Protezione salute	Media annuale 5 µg/m ³

La valutazione della qualità dell'aria si basa sull'analisi dei dati raccolti dalle suddette centraline nell'arco dell'ultimo anno. Nella raccolta dei dati si è considerato per tutte le centraline lo stesso arco temporale, compatibilmente con i dati disponibili. In alcuni casi, infatti, a causa di possibili malfunzionamenti tecnici ed in occasione delle attività di manutenzione il campionamento è stato interrotto. Per i PM₁₀ l'arco di tempo considerato è limitato al periodo 22/11/2010 – 01/12/2010.

Come si può notare dall'analisi dei dati registrati dalle centraline (Tabella 2-10), tutti i parametri monitorati rientrano all'interno degli standard previsti dalla normativa nazionale ad eccezione del valore di biossido di azoto. Per questo parametro, infatti, la normativa nazionale prevede un valore limite per la protezione della salute di 40 µg/m³, valore che viene superato nelle stazioni Giardini Melis e Miltedo – Pegli, dove si raggiunge un valore medio annuo superiore ai 62 µg/m³. Non viene però mai superato il valore massimo orario. Per quanto riguarda il valore di monossido di carbonio, durante il periodo considerato, i valori orari più alti vengono registrati nella stazione di via Puccini – Sestri Ponente in cui il valore orario massimo è di 7,79 mg/m³.

Per il biossido di zolfo la situazione peggiore viene rilevata dalla centralina di Miltedo - Villa Chiesa, in cui i valori orari raggiungono in particolari ore della giornata i 269,47 µg/m³, rimanendo in ogni caso al di sotto del limite normativo medio orario pari a 350 µg/m³. Anche le medie giornaliere si mantengono al di sotto del limite normativo di 125 µg/m³.

I PM₁₀, limitatamente ai dati disponibili, si mantengono nella norma con valori massimi nelle 24 ore di circa 40 µg/m³.

Il benzene, parametro monitorato nella sola stazione di Miltedo - Villa Chiesa, ha un valore medio annuo di 1,68 µg/m³ contro i 5 µg/m³ previsti dalla normativa vigente.

Tabella 2-10 Risultati delle attività di monitoraggio atmosferico nelle centraline considerate (Benzene, SO₂, NO₂, PM₁₀ µg/m³; CO mg/m³)

ID Postazione	Inquinante	Periodo	Min orario	Media annuale*	Max orario	Media invernale
1	SO ₂	01/12/2009 – 30/11/2010	0,00	11,31	79,51	12,13
	CO	01/12/2009 – 30/11/2010	0,00	0,78	4,72	-
	NO ₂	01/12/2009 – 30/11/2010	2,04	62,09	189,05	-
	PM ₁₀	22/11/2010 – 01/12/2010	3,15	28,12	79,85	-
2	SO ₂	01/12/2009 – 30/11/2010	0,22	13,92	269,47	15,30
	Benzene	01/12/2009 – 30/11/2010	0,03	1,68	41,60	-
3	SO ₂	01/09/2009 – 31/08/2010	0,00	7,42	58,67	5,24
	CO	01/12/2009 – 30/11/2010	0,00	0,96	7,79	-
4	SO ₂	22/10/2009 – 21/10/2010	0,00	12,05	123,9	10,43
5	SO ₂	01/12/2009 – 30/11/2010	0,00	13,73	90,36	17,26
	CO	01/09/2009 – 31/08/2010	0,02	0,80	3,19	-
	NO ₂	01/09/2009 – 31/08/2010	2,68	62,48	196,13	-

*Media annua dei valori orari.

2.3 ANALISI DELLE INTERAZIONI OPERA-AMBIENTE

2.3.1 Le attività di realizzazione delle infrastrutture autostradali

2.3.1.1 I fattori di emissione

2.3.1.1.1 Fattori di emissione relativi alle attività per la realizzazione di viadotti

Ogni viadotto previsto lungo la tratta è caratterizzato da un tempo di esecuzione e da una modalità di costruzione particolari.

Le attività di costruzione del viadotto, infatti, non sono contemporaneamente presenti per tutto il tempo di esecuzione ma si susseguono secondo una determinata sequenza operativa, schematizzabile secondo le seguenti fasi temporali:

- realizzazione dei pali;
- getto delle fondazioni;
- posa in opera delle armature pile;
- getto delle pile e dei pulvini;
- varo dei cassoni.

Ipotizzando che il varo dei cassoni venga effettuato dopo la realizzazione delle pile, la costruzione di un viadotto può essere considerata composta da due fasi:

- realizzazione pali, pile e pulvini;
- varo dei cassoni.

Lo studio è basato sulla fase temporale che comporta le emissioni di particolato più elevate, ovvero quella relativa alla realizzazione dei pali, delle pile e dei pulvini.

Per il primo periodo di tempo l'unica attività presente è quella relativa alla realizzazione dei pali.

Successivamente verranno predisposte le armature delle fondazioni e delle pile e quindi si provvederà al getto di calcestruzzo.

Solo a questo punto prenderà il via la fase finale relativa al varo dei cassoni.

Sono considerate due tipologie di emissioni di particolato:

- particolato emesso dagli scarichi dei motori dei mezzi d'opera in attività (trascurata);
- particolato sollevato dai mezzi in attività.

Per quanto attiene alla generazione di polveri dalle lavorazioni per la realizzazione dei viadotti, si utilizza la metodologia indicata dalle linee guide sopra citate che fanno riferimento ai dati e modelli dell'US-EPA riportati nel documento AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors.

Sono presenti, in questo caso, due diverse fasi di lavorazione. La prima, nella quale l'emissione del particolato è originato dall'azione di scortico del terreno e dalla successiva trivellazione dei pali; la seconda fase, di getto dei calcestruzzi, per la quale non si hanno significative emissioni.

Si è tenuto conto anche che nelle operazioni di scotico e trivellazione il materiale trattato venga caricato su camion che provvedono a portarlo nelle aree individuate alla loro corretta gestione.

È stata inoltre considerata un'ulteriore sorgente costituita dalle emissioni prodotte dal transito dei mezzi d'opera e delle betoniere sulle piste di cantiere non asfaltate. Nella tabella seguente sono indicati i valori dei fattori di emissione assunti per le singole attività descritte in precedenza, da cui, una volta inseriti i valori dei parametri necessari al calcolo dell'emissione oraria, cantiere per cantiere, si ricaverà, come somma delle singole emissioni, il valore in g/h da utilizzare per la stima degli impatti secondo le LLGG citate.

Tabella 2-11 Fattori di emissione di PM10 prodotto durante le attività di costruzione in oggetto [Rif.: EPA-AP-42]

<i>Sbancamento/Scavo</i>		
Fattore di emissione PM10 EPA 30502760 Sand Handling, transfer and storage	FE = 0.0004 kg/Mg	Si dovrà stabilire il peso in Mg del materiale trattato per ora di attività
<i>Carico materiale</i>		
Fattore di emissione PM10 EPA 30501037 Truck Loading overburden	FE = 0.0075 kg/Mg	Si dovrà stabilire il peso in Mg di materiale trattato per ora di attività
<i>Movimento mezzi su pista</i>		
Fattore di emissione PM10 EPA 13.2.2 Unpaved Roads	FE (kg/km) = k (s/12) ^a (W/3) ^b	Si dovranno stabilire i km percorsi per ora di attività e fornire il contenuto di limo del materiale trattato (s), il peso medio del veicolo (W).
<i>Scarico materiale</i>		
Fattore di emissione PM10 EPA 30501042 Truck Unloading Bottom Dump overburden	FE = 0.0005 kg/Mg	Si dovrà stabilire il peso in Mg di materiale trattato per ora di attività

2.3.1.1.2 Fattori di emissione relativi alle attività per la realizzazione di gallerie

I cantieri connessi con la costruzione di gallerie sono direttamente al servizio della produzione e sono quindi attrezzati con installazioni per lo svolgimento di attività lavorative.

La loro ubicazione è posta agli imbocchi delle gallerie, offrono supporto logistico e operativo per il fronte d'avanzamento dello scavo.

Lo studio è basato sulla fase temporale che comporta le emissioni di particolato più elevate, ovvero quella relativa allo scavo e trasporto dello smarino.

A tal proposito per questo tipo di cantiere sono considerate tre tipologie di emissione del particolato:

- Il particolato prodotto per le operazioni relative allo scavo;

- Gli scarichi dei motori dei mezzi d'opera in attività (trascurati);
- Il particolato prodotto per sollevamento dai mezzi in transito sulle piste dei cantieri.

Per quanto attiene alla generazione di polveri dalle lavorazioni per la realizzazione delle gallerie, siano esse artificiali o naturali, si utilizza la metodologia indicata dalle linee guida sopra citate che fanno riferimento ai dati e modelli dell'US-EPA riportati nel documento AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors.

Sono presenti, in questo caso, due diverse fasi di lavorazione.

Una prima fase operativa vera e propria nella quale avviene lo scavo. Una seconda fase dove si procede all'allontanamento dello smarino che, nel caso non avvenga mediante sistema automatico chiuso, prevede un frequente movimento di mezzi su pista di cantiere non asfaltata.

Si è ipotizzato, inoltre, che eventuali sistemi di aspirazione di cui verrà provvisto il fronte di avanzamento lavori in galleria non siano impattanti ai fini di una generazione di polvere, in quanto tutti opportunamente dotati di sistemi di abbattimento.

I valori dei fattori di emissione assunti per le singole attività descritte in precedenza, da cui, una volta inseriti i valori dei parametri necessari al calcolo dell'emissione oraria, cantiere per cantiere, si ricaverà, come somma delle singole emissioni, il valore in g/h da utilizzare per la stima degli impatti secondo le LLGG citate, sono i medesimi adottati per la costruzione dei viadotti (cfr. Tabella 2-11).

2.3.1.1.3 Fattori di emissione relativi alle attività per la formazione e stoccaggio dei cumuli
 Un'altra attività suscettibile di produrre l'emissione di polveri è l'operazione di formazione e stoccaggio del materiale in cumuli.

L'emissione relativa verrà sommata all'emissione complessiva per tutti quei cantieri in cui è prevista la formazione e lo stoccaggio permanente e, quindi, per i quali si è proceduto ad idonea progettazione delle aree dedicate a tale finalità.

I fattori di emissione sono riportati nella tabella seguente e da questi, una volta inseriti gli idonei parametri, cantiere per cantiere ove è presente un'area di stoccaggio, verrà calcolata l'emissione in g/h.

Tabella 2-12 Fattori di emissione PM10 durante le attività di stoccaggio e movimentazione mezzi su pista [Rif.: EPA-AP-42]

<i>Stoccaggio</i>		
Fattore di emissione PM10 EPA 13.2.4 Aggregate Handling and Storage Piles	FE (kg/Mg) = k (0.0016) (u/2.2) ^{1.3} (M/2) ^{1.4}	Si dovranno stabilire i quantitativi in Mg di materiale stoccato, indicando: k (0.35 per PM10), coefficiente che dipende dalle dimensioni del particolato, u velocità del vento (m/s) e M contenuto in percentuale di umidità
<i>Movimentazione mezzi su pista</i>		
Fattore di emissione PM10 EPA 13.2.2 Unpaved Roads	FE (kg/km) = k (s/12) ^a (W/3) ^b	Si dovranno stabilire i km percorsi per ora di attività e fornire il contenuto di limo del materiale trattato (s), il peso medio del veicolo (W).

2.3.1.1.4 Fattori di emissione relativi alle attività di frantumazione

Un'altra attività suscettibile di produrre l'emissione di polveri è l'operazione di frantumazione e vagliatura che avviene in determinate aree di alcuni cantieri in progetto.

L'emissione relativa verrà sommata all'emissione complessiva per tutti quei cantieri in cui è prevista tale operazione e, quindi, per i quali si è proceduto ad idonea progettazione delle aree dedicate a tale finalità.

Il fattore di emissione è riportato nella tabella seguente e da questo, una volta inseriti gli idonei parametri, cantiere per cantiere ove è presente un'area di frantumazione, verrà calcolata l'emissione in g/h.

Sono presenti, in questo caso, diverse fasi di lavorazione:

1. Il materiale in arrivo all'impianto viene inviato alla tramoggia iniziale;
2. Da questa passa alla griglia per la separazione della pezzatura primaria e fine, frazioni che vengono inviate al mulino di frantumazione e alla sfangatrice rispettivamente;
3. Dalla sfangatrice i fanghi vengono inviati al trattamento con idrociclone (una parte) e alla vagliatura (la restante quota);
4. I quantitativi inviati alla frantumazione primaria escono tritutati e vanno alla successiva vagliatura;
5. Alla vagliatura si separa il prodotto da stoccare mentre il rimanente va inviato alla frantumazione secondaria e terziaria;
6. Dalla frantumazione secondaria il materiale è portato alla vagliatura fine ed infine stoccato;
7. Dall'idrociclone viene recuperato prodotto da stoccare.

Per semplificare la trattazione si è preferito riportare l'emissione calcolata per gli impianti di selezione e frantumazione nelle LLGG citati in relazione.

Tabella 2-13 Fattori di Emissione di PM10 durante le attività di frantumazione e movimentazione mezzi su pista [Rif.: EPA-AP-42]

<i>Frantumazione</i>		
Fattore di emissione (LLGG)	FE (g/h*m3) = 2.58	Si dovrà stabilire il quantitativo in m3 di materiale trattato
<i>Movimentazione mezzi su pista</i>		
Fattore di emissione PM10 EPA 13.2.2 Unpaved Roads	FE (kg/km) = k (s/12) ^a (W/3) ^b	Si dovranno stabilire i km percorsi per ora di attività e fornire il contenuto di limo del materiale trattato (s), il peso medio del veicolo (W).

2.3.1.1.5 Fattori di emissione relativi agli impianti di betonaggio

Altra sorgente di polveri che accompagna sempre le attività di costruzione in cui viene impiegato calcestruzzo è rappresentata dall'impianto di betonaggio, presente in determinate aree di alcuni cantieri in progetto.

L'emissione relativa verrà sommata all'emissione complessiva per tutti quei cantieri in cui è prevista la sua produzione e, quindi, per i quali si è proceduto ad idonea progettazione delle aree dedicate a tale finalità.

Il fattore di emissione è riportato nella tabella seguente e da questo, una volta inseriti gli idonei parametri, cantiere per cantiere ove è presente un'area di betonaggio, verrà calcolata l'emissione in g/h.

Tabella 2-14 Fattori di Emissione di PM10 prodotto durante le attività di betonaggio [Rif.: EPA-AP-42]

<i>Impianto di betonaggio</i>		
Fattore di emissione PM10 EPA 30501101 Concrete Batching Total Facility Emissions except road dust & wind-blown dust	FE (Kg/m3) = 0.0342	Si dovrà stabilire il quantitativo in m3 di materiale prodotto

2.3.1.2 Il quadro emissivo

2.3.1.2.1 I cantieri industriali

In questo paragrafo vengono analizzati i potenziali impatti delle aree di cantiere denominate cantieri industriali.

Per ciascuna area vengono dapprima individuate le macro attività emmissive, poi viene associato il relativo fattore di emissione e in funzione delle caratteristiche di operatività del cantiere viene calcolata l'emissione oraria prodotta.

Procediamo andando ad analizzare le caratteristiche delle sedici aree di cantiere industriale, indicando area per area quali attività si ritengono impattanti e le relative produttività orarie (cfr. Tabella 2-15).

Tabella 2-15 Aree di cantiere industriale: caratteristiche specifiche ed emissioni

Cod	Caratteristiche	Descrizione	
CI01	Aspetti generali	L'area, localizzata in fregio all'autostrada A10 – direzione Genova e posta altimetricamente in continuità con la quota della piattaforma stradale, è articolata in due aree, A e B	
	Approntamenti	Area A	Sbancamento del terreno naturale
		Area B	Realizzazione muro di sostegno e sbancamento del terreno naturale
	Finalità	Area A	Accesso dall'autostrada alla spalla lato SV del viadotto Frana Est in ampliamento
		Area B	Accesso alla spalla lato SV del viadotto Vesima Est in ampliamento
	Attività Impattanti	Sbancamento	Ipotizziamo che venga utilizzata una ruspa che per ora di attività tratta 30 m ³
		Realizzazione Viadotti	Ipotizziamo che nell'ora venga trattato materiale corrispondente ad un palo di 400 mm di diametro e lunghezza 20 m
Movimento mezzi su pista		Ipotizziamo che nell'ora ci sia un movimento di 2 mezzi su di una pista di 100 m per due viaggi all'ora	
Emissioni orarie totale	E (g/h)	80 g/h	
CI02	Aspetti generali	Localizzazione in corrispondenza dei viadotti Vesima esistenti. L'accessibilità è garantita attraverso le viabilità di servizio (VS01 e VS02), con apposite rampe di larghezza pari a 4 m.	
	Approntamenti	Ritombamento dell'impluvio esistente. La regimazione idraulica del tratto di rio interessato dal ritombamento prevede la posa di condotte metalliche policentriche di idonee dimensioni	
	Finalità	Ampliamento dei viadotti Vesima	
	Attività Impattanti	Ritombamento	Ipotizziamo che venga utilizzata una ruspa che per ora di attività tratta 30 m ³
		Realizzazione Viadotti	Ipotizziamo che nell'ora venga trattato materiale corrispondente ad un palo di 400 mm di diametro e lunghezza 20 m
		Movimento mezzi su pista	Ipotizziamo che nell'ora ci sia un movimento di 2 mezzi su di una pista di 100 m per due viaggi all'ora
	Emissioni orarie totale	E (g/h)	119 g/h
CI03	Aspetti generali	Localizzazione all'interno dell'area portuale di Voltri. L'area risulta collegata alla viabilità ordinaria mentre l'accesso avviene attraverso il varco già esistente da N-O.	
	Approntamenti	-	
	Finalità	Produzione calcestruzzo a servizio delle opere da realizzarsi nell'ambito dell'interconnessione di Voltri e di Vesima, per un volume totale stimato di calcestruzzo pari a 140.000 m ³ che, distribuito negli 8 anni stimati di durata di cantiere, corrispondono a circa 50 mc/g (a meno degli incrementi nei periodi di picco). L'impianto di betonaggio è costituito da: <ul style="list-style-type: none"> • piazzale di scarico degli inerti e da area di stoccaggio degli stessi; • area di miscelazione del calcestruzzo, insonorizzato, con silos per cementi e additivi; • area per il carico delle betoniere. 	
Attività Impattanti	Betonaggio	L'impianto ha una produttività media di 50 m ³ /g	

Cod	Caratteristiche	Descrizione		
	Emissioni orarie totale	E (g/h)	21 g/h	
CI04	Aspetti generali	Localizzazione all'interno dell'area portuale nei pressi della foce del torrente Polcevera in destra idrografica ed estensione pari a circa 30.000 mq. L'accesso all'area è stato previsto da N-O attraverso lo svincolo della nuova strada urbana di scorrimento da lungomare Canepa a Piazza Savio		
	Approntamenti	-		
	Finalità	L'area risponde a tre diverse finalità: <ul style="list-style-type: none"> • produzione calcestruzzi a servizio delle opere da realizzarsi nell'ambito dell'interconnessione di Genova Ovest, per un volume totale stimato di calcestruzzo pari a 160.000 m³ che, distribuito negli 8 anni stimati di durata di cantiere, corrispondono a circa 55m³/g (a meno degli incrementi nei periodi di picco); • caratterizzazione delle terre di scavo, al fine di attestare l'idoneità delle stesse ad essere riutilizzate per la realizzazione di rilevati o ritombamenti, organizzate in tre cumuli, per un volume totale di 7.500 m³. • Depurazione. L'area di produzione calcestruzzi, ubicata nel settore centrale del cantiere, presenta un impianto di betonaggio costituito da: <ul style="list-style-type: none"> • piazzale di scarico degli inerti e da area di stoccaggio degli stessi; • area di miscelazione del calcestruzzo, insonorizzato, con silos per cementi e additivi; • area per il carico delle betoniere. 		
	Attività Impattanti	Betonaggio	L'impianto ha una produttività media di 55 m ³ /g	
		Movimento mezzi su pista	Ipotizziamo che nell'ora ci sia un movimento di 2 mezzi su di una pista di 100 m per due viaggi all'ora	
		Stoccaggio	Ipotizziamo che venga utilizzata una ruspa che per ora di attività tratta 30 m ³	
	Emissioni orarie totale	E (g/h)	50 g/h	
CI06	Aspetti generali	Localizzazione in corrispondenza dello svincolo di Genova Est. L'accessibilità è garantita attraverso la viabilità di servizio VS09		
	Approntamenti	Ritombamento della valle esistente nel tratto a monte dell'imbocco lato Sud della galleria Campursone esistente		
	Finalità	<ul style="list-style-type: none"> • Caratterizzazione dei materiali provenienti dallo scavo in tradizionale delle gallerie in terre non amiantifere, organizzati in tre cumuli, per un volume totale di 9.880 m³. • Stoccaggio temporaneo del materiale più pregiato proveniente dallo scavo delle gallerie e da utilizzarsi per la realizzazione dell'opera a mare, organizzato secondo 6 ribancamenti per una capienza massima di circa 300.000 m³ 		
	Attività Impattanti	Ritombamento	Ipotizziamo che vengano utilizzate due ruspe, che per ora di attività trattano 60 m ³	
		Stoccaggio	Ipotizziamo che venga utilizzata una ruspa, che per ora di attività tratta 30 m ³	
Frantumazione		Ipotizziamo che all'impianto arrivino mediamente 30 m ³ /h		
	Movimento mezzi su pista	Ipotizziamo che nell'ora ci sia un movimento di 4 mezzi su di una pista di 100 m per due viaggi all'ora		
Emissioni orarie totale	E (g/h)	132 g/h		
CI07	Aspetti generali	Localizzazione lungo l'autostrada A12 – direzione Livorno immediatamente prima dell'imbocco lato Genova della galleria Montesperone esistente.		

Cod	Caratteristiche	Descrizione	
		L'accessibilità è diretta dall'autostrada esistente.	
	Approntamenti	-	
	Finalità	Produzione calcestruzzo a servizio delle opere da realizzarsi nell'ambito dell'interconnessione Torbella, per un volume totale stimato di calcestruzzo pari a 450.000 m ³ che, distribuiti negli 8 anni stimati di durata di cantiere, corrispondono a circa 150 m ³ /g (a meno degli incrementi nei periodi di picco). L'impianto di betonaggio è costituito da: <ul style="list-style-type: none"> • piazzale di scarico degli inerti e da area di stoccaggio degli stessi; • area di miscelazione del calcestruzzo, insonorizzato, con silos per cementi e additivi; • area per il carico delle betoniere. 	
	Attività Impattanti	Betonaggio	L'impianto ha una produttività media di 150 m ³ /g
	Emissioni orarie totale	E (g/h)	33 g/h
CI08	Aspetti generali	Localizzazione in fregio al Mercato ortofrutticolo, ad Est, nell'attuale sede di una stazione di rifornimento carburante. L'accessibilità è garantita direttamente dalla viabilità ordinaria (Via F. Bruzzo).	
	Approntamenti	-	
	Finalità	Realizzazione pila 3 del viadotto Genova	
	Attività Impattanti	Realizzazione Viadotti	Ipotizziamo che nell'ora venga trattato materiale corrispondente ad un palo di 400 mm di diametro e lunghezza 20 m
	Emissioni orarie totale	E (g/h)	59 g/h
CI09	Aspetti generali	Localizzazione in fregio al Mercato ortofrutticolo, ad Ovest, all'interno di un'area interclusa delimitata a Nord dal sottopasso alla ferrovia esistente su Via F. Bruzzo, ad Ovest dalla ferrovia esistente stessa, a Sud e ad est da fabbricati esistenti. L'accessibilità è garantita attraverso il varco esistente che da via Bruzzo consente di raggiungere la massicciata ferroviaria ed il locale elettromeccanico a servizio del sistema di pompaggio acque del sottopasso	
	Approntamenti	Realizzazione di una apposita opera di scavalco affiancata a quella ferroviaria	
	Finalità	Realizzazione pila 2 del viadotto Genova	
	Attività Impattanti	Realizzazione Viadotti	Ipotizziamo che nell'ora venga trattato materiale corrispondente ad un palo di 400 mm di diametro e lunghezza 20 m
	Emissioni orarie totale	E (g/h)	59 g/h
CI10	Aspetti generali	Localizzazione in destra idrografica del torrente Secca, immediatamente a Nord del Mercato ortofrutticolo. L'accessibilità è garantita dalla viabilità ordinaria attraverso il varco esistente su Via Bertelli.	
	Approntamenti	Demolizione di fabbricato esistente	
	Finalità	Area logistica (box, uffici di cantiere e spogliatoi per le maestranze) a servizio delle opere previste nell'ambito dell'interconnessione di Bolzaneto, nonché area di stoccaggio del materiale necessario per la realizzazione delle gallerie e dei viadotti	
	Attività Impattanti	Nessuna	

Cod	Caratteristiche	Descrizione	
	Emissioni orarie totale	E (g/h)	-- g/h
CI11	Aspetti generali	Localizzazione in destra idrografica del torrente Secca ed immediatamente a Nord della rotatoria sulla Via Sardorella. L'accessibilità è garantita dalla viabilità ordinaria attraverso un apposito varco sulla rotatoria.	
	Approntamenti	-	
	Finalità	Produzione calcestruzzo a servizio delle opere da realizzarsi nell'ambito dell'interconnessione di Bolzaneto, per un volume totale stimato di calcestruzzo pari a 283.000 m ³ che, distribuito negli 8 anni stimati di durata di cantiere, corrispondono a circa 100 m ³ /g (a meno degli incrementi nei periodi di picco). L'impianto di betonaggio è costituito da: <ul style="list-style-type: none"> • piazzale di scarico degli inerti e da area di stoccaggio degli stessi; • area di miscelazione del calcestruzzo, insonorizzato, con silos per cementi e additivi; • area per il carico delle betoniere. 	
	Attività Impattanti	Betonaggio	L'impianto ha una produttività media di 100 m ³ /g
	Emissioni orarie totale	E (g/h)	43 g/h
CI12	Aspetti generali	Localizzazione in destra idrografica del torrente Secca, immediatamente a Nord dei viadotti autostradali esistenti della A7. L'accessibilità è garantita dalla viabilità ordinaria (via Sardorella) attraverso un apposito varco	
	Approntamenti	-	
	Finalità	Caratterizzazione delle terre di scavo, al fine di attestare l'idoneità delle stesse ad essere riutilizzate per la realizzazione di rilevati o ritombamenti, organizzate in tre cumuli, per un volume totale di 3.870 m ³ .	
	Attività Impattanti	Stoccaggio	Ipotizziamo che venga utilizzata una ruspa che per ora di attività tratta 30 m ³
		Frantumazione	Ipotizziamo che all'impianto arrivino mediamente 30 m ³ /h
		Movimento mezzi su pista	Ipotizziamo che nell'ora ci sia un movimento di 4 mezzi su di una pista di 100 m per due viaggi all'ora
	Emissioni orarie totale	E (g/h)	105 g/h
CI15	Aspetti generali	Localizzazione in sinistra idrografica del torrente Burla nei pressi del settore N-O dell'area cimiteriale di Bolzaneto attualmente non utilizzato. L'accessibilità è garantita attraverso il varco esistente su Via Garrone.	
	Approntamenti	Riprofilatura del versante con scarpate di pendenza (orizz:vert) pari a 3:2. Realizzazione, lungo il lato adiacente l'area cimiteriale, di una barriera fonoassorbente al fine di limitare l'impatto acustico delle lavorazioni. Realizzazione, in fregio a quella ordinaria, di una apposita viabilità di collegamento tra il cantiere CI15 e l'area di imbocco frese (CI13), che verrà regolata mediante impianti semaforici o similari durante il transito dei mezzi di trasporto concii	
	Finalità	Area di stoccaggio dei concii per le gallerie da scavare con metodo meccanizzato, con dimensionamento volto a garantire un'autonomia di rifornimento alle frese pari a circa 7gg lavorativi	
	Attività Impattanti	Nessuna	
	Emissioni orarie totale	E (g/h)	-- g/h

Cod	Caratteristiche	Descrizione
CI16	Aspetti generali	Localizzazione in sinistra idrografica del torrente Polcevera immediatamente a Nord dei viadotti ferroviari lungo Via Perlasca. L'accessibilità è garantita attraverso appositi varchi di entrata/uscita su Via Perlasca.
	Approntamenti	-
	Finalità	Area di stoccaggio dei materiali necessari (carpenterie metalliche) per la realizzazione dello "slurrydotto"
	Attività Impattanti	Nessuna
	Emissioni orarie totale	E (g/h)

Per quanto attiene i cantieri industriali CI13 e CI14, come detto in occasione dell'individuazione dei temi specifici oggetto della presente componente, essi non sono stati presi in considerazione dal momento che la loro dotazione impiantistica è stata concepita in modo da impedire qualunque dispersione in aria delle polveri trattate.

2.3.1.2.2 I cantieri di imbocco

In questo paragrafo vengono analizzati i potenziali impatti delle aree di cantiere denominate cantieri di imbocco, cioè di quelle aree esattamente antistanti l'imbocco delle gallerie che – per la loro dimensione limitata - vengono destinate ad ospitare esclusivamente gli impianti più direttamente necessari alla gestione dei lavori in sotterraneo (impianto di ventilazione, impianto acqua industriale, impianto aria compressa, impianto di depurazione delle acque, ..) oltre ad un limitato deposito di materiali da costruzione (centine, bulloni, ..).

Sono generalmente ubicati in siti difficilmente raggiungibili e lontani dalle aree più urbanizzate, quindi il loro impatto sull'ambiente è limitato.

Si ricorda che verranno analizzate le sole emissioni derivanti dalle realizzazioni delle gallerie con scavo in tradizionale e limitatamente ai tratti in artificiale, mentre le emissioni connesse alle attività di costruzione delle gallerie con scavo meccanizzato, stanti le tecniche realizzative riportate nel QPGT dello SIA del progetto di cantierizzazione, sono trascurate in quanto prive di effetti.

Per la valutazione dei potenziali impatti derivanti quindi dalla costruzione delle gallerie artificiali con scavo in tradizionale, viene infine analizzata l'area di cantiere con la massima produttività giornaliera, che corrisponde a 882 m3/giorno.

Tabella 2-16 Aree di cantiere imbocco caratteristiche specifiche ed emissioni

Gallerie con scavo in tradizionale e limitatamente ai tratti in artificiale	Aspetti generali	Aree antistanti l'imbocco delle gallerie destinate ad ospitare gli impianti più direttamente necessari alla gestione dei lavori in sotterraneo, oltre ad un limitato deposito di materiali da costruzione		
	Approntamenti			
	Finalità	Costruzione gallerie		
	Attività Impattanti	Scavo	Si assume una produttività di scavo oraria pari a 110 m3/h	
		Movimento mezzi su pista	Ipotizziamo che nell'ora ci sia un movimento di 6 mezzi su di una pista di 100 m per due viaggi all'ora	
Emissioni orarie totale	E (g/h)	241 g/h		

2.3.1.3 Analisi dei risultati

Secondo l'approccio descritto in precedenza (cfr. par. 2.1.2.1), per quanto concerne la valutazione delle attività di realizzazione delle infrastrutture autostradali si è fatto riferimento alla metodologia elaborata dalle Linee Guida della Regione Toscana e segnatamente si è proceduto a confrontare i valori di emissioni di polveri derivanti dalle stime operate (cfr. par. 2.3.1.2) con quelli relativi alle soglie assolute riportati nella tabella n. 13 delle citate linee guida (cfr. Tabella 2-17). In entrambi i casi i valori sono espressi in g/h.

Tabella 2-17 Soglie assolute di emissione di PM₁₀ [g/h]

Intervallo distanza (m)	Giorni di emissione annui					
	>300	300 – 250	250 – 200	200 – 150	150 – 100	<100
0 - 50	145	152	158	167	180	208
50 - 100	312	321	347	378	449	628
100 – 150	608	663	720	836	1038	1492
>150	830	908	986	1145	1422	2044

Dal confronto tra i calcoli delle emissioni di particolato connesse con le attività di cantiere, riportate in Tabella 2-15 e Tabella 2-16, ed i valori soglia di cui alla Tabella 2-17 emerge un quadro differenziato.

La Tabella 2-18 riporta le soglie di emissione, corrispondenti alla massima durata delle attività lavorative (oltre 300 giorni) e la minima distanza dell'area di cantiere (0 – 50 metri), e le azioni conseguenti.

Tabella 2-18 Valutazione delle emissioni alla distanza 0 ÷ 50 tra ricettore e sorgente per un numero di giorni di attività superiore a 300/anno

Intervallo di distanza (m) del ricettore dalla sorgente	Soglia di emissione di PM ₁₀ (g/h)	Risultato
0 ÷ 50	< 73	Nessuna azione
	73 ÷ 145	Monitoraggio presso il ricettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 145	Non compatibile

I valori di emissioni stimati per i cantieri industriali CI03, CI04, CI07, CI08, CI09, CI10, CI11, nonché CI15 e CI16 risultano al di sotto della soglia minima (73 g/h). Il valore emissivo massimo registrato in tali cantieri risulta, infatti, pari a 59 g/h (cfr. Tabella 2-15). Tale risultato, secondo la metodica elaborata dalle Linee guida, consente di affermare come le emissioni prodotte da detti cantieri possano essere considerate a priori compatibili con i limiti di legge per la qualità dell'aria.

Nel caso degli altri cantieri industriali (CI01, CI02, CI06 e CI12), il maggior livello emissivo stimato è pari a 132 g/h (cfr. Tabella 2-19), valore che risulta in ogni caso inferiore al limite di non ammissibilità per la fascia di distanza minima (0 ÷ 50) ed ampiamente compreso entro la soglia di totale ammissibilità per la fascia di distanza compresa tra i 100 ed i 150 metri tra ricettore e sorgente (cfr. Tabella 2-20).

Tabella 2-19 Valori di emissione stimati nei restanti cantieri industriali

Cantieri industriali	Emissioni (g/h)
CI01	80
CI02	119
CI06	132
CI12	105

Tabella 2-20 Valutazione delle emissioni alla distanza 100 ÷ 150 tra ricettore e sorgente per un numero di giorni di attività superiore a 300/anno

Intervallo di distanza (m) del ricettore dalla sorgente	Soglia di emissione di PM ₁₀ (g/h)	Risultato
100 ÷ 150	< 304	Nessuna azione
	304 ÷ 608	Monitoraggio presso il ricettore o valutazione modellistica con dati sito specifici
	> 608	Non compatibile

Come emerge dalle immagini seguenti, considerando un raggio di 200 metri dall'area di cantiere, i ricettori ricadenti entro tale area risultano in numero limitato, per i cantieri CI01, CI02 e CI12 (cfr. Figura 2-6 e Figura 2-7), mentre per il cantiere CI06 non è presente alcun ricettore (cfr. Figura 2-8).

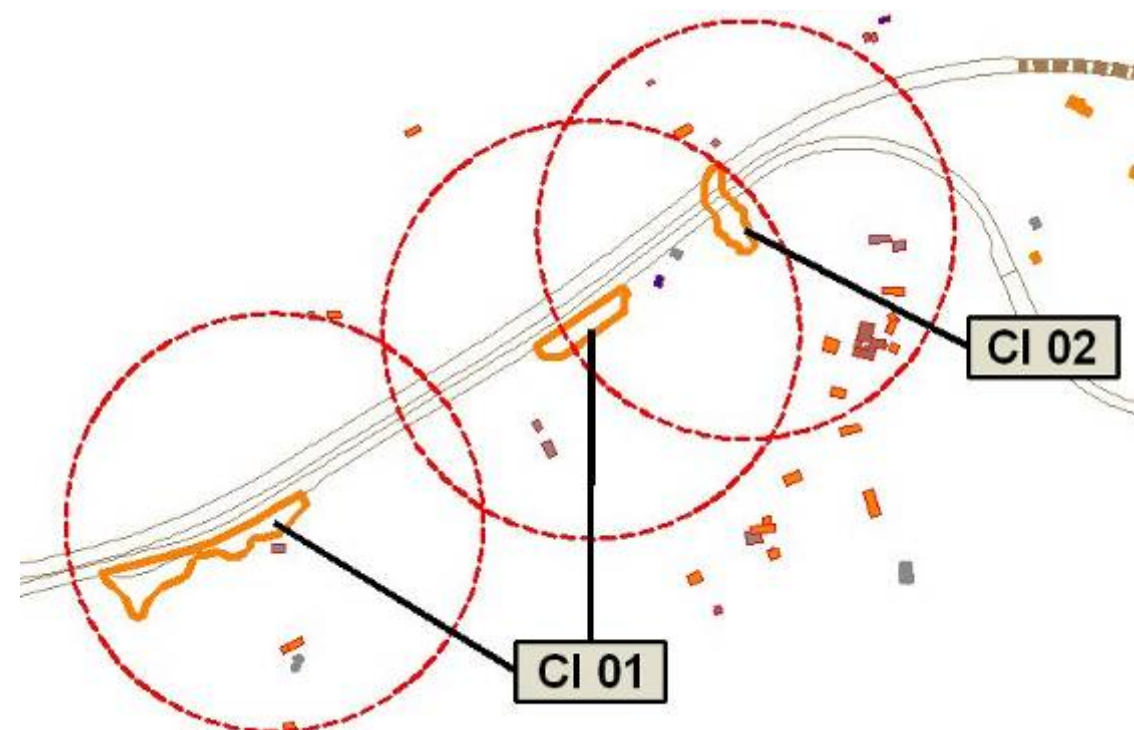


Figura 2-6 Aree di cantiere industriale CI01 e CI02: ricettori compresi entro il raggio di 200 m

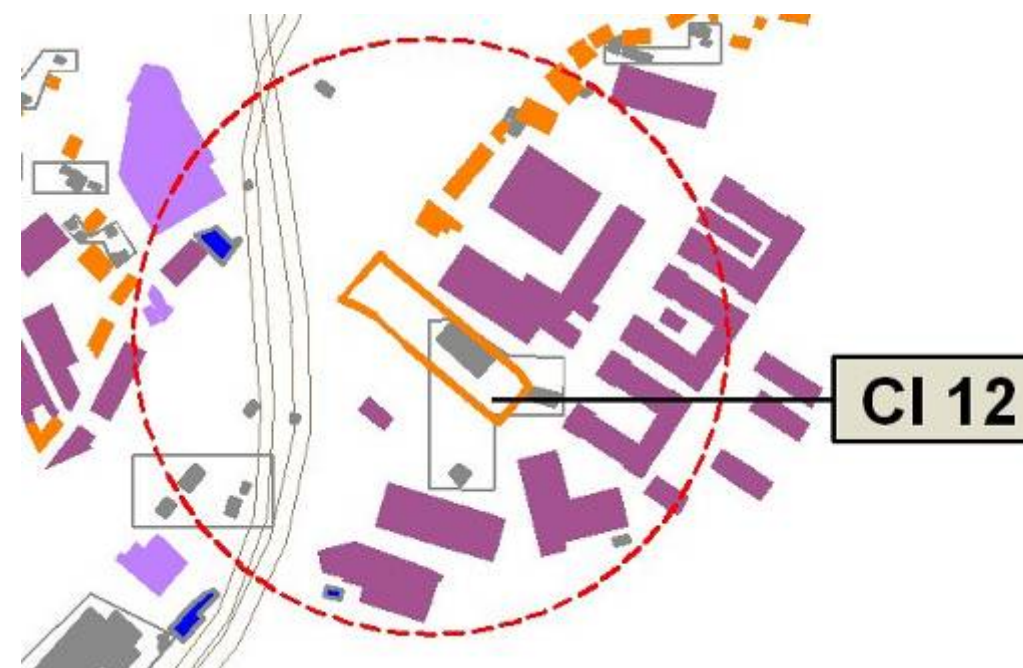


Figura 2-7 Area di cantiere CI12: ricettori compresi entro il raggio di 200 m

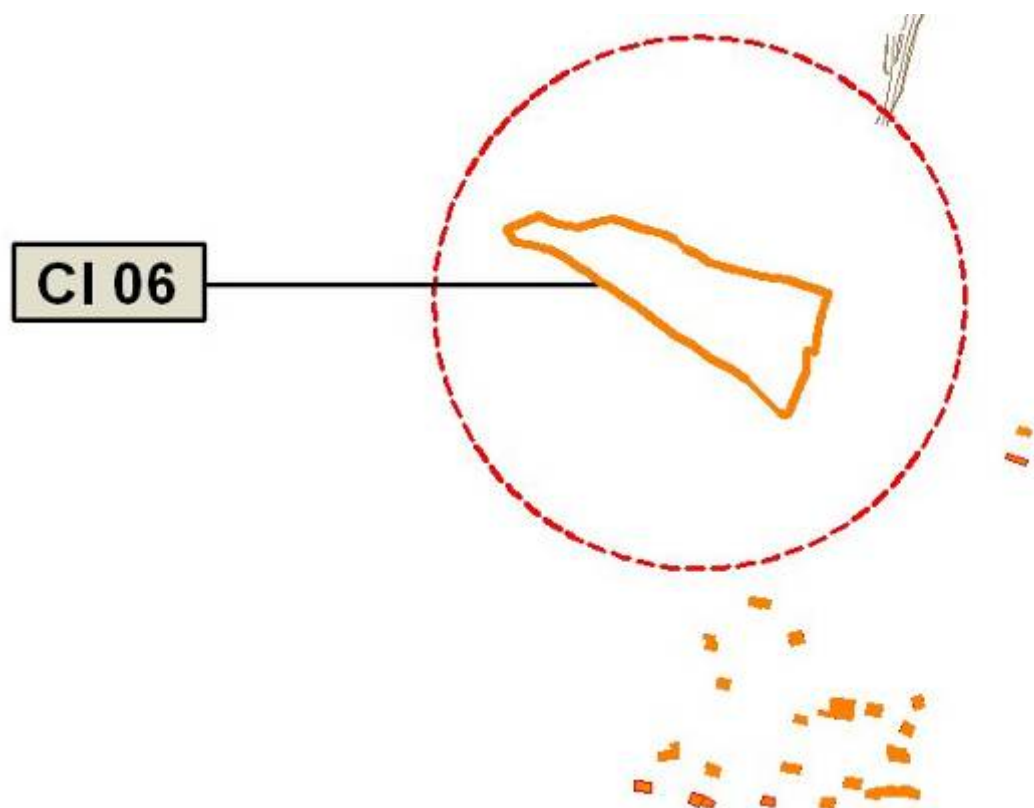


Figura 2-8 Area di cantiere CI06: ricettori compresi entro il raggio di 200 m

Le tipologie di usi in atto relativi ai ricettori riportati nelle immagini precedenti sono i seguenti (cfr. Figura 2-9).

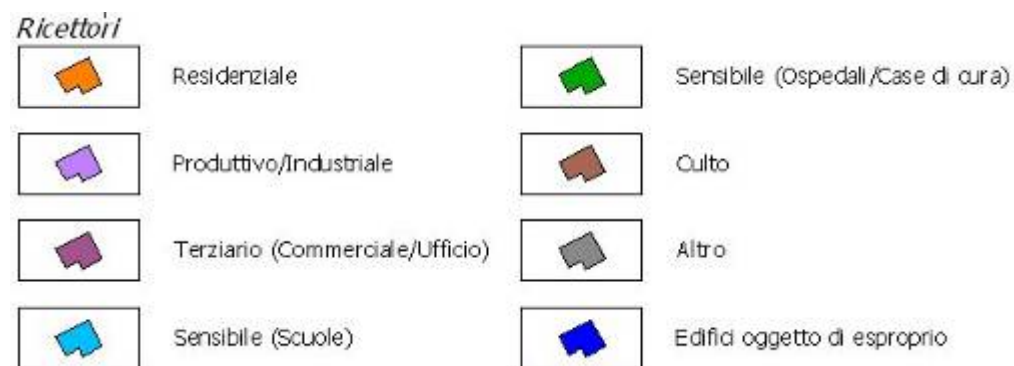


Figura 2-9 Tipologie di usi in atto

Assunto che per il cantiere industriale CI06, non essendo presenti ricettori all'intorno, non sussiste alcun problema, per quanto attiene i cantieri CI01 e CI02, considerata la localizzazione marginale dei ricettori interessati rispetto a dette aree e valutato l'ampio margine intercorrente tra il valore emissivo stimato (132 g/h) ed il valore soglia (304 g/h), è possibile ritenere che detti valori emissivi siano compatibili con i limiti di legge per la qualità dell'aria, senza necessità di intraprendere alcuna azione di ulteriore verifica.

Una considerazione a parte merita invece il cantiere CI12 nel cui caso, sebbene la maggior parte dei ricettori ricadenti all'interno del raggio di 200 metri sia costituita da edifici

ad uso terziario e produttivo, il ridotto numero di ricettori ad uso residenziale ivi presenti si trova in posizione ravvicinata.

Occorre osservare che le emissioni calcolate non tengono conto di alcun dispositivo e/o misura di mitigazione, elementi che, se ben applicati, sono mediamente in grado di ridurre le emissioni di particolato da attività di cantiere anche oltre il 50%. A fronte di tale considerazione, risulta legittimo affermare che, grazie ai dispositivi e misure di mitigazione che verranno adottati nel corso delle lavorazioni per ridurre il tenore emissivo di polveri, non si ritiene che le attività di cantiere possano generare impatti significativi nell'area circostante.

Per quanto invece attiene i cantieri di imbocco, il valore emissivo stimato, pari a 241 g/h risulta compreso entro la soglia di ammissibilità delle concentrazioni fissate dalle Linee guida della Regione Toscana per le attività di cantiere con durata superiore ai 300 giorni/anno nel caso di ricettori compresi entro un raggio di 100 ÷ 150 dall'area di cantiere (cfr. Tabella 2-20).

A tale riguardo si rileva che detta condizione si determina solo per le aree di cantiere CI18, CI19, CI24, CI26, CI28, CI30 e CI32 per un numero assai limitato di ricettori. All'interno di tale casistica, la situazione che risulta più significativa è quella del cantiere CI26 (Torbella), in quanto presenta alcuni ricettori in posizione maggiormente ravvicinata all'area delle lavorazioni (cfr. Figura 2-10). Per quanto riguarda invece le altre aree di cantiere, il numero dei ricettori risulta nullo, come nel caso del CI25, o rappresentato al massimo da due unità.

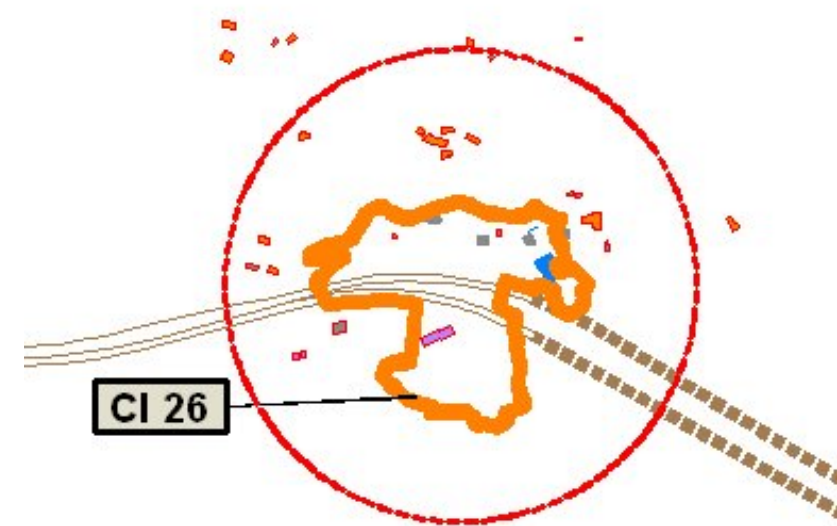


Figura 2-10 Area di cantiere CI26

Come tuttavia appare dall'immagine, il numero di ricettori potenzialmente interessati risulta decisamente limitato ed inoltre anche in questo caso, così come per le altre aree di cantiere, valgono sempre le considerazioni precedenti in merito alle misure di gestione ed alla loro efficacia.

2.3.2 Le attività di realizzazione dell'opera a mare

2.3.2.1 Il quadro emissivo ed i livelli di concentrazione attesi

Per valutare le emissioni in atmosfera prodotte durante la realizzazione delle opere a mare è stato utilizzato il modello di emissione COPERT IV⁷ ("Computer Programme to Calculate Emissions from Road Traffic"), indicato dall'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA) come strumento da utilizzare per la stima delle emissioni.

Il modello COPERT utilizza come dati di input le informazioni relative al parco veicolare circolante suddiviso per tipologia di veicolo, classe di cilindrata o di peso complessivo, tipologia di combustibile utilizzato, classe di anzianità.

Per ciascuna classe di veicolo è poi prevista l'associazione di informazioni relative alle condizioni di guida quali le percorrenze medie annue e le velocità medie, distinte in base al ciclo di guida ovvero alla tipologia di percorso effettuato.

Mediante tali input e tramite funzioni di stima delle emissioni e dei consumi dipendenti dalla velocità e dalla percorrenza, il modello consente la determinazione della quantità di prodotti inquinanti emessi in atmosfera.

Il quadro emissivo è stato definito per la sola fase di realizzazione della conterminazione, essendo questa fase la più gravosa in termini di tipologia e quantità di mezzi operanti nel canale di calma, oltre ad avere un'estensione temporale lunga (4 anni).

Come osservabile dal cronoprogramma, infatti, per la realizzazione della conterminazione è prevista l'esecuzione di una serie di attività (costruzione dello scanno di imbasamento, trasporto ed affondamento dei cassoni, appesantimento dei cassoni, ecc.) che si sovrappongono lungo l'interno sviluppo dell'area interessata, determinando quindi una contemporanea presenza di più mezzi d'opera. Alla costruzione della conterminazione, inoltre, si sovrappone l'attività di posa del geotessuto, avente lo scopo di separare il materiale presente sul fondale dal pietrame per l'imbasamento dei cassoni e dal materiale utilizzato per la realizzazione della colmata.

I mezzi d'opera considerati per la definizione del quadro emissivo sono:

- a) Stesa del geotessuto:
 - 1 pontone con rullo
- b) Scanno di imbasamento dei cassoni:
 - 8 bettoline al giorno per il trasporto del materiale
 - 1 pontone con gru (grappo) al giorno per la posa in opera del materiale
- c) Trasporto ed affondamento dei cassoni
 - 2 rimorchiatori ogni tre giorni per il trasporto di un cassone dal sito di prefabbricazione
 - 2 barche di appoggio ogni tre giorni
 - 2 pontoni con gru per il varo e l'affondamento
 - 12 bettoline al giorno per il trasporto del materiale da affondare

La percorrenza media di ciascun mezzo è stata definita in 2,5 km, arrotondando a 5 km lo sviluppo del canale di calma, dalla foce del T. Polcevera, probabile sede del cantiere, sino all'estremità occidentale.

È stato inoltre cautelativamente considerato che ciascuna delle attività duri 41 mesi, ovvero 861 giorni, benché nel cronoprogramma siano indicate estensioni temporali più

ridotte; in altri termini è stato considerato che ciascuno dei mezzi sopra elencati operi in continuo e simultaneamente per 861 giorni, al fine di enfatizzare i fattori emissivi.

Nel dettaglio, per la definizione del quadro emissivo sono state fatte le seguenti ipotesi:

a) Stesa del geotessuto

Il pontone si muove in modo trascurabile nei 41 mesi, percorrendo circa 6 m al giorno (cioè 5 km in 41 mesi). Ogni giorno, però, la gru sul pontone lavora per la posa del geotessuto. In termini di emissioni, il movimento della gru può essere fatto corrispondere alla distanza percorsa da una barca di appoggio che percorre l'intero canale in entrambe le direzioni per un totale di 10 km al giorno.

b) Scanno di imbasamento dei cassoni

Per il trasporto del materiale di imbasamento dei cassoni è stimabile l'impiego di 8 bettoline al giorno. Ciascuna bettolina, dunque, percorre in un giorno una distanza media pari a 5 km (andata a ritorno dal sito di posa), per un totale di 40 km al giorno. Per il pontone con gru necessario per la posa del materiale di imbasamento, vale il ragionamento sopra riportato per la stesa del geotessuto; la distanza "virtuale" percorsa in un giorno è dunque pari a 10 km.

c) Trasporto ed affondamento dei cassoni

Il tempo necessario per il trasporto e l'affondamento dei cassoni è stimabile in tre giorni. Ogni tre giorni, dunque, 2 rimorchiatori percorrono una distanza media di 5 km per portare il cassone al sito di varo e tornare indietro; percorrono, cioè, 1,6 km al giorno ciascuno.

Analogo ragionamento per ognuna delle 2 barche di appoggio, mentre per i 2 pontoni con gru vale nuovamente quanto sopra riportato (10 km al giorno ciascuno).

Per il trasporto del materiale per l'affondamento dei cassoni, infine, è stimabile l'impiego di 12 bettoline al giorno; ciascuna bettolina percorre una distanza pari a 5 km al giorno (andata e ritorno dal sito di varo), per un totale di 60 km.

Dal momento che il modello COPERT non prevede categorie di veicoli appartenenti al settore navale, è stata attribuita a ciascuna delle tipologie di mezzi che saranno impiegati una categoria corrispondente alla classe "Heavy Duty Tracks - Rigid 7,5-12 t", cioè a veicoli merci pesanti con una capacità di carico variabile tra 7,5 e 12 tonnellate ed alimentati a gasolio.

Le classi di anzianità di ciascun veicolo, con riferimento ovviamente alla categoria di cui sopra, sono state scelte considerando standard legislativi non recenti, sempre nell'ottica di voler enfatizzare i fattori emissivi.

Per il pontone è stata scelta la classe "Euro I-91/542/EEC Stage I", per il rimorchiatore la classe "Euro II-91/542/EEC Stage II", per la bettolina la classe "Euro III-2000 Standards" e per le barche di appoggio la classe "Euro IV-2005 Standards".

Per il calcolo del consumo annuo di carburante, altro parametro richiesto dal COPERT, è stato ipotizzato che ciascun mezzo consumi 5 km/l; attribuendo un peso di 0,835 kg ad ogni litro di gasolio e nota la percorrenza complessiva, pari a 126.050 km, è stimabile un consumo di circa 6,16 t/anno di carburante.

Come tipologia di percorso, è stato invece ipotizzato un ciclo misto tra urbano e autostradale per le bettoline ed i rimorchiatori, volendo considerare che per metà della loro percorrenza viaggiano "carichi", un ciclo esclusivamente urbano per il pontone (quindi consumi sempre elevati) ed un ciclo sempre autostradale per le barche di appoggio. La velocità di percorrenza è stata impostata come costante e pari a 5 km/h.

⁷ <http://lat.eng.auth.gr/copert/>

I risultati ottenuti con il modello COPERT sono riportati nella Tabella 2-21.

Tabella 2-21 Risultati ottenuti con il modello COPERT

Mezzo d'opera	CO ₂	CO	NO _x	NO ₂	PM _{2,5}	PM ₁₀	SO ₂	VOC
	(t/anno)	(t/anno)	(t/anno)	(t/anno)	(t/anno)	(t/anno)	(t/anno)	(t/anno)
Pontone	36,47169	0,092327	0,324133	0,035655	0,019155	0,020683	0	0
Rimorchiatore	1,34967	0,002731	0,014387	0,001583	0,000312	0,000373	0	0
Bettolina	451,0809	1,168368	3,990106	0,558615	0,131121	0,150216	0	0
Barca d'appoggio	1,279919	0,002069	0,007652	0,001071	0,000122	0,000183	0	0
Totale	490,1822	1,265495	4,336277	0,596923	0,150709	0,171454	0	0

Come osservabile i contributi maggiori sono attribuibili alle bettoline, cui seguono, benché con valori inferiori di un ordine di grandezza, i pontoni. Nel caso delle bettoline pesano sicuramente il maggiore numero di unità operative (20 in totale, contro 3 pontoni, 2 rimorchiatori e 2 barche di appoggio) e l'elevata percorrenza annuale (25.200 km in totale), mentre nel caso dei pontoni pesa la bassa classe di anzianità scelta.

Confrontando i valori ottenuti con il quadro delle emissioni in atmosfera indotte dal traffico aereo per l'anno 2005, riportato in Tabella 2-5, che rappresenta la sorgente più vicina all'area di progetto, si può osservare come le emissioni annue di inquinanti emessi dai mezzi di cantiere siano inferiori di diversi ordini di grandezza a quelle dell'aeroporto. In particolare le emissioni di CO₂ calcolate corrispondono a circa l'1,6%, quelle di NO_x al 4% mentre per gli altri inquinanti le emissioni sono inferiori all'1% (CO) o non valutabili (SO₂, VOC).

A fronte di tale considerazione e tenendo conto che l'area di intervento è soggetta ad un rapido ricambio d'aria, essendo ubicata sulla fascia costiera esposta all'azione dispersiva del vento, non si è ritenuto necessario lo sviluppo di uno specifico modello di propagazione degli inquinanti al fine di valutare le concentrazioni attese.

2.3.3 Il traffico di cantierizzazione

2.3.3.1 I fattori di emissione

Le attività di cantiere correlate alla realizzazione dell'opera in oggetto produrranno inevitabilmente un incremento del traffico pesante nelle aree circostanti i cantieri, per la necessità di collegare le zone operative ai luoghi delle lavorazioni e quest'ultimi ai luoghi per il deposito dello smarino.

In base all'organizzazione dei fabbisogni dei singoli cantieri e in base a quanto materiale questi stessi possono produrre in seguito alle operazioni di costruzione, sono state effettuate delle elaborazioni sulla distribuzione dei materiali, sia in termini di richiesta effettiva dalle singole cave, sia in termini di movimentazione tra un cantiere e l'altro.

Tale operazione ha reso possibile la verifica della distribuzione dei mezzi di trasporto del materiale sui tronchi stradali disponibili.

In tale ambito si è valutato il numero massimo di veicoli orari che può andare a gravare sulla viabilità ordinaria e a partire da tali dati si sono ricavate le emissioni relative al particolato totale sospeso (PM10) e agli ossidi di azoto (NO₂), secondo la metodologia CORINAIR-COPERT IV, in analogia a quanto fatto per il bilancio emissivo.

Il fattore di emissione è riportato nella tabella seguente e da questo, in base al numero di veicoli/h massimi, viene calcolata l'emissione in g/h*km per percorso. Si fa presente che si è posto il fattore di emissione medio dei mezzi d'opera pari al valore emissivo medio dei mezzi pesanti calcolati sul parco circolante dell'Italia Nord Occidentale secondo le statistiche ACI 2009, assumendo una velocità media di 60 km/h.

Tabella 2-22 Fattori di emissione di PM10 ed NOx [Rif.: COPERT IV]

EMISSIONI MEZZI PESANTI		
Fattore di emissione PM10	FE (g/km*veicolo) = 0.310	Si dovrà stabilire il numero di mezzi d'opera circolanti all'ora
Fattore di emissione NOx	FE (g/km*veicolo) = 5.569	Si dovrà stabilire il numero di mezzi d'opera circolanti all'ora

2.3.3.2 Il quadro emissivo

Come anticipato, in base alla distribuzione dei mezzi di trasporto materiale sui tronchi stradali individuati, si è valutato il numero massimo di veicoli orari che può andare a gravare sulla viabilità ordinaria e, a partire da tali dati, si sono ricavate le emissioni relative al particolato sospeso (PM10) e agli ossidi di azoto (NO₂), secondo la metodologia CORINAIR-COPERT IV.

La metodologia impiegata nel calcolo degli impatti è stata strutturata sui seguenti punti:

- Calcolo delle emissioni per ogni tratto considerato nello studio di traffico; le tabelle seguenti evidenziano il valore emissivo (rispettivamente per NO₂ e PM10) senza il traffico pesante indotto dai cantieri e con il traffico indotto.
- Valutazione dell'incremento dovuto alle emissioni allo scarico dei veicoli pesanti connessi con le lavorazioni, rispetto alle emissioni derivanti dai flussi normalmente presenti sulle strade interessate.

Tabella 2-23 Incremento emissioni NO₂

Nome Arco	TGM Attuale Leggeri	TGM Attuale Pesanti	Automezzi Giorni	Emissioni Ante Operam	Emissione Corso d'Opera	Variazione Percentuale AO/CO
	Veic/d	Veic/d	Veic/d	g/km*d	g/km*d	%
A7 Bolzaneto - Busalla direzione Nord	21.500	4.942	40	5018	5044	0.5%
A7 Bolzaneto - Busalla direzione Sud	20.350	3.744	20	4142	4155	0.3%
A7 Bolzaneto - Busalla direzione Nord	21.500	4.942	20	5018	5031	0.3%
A12 esistente direzione Ovest	23.432	4.602	45	4959	4988	0.6%
A12 esistente direzione Est	29.245	5.577	44	6081	6109	0.5%
A12 esistente direzione Ovest	23.432	4.602	17	4959	4970	0.2%
A12 esistente direzione Est	29.245	5.577	18	6081	6092	0.2%
A12 esistente direzione Ovest	19.518	3.691	18	4038	4050	0.3%
A12 esistente direzione Est	22.389	4.111	18	4552	4564	0.3%
Interconnessione A7-A12	14.273	2.843	45	3047	3076	1.0%
A7 Genova Ovest - Interconnessione direzione Sud	32.615	6.322	65	6848	6890	0.6%
A7 Genova Ovest - Interconnessione direzione Nord	26.596	6.243	65	6292	6335	0.7%
A10 Genova Aeroporto interconnessione A7 direzione Ovest	31.745	6.240	86	6722	6778	0.8%
A10 Genova Aeroporto interconnessione A7 direzione Est	28.135	4.592	87	5347	5403	1.0%
GE est - GE aeroporto direzione Nord	9.385	588	74	1169	1217	4.0%
GE est - GE aeroporto direzione Sud	13.908	1.625	74	2223	2271	2.1%
San Benigno interconnessione A7-A10 direzione Nord	31.108	4.260	10	5380	5386	0.1%
San Benigno interconnessione A7-A10 direzione Sud	28.042	4.363	9	5190	5196	0.1%
A10 Genova Voltri - Genova Pegli carreggia direzione Ovest	24.736	5.000	12	5327	5335	0.1%
A10 Genova Voltri - Genova Pegli carreggia direzione Est	28.203	5.055	13	5654	5662	0.1%
A10 Avenzano-Interconnessione Gevova Voltri - Direzione Ovest	22.195	5.413	39	5383	5409	0.5%
A10 Avenzano-Interconnessione Gevova Voltri - Direzione Est	23.105	4.788	39	5053	5078	0.5%
A10 Avenzano-Interconnessione Gevova Voltri - Direzione Ovest	13.981	2.025	77	2490	2540	2.0%
A10 Avenzano-Interconnessione Gevova Voltri - Direzione Ovest	23.004	4.572	39	4904	4929	0.5%
A10 Avenzano-Interconnessione Genova Voltri - Direzione Est	12.096	2.089	1	2373	2374	0.0%
A10 Avenzano-Interconnessione Genova Voltri - Direzione Est	21.538	5.211	1	5197	5197	0.0%

Tabella 2-24 Incremento emissioni PM₁₀

Nome Arco	TGM Attuale Leggeri	TGM Attuale Pesanti	Automezzi Giorni	Emissione Ante Operam	Emissione Corso d'Opera	Variazione Percentuale AO/CO
	Veic/d	Veic/d	Veic/d	g/km*d	g/km*d	%
A7 Bolzaneto - Busalla direzione Nord	21.500	4.942	40	2721	2734	0.5%
A7 Bolzaneto - Busalla direzione Sud	20.350	3.744	20	2286	2292	0.3%
A7 Bolzaneto - Busalla direzione Nord	21.500	4.942	20	2721	2727	0.2%
A12 esistente direzione Ovest	23.432	4.602	45	2722	2736	0.5%
A12 esistente direzione Est	29.245	5.577	44	3346	3360	0.4%
A12 esistente direzione Ovest	23.432	4.602	17	2722	2728	0.2%
A12 esistente direzione Est	29.245	5.577	18	3346	3352	0.2%
A12 esistente direzione Ovest	19.518	3.691	18	2223	2229	0.3%
A12 esistente direzione Est	22.389	4.111	18	2512	2518	0.2%
Interconnessione A7-A12	14.273	2.843	45	1671	1685	0.8%
A7 Genova Ovest - Interconnessione direzione Sud	32.615	6.322	65	3763	3783	0.5%
A7 Genova Ovest - Interconnessione direzione Nord	26.596	6.243	65	3406	3426	0.6%
A10 Genova Aeroporto interconnessione A7 direzione Ovest	31.745	6.240	86	3690	3717	0.7%
A10 Genova Aeroporto interconnessione A7 direzione Est	28.135	4.592	87	2979	3006	0.9%
GE est - GE aeroporto direzione Nord	9.385	588	74	701	724	3.2%
GE est - GE aeroporto direzione Sud	13.908	1.625	74	1273	1295	1.8%
San Benigno interconnessione A7-A10 direzione Nord	31.108	4.260	10	3040	3043	0.1%
San Benigno interconnessione A7-A10 direzione Sud	28.042	4.363	9	2903	2906	0.1%
A10 Genova Voltri - Genova Pegli carreggia direzione Ovest	24.736	5.000	12	2918	2922	0.1%
A10 Genova Voltri - Genova Pegli carreggia direzione Est	28.203	5.055	13	3126	3131	0.1%
A10 Avenzano-Interconnessione Gevova Voltri - Direzione Ovest	22.195	5.413	39	2906	2918	0.4%
A10 Avenzano-Interconnessione Gevova Voltri - Direzione Est	23.105	4.788	39	2762	2774	0.4%
A10 Avenzano-Interconnessione Gevova Voltri - Direzione Ovest	13.981	2.025	77	1401	1425	1.7%
A10 Avenzano-Interconnessione Gevova Voltri - Direzione Ovest	23.004	4.572	39	2689	2702	0.4%
A10 Avenzano-Interconnessione Genova Voltri - Direzione Est	12.096	2.089	1	1316	1317	0.0%
A10 Avenzano-Interconnessione Genova Voltri - Direzione Est	21.538	5.211	1	2807	2807	0.0%

2.3.3.3 Analisi dei risultati

Al fine di valutare l'entità degli incrementi emissivi derivanti dal traffico di cantierizzazione rispetto a quello di base, in analogia alla logica assunta nelle Linee Guida della Regione Toscana, si è proceduto fissando le seguenti soglie (cfr. Tabella 2-25).

Tabella 2-25 Soglie variazione emissione per PM10 e NO2 rispetto ante operam

Variazione %	Impatto
<5%	Nessun Impatto
>5%	Valutazione modellistica della ricaduta

Come si evince dalle tabelle precedenti (cfr. Tabella 2-23 e Tabella 2-24), per entrambi gli inquinanti considerati il valore medio dell'incremento si attesta su 0,67% e 0,56%, rispettivamente per NO2 e per PM10, senza presentare per alcun arco valori che superino la soglia del 5%. In particolare, fatta eccezione per il solo arco GE Est - GE aeroporto direzione Nord, che, con un incremento emissivo del 4,0% per NO2 e del 3,2% per il PM10, rappresenta il maggior valore registrato, nei restanti casi la variazione media risulta pari allo 0,53% ed allo 0,46%, rispettivamente per NO2 e PM10.

L'entità dei risultati stimati consente di poter affermare che, anche a prescindere dalla soglia di variazione fissata (cfr. Tabella 2-25), l'entità dell'incremento emissivo dovuto ai traffici di cantierizzazione sia di un tenore tale da non modificare le condizioni di qualità dell'aria preesistenti, senza dover ricorrere ad un'analisi modellistica al fine di dimostrare tale risultato.

A conforto di tale affermazione occorre ricordare che i flussi di traffico considerati, oltre ad essere bidirezionali, sono rappresentativi di un'ipotetica ed irrealizzabile condizione, in quanto relativi allo scenario di totale contemporaneità di tutte le attività di realizzazione delle infrastrutture autostradali.

2.4 IL RAPPORTO OPERA-AMBIENTE

2.4.1 Le attività di realizzazione delle infrastrutture autostradali ed il traffico di cantierizzazione

Per quanto concerne le attività di realizzazione delle infrastrutture autostradali sono state prese in considerazione la realizzazione dei viadotti, lo scavo e la costruzione dei viadotti, con esclusivo riguardo all'esecuzione dei tratti in artificiale relativi alle gallerie con tecnica in tradizionale, nonché la movimentazione delle terre scavo e ed il trasporto dei materiali da costruzione per via stradale.

La scelta di centrare l'attenzione sui tratti in artificiale delle gallerie scavate in tradizionale discende dalla considerazione che tale lavorazione risulta quella maggiormente rilevante sotto il profilo emissivo. Appare difatti evidente come lo scavo in naturale o quello in meccanizzato, stanti le particolari soluzioni tecniche che nel caso in specie sono state assunte al fine di impedire la dispersione delle terre potenzialmente amiantifere provenienti dalla realizzazione delle gallerie Monterosso, Amandola e Borgonuovo (nastri trasportatori ermetici), possano essere considerate non rilevanti ai fini dell'individuazione degli impatti connessi alla fase di cantierizzazione.

Ovviamente, nel quadro delle attività indagate sono state ricomprese, oltre a quelle sopra richiamate, anche quelle specifiche che saranno svolte nei singoli cantieri industriali. A tale riguardo, l'analisi ha preso origine dall'esame delle caratteristiche proprie di ciascuno di detti cantieri, con riferimento alle azioni necessarie al loro approntamento ed alle attività in questi condotte, quali ad esempio la frantumazione, il betonaggio e lo stoccaggio di materiali pulverulenti.

Sotto il profilo della metodologia di individuazione degli impatti potenziali, l'analisi è stata improntata sulla scorta delle "Linee guida per la valutazione delle emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali pulverulenti", redatte da ARPA Toscana ed adottate con DGP Firenze n. 213 del 03/11/2009, quale strumento di lavoro attraverso il quale determinare le emissioni prodotte dalle operazioni di stesa e compattazione ed operare la stima e valutazione dell'entità dell'impatto atteso.

La logica di lavoro assunta dalle Linee Guida consiste nell'esplorare la possibilità di valutare a priori l'impatto dovuto a sorgenti diffuse di particolato. In tal senso, la metodologia impiegata consiste nel definire inizialmente una situazione emissiva standardizzata (sorgente), con caratteristiche compatibili con quelle tipiche delle attività generatrici di polveri diffuse (cave, cantieri), per poi determinare, mediante l'applicazione del modello di dispersione ISCST3 dell'US-EPA, le concentrazioni di PM₁₀ alle diverse distanze dalla sorgente.

La proporzionalità tra concentrazioni stimate e flussi di massa (emissioni in un dato tempo) ha permesso di valutare quali emissioni specifiche (e globali) corrispondono a concentrazioni paragonabili ai valori limite per la qualità dell'aria. In questo modo le Linee guida hanno determinato delle soglie di emissione (con maggiori o minori garanzie) al di sotto delle quali non sussistono presumibilmente rischi di superamento o raggiungimento dei valori limite di qualità dell'aria.

L'analisi emissiva condotta sulla base della metodologia qui riassunta ha evidenziato come per i cantieri industriali CI03, CI04, CI07, CI08, CI09, CI11, nonché CI15 e CI16 si possa ritenere che le emissioni da questi prodotte diano origine a concentrazioni che

possono essere considerate a priori compatibili con i limiti di legge per la qualità dell'aria, già alla minima distanza tra ricettore ed area di cantiere (0 – 50 metri) e per una durata delle lavorazioni superiore a 300 giorni/anno.

Nel caso del cantiere industriale CI06, il maggior livello emissivo stimato è tuttavia compensato dalla totale assenza di ricettori in un raggio superiore ai 200 metri, condizione che anche in questo caso consente di affermare la compatibilità delle concentrazioni derivanti.

Per quanto infine attiene i cantieri industriali CI01, CI02, CI06 e CI12, il loro valore emissivo risulta ampiamente compreso entro la soglia di totale ammissibilità per la fascia di distanza compresa tra i 100 ed i 150 metri tra ricettore e sorgente (sempre nel caso di durata delle lavorazioni superiore a 300 giorni/anno), ambito nel quale ricade un assai modesto numero di ricettori abitativi. A tale riguardo si sottolinea che, a fronte di un valore emissivo massimo stimato pari a 132 g/h, la soglia di compatibilità fissata dalle Linee guida è pari a 304 g/h.

Analoghe considerazioni valgono per i cantieri di imbocco delle gallerie, in particolare CI18, CI19, CI24, CI26, CI28, CI30 e CI32, che presentano un valore emissivo pari a 241 g/h.

Considerato che le emissioni calcolate non tengono conto di alcun dispositivo e/o misura di mitigazione e che detti accorgimenti sono mediamente in grado di ridurre le emissioni di particolato da attività di cantiere anche oltre il 50%, risulta possibile valutare non rilevante l'impatto indotto dalle aree di cantiere sopra citate.

A tale riguardo, proprio in ragione delle ampie potenzialità che le misure di mitigazione presentano nell'abbattere le emissioni pulverulente e, per contro, in considerazione della variabilità della loro efficacia in funzione dell'accuratezza con la quale queste sono poste in essere, si ritiene sia necessario procedere ad una campagna di monitoraggio in tutti in quei casi in cui all'intorno delle aree di cantiere siano presenti gruppi di ricettori.

Per quanto in ultimo riguarda il traffico indotto dalle attività di cantierizzazione (movimentazione delle terre di scavo e trasporto delle materie prime), l'analisi emissiva ha evidenziato come dette attività determinino un incremento emissivo, rispetto alla situazione attuale relativa agli archi interessati da detti flussi, che mediamente è pari al 0,67% e 0,56%, rispettivamente per NO₂ e per PM₁₀. A tale riguardo occorre ricordare che i flussi di traffico considerati, oltre ad essere bidirezionali, sono rappresentativi di una ipotetica ed irrealizzabile condizione, in quanto relativi allo scenario di totale contemporaneità di tutte le attività di realizzazione delle infrastrutture autostradali.

Tale risultato consente di valutare trascurabile l'impatto derivante da detta attività.

2.4.2 Le attività di realizzazione dell'opera a mare

Per l'opera a mare le emissioni in atmosfera sono state valutate mediante il modello COPERT.

In particolare è stata considerata la fase di realizzazione della conterminazione in quanto questa fase è la più gravosa in termini di tipologia e quantità di mezzi operanti. In via cautelativa nelle valutazioni condotte è stato considerato che tutti i mezzi previsti operino in contemporanea per l'intera estensione temporale delle attività, pari a 41 mesi. A ciascuna tipologia di mezzi sono state assegnate le classi di anzianità contenute nel modello COPERT, considerando standard legislativi non recenti al fine di enfatizzare i fattori emissivi.

La fase di realizzazione finita dell'opera non è stata invece considerata in quanto non comporterà variazioni apprezzabili del numero di mezzi navali circolanti rispetto alla situazione attuale.

Dall'analisi emerge che le emissioni in atmosfera corrispondono a percentuali molto basse rispetto a quanto si verifica nello stato attuale ed in particolare alle emissioni indotte dal traffico aereo, che è la sorgente prossima all'area di intervento.

In virtù di tali risultati e considerando il carattere temporaneo delle attività in esame e il rapido ricambio d'aria cui l'area di intervento è soggetta, l'impatto per la realizzazione della nuova opera a mare è da valutare come trascurabile.

3 AMBIENTE IDRICO – ACQUE SUPERFICIALI

3.1 TEMI E METODOLOGIA DI LAVORO

3.1.1 I temi

In ragione della logica di lavoro illustrata nel capitolo introduttivo, le opere oggetto del Quadro di riferimento ambientale dello SIA del progetto di Cantierizzazione (Macrotemi) sono rappresentate dalle Infrastrutture autostradali, colte nella dimensione realizzativa, e dalle Opere connesse di cantierizzazione, locuzione con la quale si è inteso individuare l'insieme delle opere finalizzate alla realizzazione delle infrastrutture autostradali, la necessità delle quali origina dalle complessità esecutive e dalle scelte progettuali operate ai fini di limitare gli effetti negativi prodotti dalla fase realizzativa.

Muovendo da tali Macrotemi, attraverso la loro scomposizione si è giunti all'identificazione dei Temi di Quadro Ambientale, ossia di quei Temi di riferimento che risultano essere rilevanti in funzione delle finalità a detto Quadro assegnate dal DPCM 27.12.1988 (cfr. Tabella 3-1).

Tabella 3-1 Temi di riferimento (Temi di Quadro)

Opere	Macrotemi	Temi di riferimento	Temi di Quadro
Infrastrutture autostradali	• Opera come realizzazione	• Attività costruttive	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Costruzione dei viadotti ▪ Scavo e costruzione delle gallerie <ul style="list-style-type: none"> – Scavo meccanizzato – Scavo in tradizionale ▪ Movimentazione delle terre di scavo delle gallerie ▪ Gestione delle terre di scavo delle gallerie ▪ Approvvigionamento di materie prime
			<ul style="list-style-type: none"> • Aree a servizio della cantierizzazione <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aree cantieri industriali ▪ Aree cantieri di imbocco ▪ Aree campi base ▪ Itinerari di cantierizzazione ▪ Piste di cantiere
Opere connesse di cantierizzazione	• Opera come manufatto	• Opere a carattere temporaneo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Slurrydotto ▪ Pista di montaggio frese
		• Opere a carattere definitivo	Opera a mare
	• Opera come realizzazione	<ul style="list-style-type: none"> • Attività costruttive <ul style="list-style-type: none"> ▪ Confinamento del Canale di Calma ▪ Chiusura dell'opera a mare ▪ Approvvigionamento delle materie • Aree a servizio della cantierizzazione <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aree di cantiere ▪ Itinerari di cantierizzazione 	
• Opera come esercizio	• Funzionamento	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Movimentazione dello slurry lungo lo slurrydotto ▪ Riempimento progressivo dell'opera a mare 	

Sempre seguendo la metodologia di lavoro illustrata nel citato capitolo iniziale, il successivo passaggio metodologico è consistito nella selezione di quei Temi di riferimento che, tra quelli oggetto del presente Quadro, presentavano aspetti di rilevanza rispetto ai fini della componente di volta in volta indagata.

Detti temi, identificati con il termine "Temi di Componente", sono stati di volta in volta individuati verificando se rispetto ai singoli elementi progettuali considerati era possibile definire un legame causa – effetto che fosse rilevante rispetto alle specifiche finalità alle quali è preposto lo studio di ciascuna delle componenti ambientali.

In altri termini, tale ultimo passaggio è stato condotto ricostruendo il nesso di causalità intercorrente tra le Azioni di progetto associate a ciascuno dei temi di riferimento del Quadro ambientale, i fattori causali e gli impatti potenziali conseguenti.

Entrando nel merito degli esiti ai quali detto processo ha condotto nel caso della componente Ambiente idrico, i temi per i quali si configura un nesso di causalità sono ascrivibili alle seguenti attività:

- Presenza di aree di cantiere e della pista fresa in corrispondenza dell'alveo;
- Presenza delle aree di cantiere;
- Realizzazione dei viadotti;
- Realizzazione dell'opera a mare;
- Conferimento dello slurry all'interno dell'opera a mare.

In ragione di tali azioni, i fattori causali ed i relativi impatti potenziali presi in esame, costitutivi i temi specifici della componente in esame, possono essere sintetizzati nei seguenti termini (cfr. Tabella 3-2).

Tabella 3-2 Azioni di progetto, fattori causali ed impatti potenziali

Azioni di progetto	Fattori causali	Impatti potenziali
Presenza delle aree di cantiere e della pista frese in alveo	Restringimento della sezione dell'alveo	Modificazione delle condizioni di deflusso delle acque superficiali
Presenza delle aree di cantiere	Modificazione della morfologia Produzione di acque	Modificazione delle condizioni di deflusso delle acque di versante Modificazione dei parametri chimico-fisici delle acque superficiali
Realizzazione di viadotti	Restringimento della sezione dell'alveo	Modificazione delle condizioni di deflusso delle acque superficiali
Realizzazione dell'opera a mare	Restringimento del canale di calma Produzione e movimentazione di sedimenti	Modificazione dei parametri idrodinamici del canale di calma Modificazione del trasporto solido nel canale di calma Modificazione dei parametri chimico-fisici delle acque marine nel canale di calma
Conferimento dello slurry nell'opera a mare	Produzione di sedimenti	Modificazione dei parametri chimico-fisici delle acque marine nel canale di calma

3.1.2 La metodologia

3.1.2.1 Le attività di realizzazione delle infrastrutture autostradali

La metodologia di lavoro adottata per l'analisi delle attività di realizzazione delle infrastrutture autostradali, analogamente a quanto effettuato per il progetto infrastrutturale, ha previsto attività connesse alle acque interne superficiali:

- caratterizzazione dell'ambiente idrico superficiale del territorio ligure interessato dal progetto;
- analisi delle interferenze dell'opera in progetto con l'ambiente idrico superficiale.

La caratterizzazione dell'ambiente idrico superficiale si basa principalmente sulla raccolta ed analisi delle informazioni inerenti l'assetto idrogeologico e lo stato ambientale del territorio, riportate:

- nei Piani di Bacino Stralcio (PBS) redatti tra il 1998 e il 2003 dalla Provincia di Genova – Direzione Pianificazione Generale e di Bacino;
- nel Piano di Tutela delle Acque (PTA) redatto dalla Regione Liguria del 2010;
- nella Relazione sullo stato dell'ambiente redatta nel 2006, 2007 e 2009 dalla Regione Liguria e dall'ARPAL;
- nel Piano di Bacino stralcio sul bilancio Idrico (PBBI) redatto nel 2009 dalla Provincia di Genova ai sensi dell'art.91 della L.R. 18/99. Il Piano riguarda i bacini classificati come significativi dalla DGR n. 1705/2003 e scolanti nel Mar Ligure;
- nello Studio sul bilancio Idrico (SBI) redatto nel 2009 dalla Provincia di Genova che riguarda i bacini classificati come non significativi dalla DGR n. 1705/2003.

Relativamente alla qualità delle acque superficiali i dati istituzionali sono assai scarsi vista la carenza/assenza di stazioni di monitoraggio.

Per supplire a tali carenze conoscitive nell'ambito della redazione del progetto preliminare e del progetto definitivo sono state condotte alcune campagne di indagini sperimentali per analizzare lo stato ambientale dei corsi d'acqua ricadenti nell'ambito dell'intervento, con analisi chimiche e la stima dell'Indice di Funzionalità Fluviale (IFF).

L'analisi delle interferenze tra l'opera e l'ambiente idrico superficiale ha mosso i suoi passi dalla lettura critica della relazione idrologica e idraulica di progetto, nonché dallo studio degli elementi caratteristici dello stesso, quali le planimetrie del tracciato, le piante e i prospetti delle opere d'arte, e dal confronto di tali elaborati con quelli dei Piani di bacino stralcio sul rischio idrogeologico e dei Piani di bacino stralcio sul bilancio idrico.

3.1.2.2 L'opera a mare

3.1.2.2.1 Introduzione

Lo studio degli effetti indotti dalla realizzazione e dalla presenza dell'opera a mare richiede di rappresentare il comportamento del sistema acquatico in cui viene realizzata l'opera, con un livello di dettaglio che consenta di individuare le principali modifiche indotte dalla costruzione e dalla presenza dell'opera.

Per ottenere ciò, è stato utilizzato un sistema integrato di modelli matematici in grado di rappresentare non solo la zona di progetto ma anche una parte più ampia della fascia costiera, che influenza le condizioni idrodinamiche e dispersive locali.

Come è noto, le condizioni meteo marine locali (onde, correnti, livelli) determinano gli scambi fra il canale di calma e le zone circostanti, la dispersione di eventuali inquinanti presenti e possono influenzare gli usi attuali (essenzialmente la navigazione); dal momento che la presenza dell'opera a mare modifica la geometria del canale di calma, diventa importante considerare se e come questo influenzi la propagazione del mare, le correnti locali ed in generale lo scambio delle acque con le altre aree portuali e la zona costiera antistante.

Per quanto attiene alle caratteristiche di qualità delle acque, durante la realizzazione dell'opera verranno movimentate grosse quantità di materiali e scaricati elevati volumi di acque man mano che si procederà con l'imbonimento dei fondali; tutto ciò potrebbe avere ripercussioni sulle caratteristiche attuali delle acque nella zona di progetto.

Inoltre, occorre valutare anche gli apporti di acque dolci in prossimità del canale di calma, che potrebbero influenzare la qualità delle acque e la morfologia del canale stesso. L'effetto sulla qualità dipende dalla tipologia e concentrazione degli inquinanti presenti in fase disciolta o adsorbiti al particolato sospeso; l'effetto sulla morfologia è legato all'erosione e risospensione dei sedimenti di fondo, ovvero alla sedimentazione dei solidi presenti in sospensione nelle acque dei corsi d'acqua, specialmente durante gli eventi estremi.

Va anche valutato un possibile effetto indiretto sulla qualità acque, a valle della realizzazione della colmata, come conseguenza della mutata geometria del canale stesso. Con riferimento agli usi, il tema viene trattato nell'ambito della componente SUOLO; in questa sede si sono valutate solo le variazioni indotte al moto ondoso e gli effetti sulla navigazione nel canale di calma.

La metodologia di lavoro adottata ha pertanto previsto le seguenti attività:

- utilizzo di un sistema integrato di modelli matematici;
- identificazione delle forzanti esterne (onde di marea, vento, correnti litoranee, scarichi di corsi d'acqua naturali e artificiali);
- analisi degli effetti (idrodinamici e di qualità) indotti dalla realizzazione e dalla presenza dell'opera a mare (confronto scenario attuale e scenario di progetto, con individuazione di possibili interventi di mitigazione).

I modelli matematici sono fra loro interconnessi, così che l'output di un modello rappresenta l'input per un altro; in questo modo è possibile rappresentare tutti gli aspetti di maggior interesse per la valutazione del sistema: le condizioni idrodinamiche, i fenomeni dispersivi, le variazioni morfologiche e le modifiche dello stato di qualità.

Il modello principale è il modello idrodinamico, cui sono collegati il modello dispersivo, il modello di trasporto dei sedimenti (che simula i fenomeni erosivi/di sedimentazione a breve/medio periodo), il modello morfologico (che simula l'evoluzione morfologica a lungo periodo) ed il modello di qualità, con il quale è possibile studiare sia i processi legati alla cinetica dell'ossigeno (produzione primaria, ciclo del detrito ecc.) sia l'evoluzione di sostanze tossiche, considerandole sia in modo conservativo che applicando cinetiche di degradazione.

Nel seguito il sistema integrato di modelli viene brevemente descritto e viene evidenziato il modo in cui è stato applicato al caso in esame. L'esame delle informazioni disponibili ha evidenziato che i dati erano sufficienti per la calibrazione del solo modello idrodinamico

(ma non per la sua validazione); ciò ha suggerito di adottare un approccio parametrico per quanto attiene agli aspetti di trasporto solido e qualità, limitando l'analisi alla verifica delle modifiche indotte dalla presenza dell'opera (quindi evidenziando le tendenze all'aumento o alla diminuzione di alcuni parametri chiave), senza tentare di riprodurre le condizioni reali. Per alcuni aspetti, si è adottato un approccio diverso, ricorrendo a modelli zero dimensionali che fornissero almeno l'ordine di grandezza delle variazioni indotte.

3.1.2.2.2 Il modello idrodinamico e dispersivo

Lo studio idrodinamico di un'area protetta come un porto richiede sempre una grande attenzione per quanto riguarda il ricambio delle masse d'acqua nelle diverse condizioni meteo-marine che possono presentarsi.

A differenza di altri fenomeni, come ad esempio lo studio del moto ondoso, lo studio delle correnti richiede una grande attenzione agli effetti prodotti dalle singole forzanti esterne in quanto anche piccole variazioni possono indurre conseguenze di una certa rilevanza.

Sulla base di queste considerazioni, il metodo di analisi da adottare deve prevedere:

- la predisposizione di uno strumento di analisi, usualmente uno o più modelli matematici tra loro interconnessi, che siano in grado di rappresentare con sufficiente dettaglio la zona di studio ed i fenomeni connessi all'idrodinamica locale;
- una definizione, la più possibile dettagliata, sia da un punto di vista qualitativo che quantitativo, delle forzanti esterne che determinano il comportamento idrodinamico e dispersivo del sito;
- identificare il comportamento idrodinamico del sistema nella configurazione attuale e, quindi, confrontarlo con quello che si verrà ad instaurare in seguito alla realizzazione degli interventi previsti al fine di valutarne le principali modifiche e, nel caso le stesse fossero da considerare non accettabili, identificare i possibili interventi di mitigazione e valutarne gli effetti.

Anche per il presente studio si è ritenuto di applicare questo metodo, peraltro collaudato ed accettato a livello generale.

Le attività che sono state svolte sono:

- messa a punto del modello matematico idrodinamico e dispersivo per l'area del porto di Genova, limitatamente, data l'estensione, all'area direttamente interessata dal canale di calma (Figura 3-1)
- Identificazione e quantificazione delle forzanti esterne, che, in generale, possono essere identificate con:
 - Onde di marea
 - Vento
 - Correnti litoranee
 - Scarichi di corsi d'acqua naturali o artificiali
- Simulazione dello scenario attuale e di quello con interventi al fine di identificare gli effetti sull'idrodinamica locale e, eventualmente, identificare e valutare possibili interventi di mitigazione.



Figura 3-1 Immagine da satellite dell'area di interesse

3.1.2.2.3 Il modello idrodinamico a maglia curvilinea del porto di Genova in prossimità dell'aeroporto

Per le analisi eseguite nel presente studio è stato utilizzato un modello matematico a maglia curvilinea con una risoluzione planimetrica adeguata ai fenomeni oggetto di studio (idrodinamica locale e dispersione di traccianti conservativi).

Il modello adottato, 3D-FLOW, è stato sviluppato dal laboratorio idraulico olandese WL|Delft Hydraulics (ora Deltares) ed è stato testato e continuamente aggiornato per rispondere alle diverse richieste.

Questo modello idrodinamico e dispersivo simula flussi e fenomeni di trasporto indotti dal regime mareale o da particolari situazioni meteorologiche in regime di moto vario, sia con schematizzazioni bidimensionali che tridimensionali, compresi gli effetti delle differenze di densità dovute a temperature non uniformi o alla distribuzione di salinità.

Le equazioni del moto, risolte con uno schema numerico incondizionatamente implicito alle differenze finite, vengono applicate lungo una griglia curvilinea che permette, per questa sua caratteristica, di seguire bene le variazioni batimetriche del fondale, adottando elementi di dimensioni ridotte nelle zone di maggiore interesse ed elementi di maggiori dimensioni nelle aree in cui non esistano apprezzabili variazioni geometriche.

Il modello include algoritmi che tengono conto dei seguenti fenomeni fisici:

- Gradienti della superficie libera (effetti barotropici)
- Effetti della rotazione terrestre (forza di Coriolis)
- Acqua con densità variabile (equazioni di stato)
- Gradienti orizzontali di densità (effetti baroclinici)
- Turbolenza indotta dai flussi (turbolenza di massa e di quantità di moto – modello di chiusura della turbolenza)
- Trasporto del sale e di altre sostanze conservative - scambio di calore

- Forzante dovuta all'oscillazione mareale al contorno libero
- Sforzo tangenziale sulla superficie liquida dovuto al vento, variabile nello spazio e nel tempo
- Sforzo tangenziale sul fondo variabile nello spazio
- Pressione atmosferica sulla superficie liquida, variabile nello spazio e nel tempo
- Processo di allagamento ed emersione dei bassifondi soggetti a marea
- Scambio di calore attraverso la superficie libera
- Processi di pioggia ed evaporazione
- Forze generate dalla marea
- Effetti di flussi secondari nelle equazioni della quantità di moto nel caso bidimensionale e scabrezza laterale lungo i muri verticali
- Influenza delle onde sulla scabrezza di fondo (2D e 3D), sforzi indotti dalle onde e flussi di massa (solo nel caso bidimensionale) attraverso strutture idrauliche.

Il modello risolve le equazioni di moto vario in due (valori medi sulla profondità) o in tre dimensioni, considerando un sistema costituito dalle equazioni orizzontali del moto, dall'equazione di continuità e dalle equazioni di trasporto.

Per completezza vengono riportate le equazioni fondamentali, mentre per ulteriori approfondimenti si rimanda alla descrizione concettuale del modello riportata nella documentazione ufficiale edita a cura del laboratorio di Idraulica di Delft (Olanda).

L'equazione di continuità (mediata sulla profondità) in coordinate curvilinee ortogonali lungo il piano orizzontale è la seguente:

$$\frac{\partial(\zeta)}{\partial t} + \frac{1}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}} \left\{ \frac{\partial[\sqrt{G_{\eta\eta}}(d+\zeta)u]}{\partial\xi} + \frac{\partial[\sqrt{G_{\xi\xi}}(d+\zeta)v]}{\partial\eta} \right\} = Q$$

Con Q che rappresenta la quantità sorgente per unità di superficie dovuta a scarichi o prelievi d'acqua, precipitazione e evaporazione.

Le equazioni della quantità di moto nelle direzioni ξ e η sono le seguenti:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{u}{\sqrt{G_{\xi\xi}}} \frac{\partial u}{\partial\xi} + \frac{v}{\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial u}{\partial\eta} + \frac{\omega}{d+\zeta} \frac{\partial u}{\partial\sigma} + \frac{uv}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial\sqrt{G_{\xi\xi}}}{\partial\eta} + \\ - \frac{v^2}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial\sqrt{G_{\eta\eta}}}{\partial\zeta} - fv = - \frac{1}{\rho\sqrt{G_{\xi\xi}}} P_\xi + F_\xi + \frac{1}{(d+\zeta)^2} \frac{\partial}{\partial\sigma} \left(v \frac{\partial u}{\partial\sigma} \right) + M_\xi \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{u}{\sqrt{G_{\xi\xi}}} \frac{\partial v}{\partial\xi} + \frac{v}{\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial v}{\partial\eta} + \frac{\omega}{d+\zeta} \frac{\partial v}{\partial\sigma} + \frac{uv}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial\sqrt{G_{\eta\eta}}}{\partial\xi} + \\ - \frac{u^2}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial\sqrt{G_{\xi\xi}}}{\partial\eta} - fu = - \frac{1}{\rho\sqrt{G_{\eta\eta}}} P_\eta + F_\eta + \frac{1}{(d+\zeta)^2} \frac{\partial}{\partial\sigma} \left(v \frac{\partial v}{\partial\sigma} \right) + M_\eta \end{aligned}$$

dove:

- ξ, η = coordinate curvilinee orizzontali [m]
- ζ = livello del pelo libero sopra il piano di riferimento [m]
- d = profondità [m]
- σ = coordinate verticali scalate, valutate come funzione della profondità e del livello del pelo libero(d, ζ)
- u, v = componenti orizzontali della velocità [m/s]
- ω = componente nel sistema σ delle velocità nella direzione σ [m/s]
- $\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}$ = coefficienti per trasformare coordinate curvilinee in coordinate rettangolari [m]
- P_ξ, P_η = gradiente pressione orizzontale nelle direzioni ξ e η
- F_ξ, F_η = "tensioni tangenziali" di Reynolds

L'effetto della variazione di densità è considerato solo nel termine del gradiente di pressione orizzontale, P_ξ e P_η (approssimazione di Boussinesq).

La profondità è assunta molto minore della scala delle lunghezze orizzontali e quindi si può ritenere valida l'approssimazione che usualmente si utilizza per "acque basse" per la quale l'equazione della quantità di moto verticale si riduce alla relazione della pressione idrostatica:

$$\frac{\partial P}{\partial\sigma} = -g\rho H$$

In questo modo si assume che le accelerazioni verticali siano piccole se paragonate all'accelerazione di gravità e possano quindi non essere prese in considerazione.

L'equazione di trasporto è formulata in coordinate curvilinee ortogonali lungo il piano orizzontale e in un sistema di coordinate σ lungo la verticale.

$$\begin{aligned} \frac{\partial(d+\zeta)c}{\partial t} + \frac{1}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}} \left\{ \frac{\partial[\sqrt{G_{\eta\eta}}(d+\zeta)uc]}{\partial\xi} + \frac{\partial[\sqrt{G_{\xi\xi}}(d+\zeta)vc]}{\partial\eta} \right\} + \frac{\partial\omega c}{\partial\sigma} = \\ \frac{d+\zeta}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}} \left\{ \frac{\partial}{\partial\xi} \left[D_H \frac{\sqrt{G_{\eta\eta}}}{\sqrt{G_{\xi\xi}}} \frac{\partial c}{\partial\xi} \right] + \frac{\partial}{\partial\eta} \left[D_H \frac{\sqrt{G_{\xi\xi}}}{\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial c}{\partial\eta} \right] \right\} + \\ \frac{1}{d+\zeta} \frac{\partial}{\partial\sigma} \left[D_v \frac{\partial c}{\partial\sigma} \right] - \lambda_d (d+\zeta)c + S \end{aligned}$$

con λ_d che rappresenta il processo di decadimento del primo ordine e S la quantità sorgente per unità di superficie dovuta a scarichi o prelievi d'acqua.

Dove:

- ξ, η = coordinate curvilinee orizzontali [m]
- σ = coordinate verticali scalate valutate come funzione della profondità e del livello del pelo libero(d, ζ)

$u, v =$ componenti orizzontali della velocità [m/s]

$\omega =$ componente nel sistema σ delle velocità nella direzione \square [m/s]

$\sqrt{G_{\xi\xi}} \sqrt{G_{\eta\eta}} =$ coefficienti per trasformare coordinate curvilinee in coordinate rettangolari [m]

D_H e $D_V =$ coefficienti di dispersione orizzontale e verticale [m²/s]

Poiché nelle simulazioni prese in esame nel presente studio vengono adottati solo traccianti passivi conservativi, il termine che contiene il parametro λ_d non viene considerato.

Il coefficiente di diffusione orizzontale viene usualmente considerato costituito da 3 parti: una parte dovuta alla “turbolenza 2D”, una parte dovuta alla “turbolenza 3D” ed una parte dovuta alla diffusione molecolare.

La parte 2D è associata al rimescolamento dovuto a moti e forze orizzontali che non possono essere risolte dalla maglia orizzontale (sub-grid scale turbulence). La parte 3D si riferisce alla turbolenza tridimensionale ed è legata alla viscosità dinamica che è valutata seguendo il modello di chiusura della turbolenza.

Indicando questi 3 termini con D_{2d} , D_{3d} e D_{mol} , si può dire che:

$$D_H = D_{2d} + D_{3d} + D_{mol}$$

La somma degli ultimi 2 termini costituisce il coefficiente di diffusione verticale:

$$D_V = D_{3d} + D_{mol}$$

Nel caso di simulazioni strettamente bi-dimensionali, l'unico coefficiente di diffusione che rimane è D_H .

Per le simulazioni eseguite nel presente studio, sono state fatte le seguenti assunzioni e semplificazioni:

- l'effetto della curvatura terrestre non è stato considerato e il parametro di Coriolis è stato assunto uniforme;
- considerando la scala delle analisi effettuate, per la simulazione degli sforzi tangenziali la scabrezza laterale lungo i contorni chiusi non è stata presa in considerazione (free slip);
- il flusso attraverso contorni chiusi o attraverso il fondo è stato considerato pari a zero;
- i gradienti di pressione sulla superficie libera (barotropici) non sono stati considerati.

La schematizzazione dell'area di interesse

La predisposizione del modello matematico idrodinamico richiede, come attività preliminare e indispensabile, la definizione della maglia di calcolo, rispetto alla quale tutte le grandezze di interesse verranno poi definite.

Nella Figura 3-2 viene riportata la griglia a maglia curvilinea definita per schematizzare la zona del porto di Genova per la zona di interesse.

Come si può notare la maglia è a risoluzione variabile, con una grande densità di maglie nella zona del porto (Figura 3-4), dove le informazioni devono essere maggiormente dettagliate, e una densità inferiore verso il mare aperto, dove la morfologia della zona è meno variabile e, quindi, viene richiesta una minore precisione locale nella sua descrizione.

La risoluzione della griglia di calcolo in prossimità del canale di calma è di circa 30 m e questo consente di rappresentare con sufficiente dettaglio sia la situazione attuale che quella con gli interventi previsti.

La batimetria associata a tale maglia è riportata in Figura 3-3. Nelle figure seguenti (Figura 3-4 e Figura 3-5) è invece riportato un dettaglio della zona del canale di calma.

I dati batimetrici, interpolati sulla maglia di calcolo, sono stati desunti dalle carte nautiche a diverso dettaglio, integrate, nella zona del porto, dai rilievi batimetrici più recenti, effettuati per sviluppare il progetto dell'opera a mare.

Come noto, nonostante il fondale marino degradi rapidamente a profondità elevate raggiungendo, all'interno del dominio di calcolo, oltre i 100 m di profondità, i processi di interesse sono sostanzialmente limitati all'area del canale di calma, dove le profondità e le velocità dei flussi sono limitate. Per tale motivo si è ritenuto sufficiente adottare una schematizzazione bidimensionale invece di quella tridimensionale che si adotta quando si attende una significativa variazione dei parametri idrodinamici lungo la colonna d'acqua.

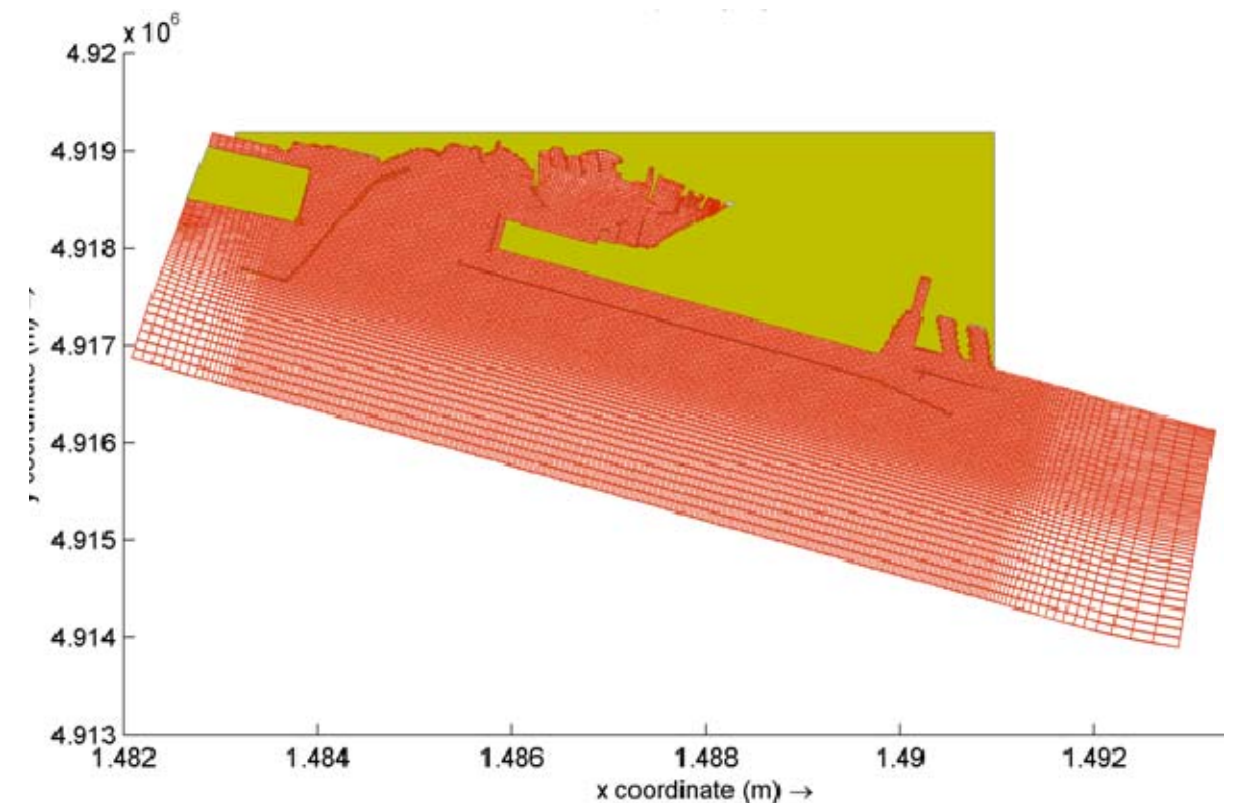


Figura 3-2 Schematizzazione del dominio di calcolo con una griglia a maglia curvilinea

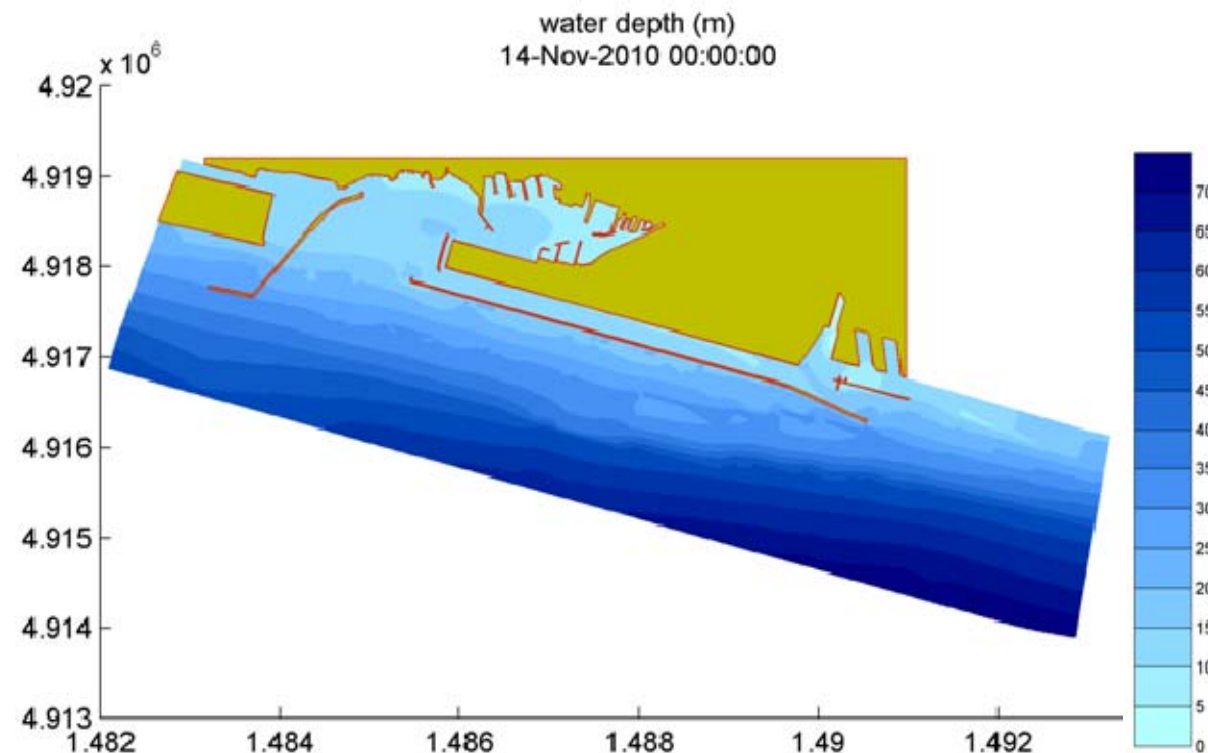


Figura 3-3 Batimetria (m) applicata alla maglia di calcolo della Figura 3-2

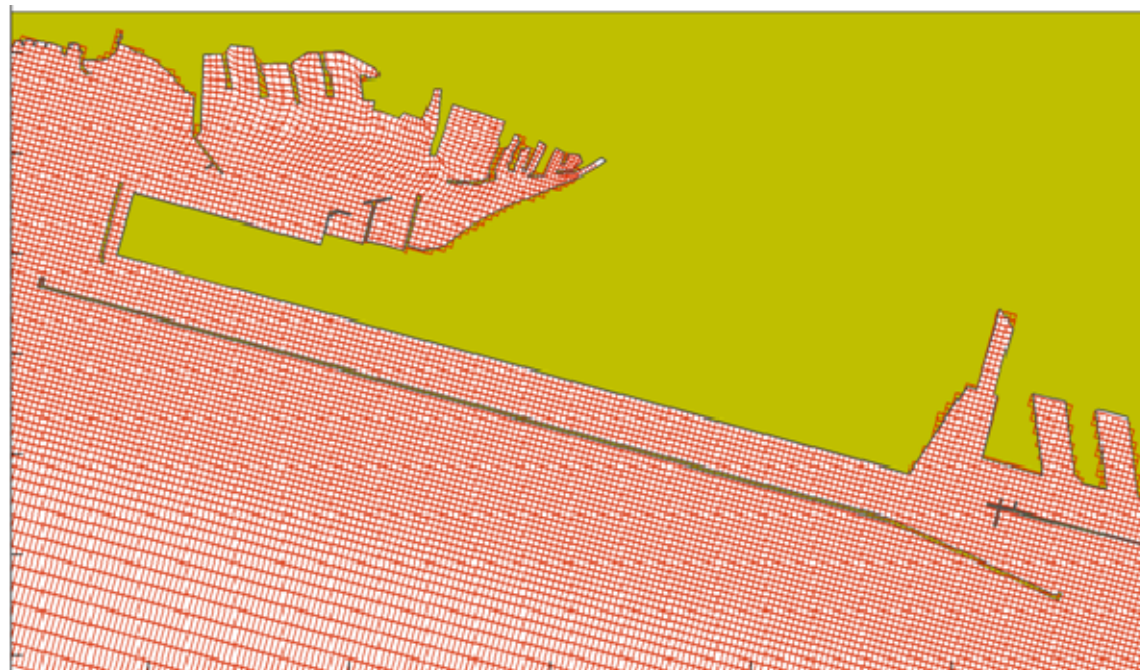


Figura 3-4 Dettaglio della maglia di calcolo nella zona del canale di calma

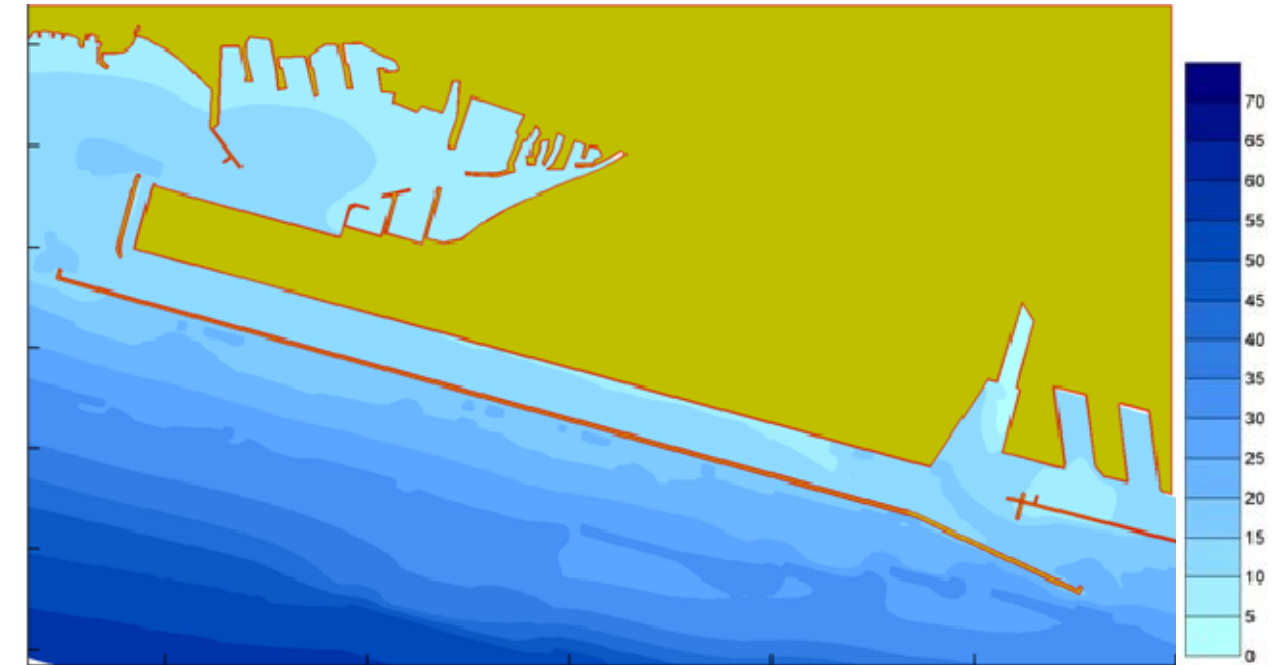


Figura 3-5 Dettaglio della batimetria (m) applicata alla maglia di calcolo di Figura 3-4

3.1.2.2.4 Il modello di qualità

Lo studio dei fenomeni di qualità è stato effettuato con il modello Wasp 7.3 (Water Quality Analysis Simulation Program)⁸ sviluppato da US EPA (US Environmental Protection Agency).

WASP è un modello che può essere utilizzato per studiare differenti problemi di qualità delle acque in ambienti diversi quali fiumi, laghi, estuari, acque costiere ecc.

Le equazioni del modello si basano sul principio della conservazione della massa. Ciò richiede che la massa di ogni costituente simulato dal modello sia conservata sia nel tempo che nello spazio, tenendo conto di tutti i fenomeni fisici (es. avvezione) chimici (es. ossidazione) e biologici (es. produzione primaria).

WASP è un modello alle differenze finite, che risolve le equazioni di diffusione-avvezione espandendo volumi di controllo infinitesimi in segmenti adiacenti più grandi e specificando i parametri di trasporto, apporto di sostanze e trasformazione.

La maglia del modello è definita da un numero finito di segmenti e dalle loro connessioni e rappresenta la configurazione fisica del corpo d'acqua in studio, tenendo conto delle caratteristiche idrodinamiche e geomorfologiche. Il modello distingue fra segmenti di acqua superficiale, di acqua profonda (non esposta all'atmosfera) e di sedimenti superficiali e profondi.

Il modello calcola la massa e la concentrazione di ogni costituente chimico in ogni segmento e i principali fenomeni di trasporto e reazione; questi comprendono sia i processi relativi alla cinetica dell'ossigeno disciolto, inclusa la produzione primaria ed i fenomeni di crescita algale (modulo EUTRO), sia quelli connessi alla cinetica delle sostanze inquinanti (modulo TOXI).

⁸ Ambrose, B, Jr., T.A. Wool, and J.L. Martin, "The Water Quality Analysis Simulation Program, WASP5; Part A: Model Documentation," U.S. Environmental Protection Agency, Center for Exposure Assessment Modeling, Athens, GA, June, 1993.

La schematizzazione dell'area di interesse

Il sistema modellizzato è quello costituito dall'area che va dalla bocca ovest del canale di calma fino alla bocca est dello stesso canale ossia fino alla banchina Italsider.

I due limiti del modello (boundary) sono dunque costituiti dai due accessi al canale, dalla diga foranea e dalla banchina aeroportuale.

L'area così delimitata è stata suddivisa in 28 celle di cui 12 corrispondono alla futura colmata.

Visto che la variazione batimetrica è trascurabile rispetto alle dimensioni delle celle e alla cinetica dei fenomeni in gioco, a tutte le celle è stata attribuita una profondità media di 13 m.

Non sono state introdotte celle "sedimento".

La griglia di calcolo è evidenziata nella Figura 3-6.

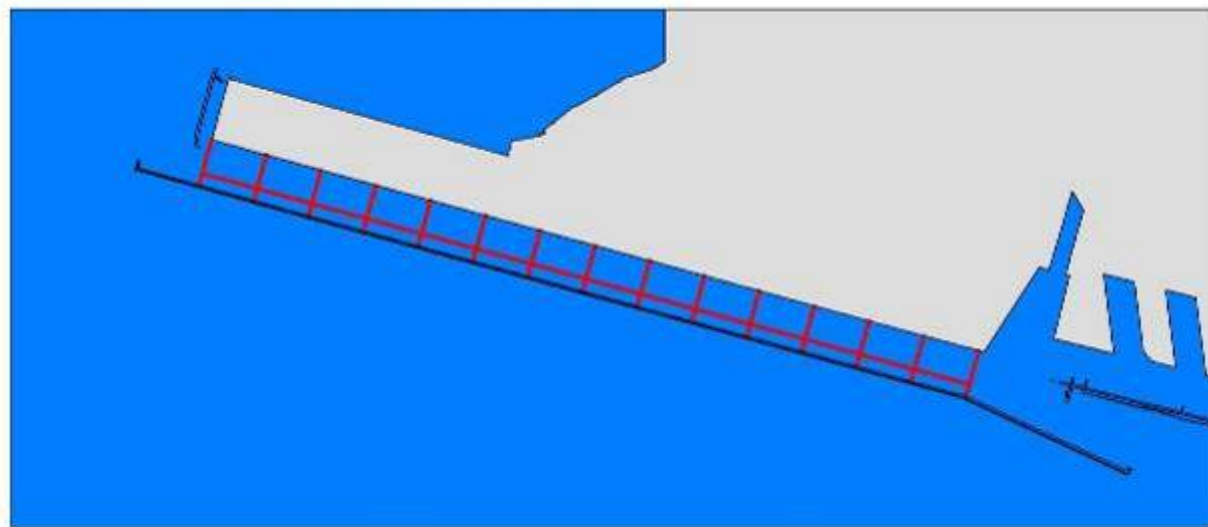


Figura 3-6 Maglia di calcolo utilizzata per lo studio degli aspetti di qualità

3.2 QUADRO CONOSCITIVO

3.2.1 Le acque interne superficiali

Lo stato attuale delle acque interne superficiali è stato qualificato tramite l'analisi dei seguenti dati:

- Caratteristiche geomorfologiche dei corsi d'acqua;
- Caratteristiche qualitative delle acque.

Per una dettagliata caratterizzazione si rimanda allo SIA del Progetto Infrastrutturale. Nel seguito si riporta una sintesi delle caratteristiche peculiari.

3.2.1.1 Caratteristiche geomorfologiche dei corsi d'acqua

Morfologicamente l'area interessata dall'opera in progetto è caratterizzata da una stretta fascia pianeggiante, parallela alla costa, che passa bruscamente ai rilievi montuosi retrostanti sempre molto acclivi, talora aspri, che raggiungono quote superiori ai 700 metri s.l.m.

Il reticolo idrografico è caratterizzato da torrenti montani, a prevalente andamento nord-sud, con versanti spesso a forte acclività, fondovalle incassati e strette fasce alluvionali. L'unico corso d'acqua con un fondovalle più sviluppato è il Torrente Polcevera, che nell'area di studio risulta regimato e scorre all'interno di argini artificiali.

Il tracciato in progetto si sviluppa attraversando, da ovest ad est, i bacini idrografici dei torrenti Cerusa, Leiro, Branega, San Pietro o Foce, Varenna, Chiaravagna, Polcevera e, marginalmente, Bisagno. Vi è, inoltre, una serie di aree scolanti e bacini di dimensioni minori con corsi d'acqua spesso tombinati nella parte terminale; si tratta di elementi caratterizzati da deflusso in ambiente quasi completamente urbanizzato (quali il rio Secco ed il rio Roncallo).

Le portate di piena valutate dai Piani di Bacino sono riportate in **Tabella 3-3**.

Tabella 3-3 Portate di piena per diversi periodi di ritorno [m3/s]

	T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
Torrente Cerusa (confl. con il R. Gava)	141	216	283
Torrente Cerusa (alla foce)	271	416	544
Torrente Leiro (confl. con il R. Acquasanta)	154	192	220
Torrente Leiro (alla foce)	362	453	521
Torrente San Pietro (alla foce)	79	106	125
Torrente San Pietro (a valle della confl. con il R. Fagaggia)	74	99	117
Torrente San Pietro (a monte della confl. con il R. Fagaggia)	40	54	64
Rio Fagaggia	34	45	53
Torrente Varenna (località Profondo)	260	320	375
Torrente Varenna (a valle della confluenza con il R. Cantalupo)	281	371	435
Torrente Varenna (a monte della confluenza con il R. Cantalupo)	270	332	388
Torrente Chiaravagna (confluenza Bianchetta-Cassinelle)	147	188	215
Torrente Chiaravagna (alla foce)	213	270	307
Torrente Polcevera (a monte della confluenza con il T. Secca)	680	860	960
Torrente Polcevera (a valle della confluenza con il T. Burba)	1265	1622	1847
Torrente Polcevera (a valle della confluenza con il R. Trasta)	1294	1657	1886
Torrente Polcevera (a valle della confluenza con il R. Fagino)	1377	1763	2006
Rio Roncallo	21	31	37
Rio Secco	18	26	32

Il bacino del **Torrente Cerusa** occupa complessivamente circa 24 km². I bacini secondari sono molto più sviluppati in sponda orografica destra che in sinistra. L'andamento dell'asta principale appare fortemente influenzato dall'assetto geologico-strutturale dell'area. Il

bacino è caratterizzato da versanti principali frequentemente interrotti da impluvi minori e da versanti secondari di forma stretta ed allungata.

Il reticolo idrografico è ramificato anche per effetto della sensibile acclività delle pendici nella parte occidentale, che rendono accidentata la morfologia delle aree scolanti. In tale contesto idrografico si distinguono i Rii Gava e Secco, che rappresentano i maggiori tributari di sinistra, e il Rio Asino Morto, affluente principale di destra.

La portate medie mensili stimate per il Torrente Cerusa dal modello Hydro della Regione Liguria variano da un minimo di 0,18 mc/s ad agosto ad un massimo di 1,11 mc/s a novembre. La portata media annua è di 0,78 mc/s

Lo stesso Piano individua come area storicamente inondata del Torrente Cerusa la zona fociva, nel tratto compreso tra il viadotto autostradale e lo sbocco a mare.

Il bacino del **Torrente Leiro** è ubicato a monte dell'abitato di Voltri, a Ovest del capoluogo ligure, e si caratterizza per la presenza di numerose ramificazioni. L'asta principale ha uno sviluppo di circa 11 km e si allunga secondo un orientamento circa Nord-Sud. La direzione di deflusso, praticamente perpendicolare alla costa ligure, raggiunge il mare nel punto più settentrionale del Golfo di Genova, nelle vicinanze dell'abitato di Voltri. I suoi affluenti principali sono il rio Gorsexio, il rio Acquasanta ed il rio Ceresolo, che drenano rispettivamente una superficie di 8.6 km², 17.8 km² e 4.9 km²; un affluente minore è il rio Piccardo.

Le aste dei torrenti Gorsexio, Acquasanta e Ceresolo hanno una lunghezza rispettivamente pari a 6.3 km, 8.7 km e 4.9 km. Lungo i versanti, in alcune zone, soprattutto in corrispondenza di tratti d'alveo in curva, sono stati rilevati fenomeni di erosione. A questi si sono associati locali scalzamenti di materiale lungo le sponde e sul fondo dell'alveo.

Lo stesso Piano individua come aree storicamente inondate del Torrente Leiro le seguenti zone:

- tratto compreso tra il Comune di Mele e lo sbocco a mare;
- località Baiarda, Pezzuolo Crueia e Giardin poste lungo il corso del rio Acquasanta, affluente di sinistra del torrente Leiro.

Il bacino del **Torrente Branega** occupa circa 5 km² sviluppandosi da 881 m s.l.m. (Monte Cuccio) al livello del mare; il corso d'acqua principale ha lunghezza circa 5 km, ed è caratterizzato da una valle molto incisa.

L'asta principale è originata dalla confluenza del Rio Monte Cuccio e del Rio Pian de Figlie, alla quota massima di 881 m s.l.m, lungo le pendici del Monte Cuccio. Tra gli affluenti di destra si ha il rio Fontana Marsa, il rio Rivassa, il rio Anassi Inferiore, il rio Anassi Superiore e il rio del Cuneo.

Le portate medie mensili del corso d'acqua calcolate dal modello Hydro variano da un minimo di 0,03 mc/s ad agosto ad un massimo di 0,19 mc/s a novembre. La portata media annua è di 0,13 mc/s.

Il bacino del **Torrente San Pietro o Foce**, esteso circa 3.6 km² da quota 617 m al livello del mare, è percorso da un reticolo idrografico composto principalmente dal Rio Fagaggia, ad ovest, e dal Rio San Pietro, ad est, entrambi a direzione NNE-SSO e che si uniscono a circa 300 m dalla foce in mare. Il bacino è caratterizzato dalla presenza di numerosi dissesti, per lo più impostati nei livelli superficiali.

Le portate medie mensili del corso d'acqua calcolate dal modello Hydro variano da un minimo di 0,02 mc/s ad agosto ad un massimo di 0,19 mc/s a novembre. La portata media annua è di 0,10 mc/s.

Lo stesso Piano individua come aree storicamente inondate del Torrente San Pietro e del suo affluente T. Fagaggia quelle poste nella zona urbana di fondovalle, in particolare la zona vicina allo sbocco a mare del corso d'acqua, tra Via Prà e Via Bignone.

Il **Torrente Varenna** si sviluppa in direzione nord-sud per circa 9 km sottendendo un bacino idrografico di circa 22 km². Fra gli affluenti di destra si segnalano il Rio Gandolfi, il Rio Taggia ed il Rio Cantalupo, che individuano le immissioni principali. Fra i tributari in sinistra si citano il Rio Dei Corvi, il Rio Lavino, il Rio Poma, il Rio Razzara, tutti caratterizzati da lunghezze ridotte e sottobacini di modesta estensione areale; le piccole incisioni sono spesso caratterizzate da un regime temporaneo di deflusso delle acque.

Le portate medie mensili del corso d'acqua calcolate dal modello Hydro variano da un minimo di 0,15 mc/s ad agosto ad un massimo di 1,23 mc/s a novembre. La portata media annua è di 0,79 mc/s.

Il Piano di bacino individua come aree storicamente inondate quelle interessate dall'alluvione del 23 settembre 1993. Le esondazioni e i dissesti interessarono un ampio tratto dell'asta fluviale e numerose località, elencate di seguito da monte verso valle: strada per Lencisa, Camposilvano, San Carlo di Cese, Carpenara, Chiesino, Novagette, Tre Ponti, Cantalupo, zona urbana vicina alla foce.

Il bacino del **Torrente Chiaravagna**, esteso nell'entroterra di Sestri Ponente per circa 3.5 km e occupante una superficie di circa 11 km², è caratterizzato da una morfologia fortemente influenzata dall'attività antropica: nella parte medio bassa del bacino sono presenti alcune attività di cava, si concentrano numerose strutture produttive ad alta qualificazione tecnologica ed in generale è presente un forte sviluppo urbano; nella parte alta è presente la più grande discarica di rifiuti solidi urbani autorizzata nella Regione; infine nel bacino è anche presente la spianata degli Erzelli, ottenuta attraverso la demolizione della vetta del M. S.Croce.

Il bacino può essere suddiviso in due sottobacini principali, il Chiaravagna ed il Rio Ruscarolo, che confluiscono poco prima della foce; a sua volta il Chiaravagna si suddivide, all'altezza della località Serra, nel Fosso Bianchetta e nel Fosso Cassinelle.

Le portate medie mensili del Torrente Chiaravagna calcolate dal modello Hydro variano da un minimo di 0,01 mc/s ad agosto ad un massimo di 0,77 mc/s a novembre. La portata media annua è di 0,38 mc/s.

Il Piano di bacino individua come aree storicamente inondate quelle poste lungo l'asta del fosso Battisti, dalla località San Giacomo fino alla confluenza con il torrente Chiaravagna, e quelle a valle di tale confluenza fino alla foce, con un'ampia zona allagata, in sinistra idrografica, posta in prossimità del mare.

Il bacino del **Torrente Polcevera** è esteso per circa 140 km² da quota 1113 m (Monte Taccone) fino alla foce situata in mare presso Cornigliano; l'asta principale è lunga circa 20 km. Il Torrente Polcevera trae origine dalla confluenza del torrente Verde con il torrente Riccò, nei pressi di Pontedecimo; gli affluenti in sinistra idrografica sono il torrente Secca, che confluisce nel Polcevera in prossimità di Bolzaneto, il Geminiano e il Torbella; gli affluenti in sponda destra sono i torrenti Burba, Trasta e Fegino. Il reticolo idrografico del Polcevera e dei maggiori affluenti è fortemente condizionato dall'assetto strutturale, le cui

direttrici principali sono disposte secondo direzioni N-S. La piana alluvionale di fondovalle si estende per una lunghezza di circa 7.5 km, occupando una superficie di 5 km². I sedimenti di cui è composta hanno spessori crescenti verso mare passando da pochi metri in corrispondenza di Pontedecimo, fino a circa 50 m nella zona della foce. Sulla prosecuzione a mare del Polcevera si trova un canyon sottomarino formatosi per fenomeni erosivi dovuti all'eccesso di sedimento trasportato. Gli effetti dell'antropizzazione nel bacino del Torrente Polcevera si osservano lungo i versanti, spesso oggetto in passato di attività agricole e pastorali, e soprattutto nei fondovalle, dove il crescente sviluppo degli insediamenti industriali e delle infrastrutture viarie è avvenuto lungo le aste dei corsi d'acqua a discapito degli alvei. A causa dell'elevato grado di antropizzazione raramente sono riconoscibili significative forme di evoluzione fluviale.

Le portate medie mensili del Torrente Polcevera calcolate dal modello Hydro variano da un minimo di 1,49 mc/s ad agosto ad un massimo di 6,94 mc/s a dicembre. La portata media annua è di 4,81 mc/s.

Le aree storicamente inondate perimetrate nel Piano di bacino sono principalmente poste lungo i corsi d'acqua tributari (Rio Paigno, Rio Burla, Torrente Secca, Rio Goresina, Torrente Torbella, Rio Maltempo), nei tratti immediatamente a monte della loro confluenza con il Polcevera. Lungo il corso principale le aree inondate sono concentrate tra Bolzaneto e lo sbocco a mare, dove sono particolarmente estese in sinistra idrografica.

Oltre al torrente Polcevera, anche il Rio Roncallo ed il Rio Secco sfociano in prossimità dell'opera a mare (cfr. Figura 3-7), che presentano portate massime annue limitate, stimabili in qualche metro cubo al secondo, che però sono decisamente elevate se paragonate all'estensione esigua dei relativi bacini imbriferi.

Il **Rio Secco** drena una superficie complessiva pari a 0,59 km² alla foce (esclusa la zona di riempimento portuale). Esso ha origine alle spalle dell'abitato di Cornigliano, a quota 125 m s.l.m. circa. Dopo un percorso di circa 1,75 km in direzione N-S, il rio confluisce in un collettore principale al di sotto dell'area dell'aeroporto.

Il bacino del rio Secco è delimitato a occidente dello spartiacque con il bacino del torrente Chiaravagna ed a levante dallo spartiacque con il bacino del rio Roncallo.

La pendenza media dell'asta è inferiore al 10%.

Il bacino è caratterizzato da una geometria stretta ed allungata con pendenze dei versanti mediamente elevate (30-50%). Il fondo del bacino è essenzialmente occupato da infrastrutture autostradali. Il rio, ad esclusione dei primi 300 m, scorre completamente tombinato al di sotto dei riempimenti realizzati a servizio degli svincoli autostradali.

Il **Rio Roncallo** drena una superficie complessiva pari a 0,64 km² alla foce (esclusa la zona di riempimento portuale).

Esso ha origine alle spalle dell'abitato di Cornigliano, in località San Pietro, a quota 135 m s.l.m. circa. Dopo un percorso di circa 1,6 km in direzione N-S, confluisce nel collettore "Italsider", parallelo alla linea ferroviaria e che sfocia in mare al di sotto dell'area aeroportuale.

Il bacino del rio Roncallo è delimitato a occidente dallo spartiacque con il bacino del Secco, a settentrione ed a levante dallo spartiacque con il bacino del torrente Polcevera.

La pendenza media dell'asta principale è pari a circa l'8%.

La pendenza media dei versanti è modesta e pari al 15% circa. Raramente si riscontrano pendenze superiori al 35%, mentre decisamente più diffuse sono le aree con pendenze inferiori al 20%.

Il bacino è caratterizzato da una forte urbanizzazione fino a quota 50 m s.l.m.

Nel tratto compreso tra quota 65 m s.l.m. fino alla confluenza con il collettore, il corso d'acqua si presenta totalmente tombinato.

In corrispondenza della confluenza col rio Calone (affluente di destra del rio Roncallo), il rio si presenta tombinato con una sezione rettangolare di larghezza pari a 3 m e altezza pari a 1,75 m.

Si passa quindi, in corrispondenza di piazza Rizzoli, ad una sezione ad arco di larghezza pari a 2 m e altezza pari a 2,1 m.

Il tombino nel tratto compreso tra via Capo d'Istria e il tracciato ferroviario è a sezione ad arco di larghezza pari a 1,7 m e altezza pari a 2,1 m.

Il tronco successivo, fino alla confluenza col collettore costiero dell'Italsider, ha sezione ad arco di larghezza pari a 2,3 m e altezza pari a 1,5 m.



Figura 3-7 Corsi d'acqua che sfociano in prossimità dell'opera a mare

3.2.1.2 Qualità delle acque

Per la caratterizzazione della qualità delle acque nell'area di studio sono stati analizzati i dati rilevati dalle stazioni di monitoraggio presenti sul Torrente Cerusa, sul Torrente Chiaravagna, sul Torrente Polcevera e sul Torrente Bisagno e i risultati delle indagini sperimentali effettuate. Nel seguito si riportano esclusivamente i dati di interesse per la valutazione della potenziale interferenza dell'opera a mare (ossia quelli rilevati da una stazione di monitoraggio posta sul torrente Polcevera), mentre si rimanda allo SIA Infrastrutturale per l'analisi degli altri corsi d'acqua.

I dati disponibili sono contenuti negli elaborati del progetto ESTRUS⁹, pubblicato nel 2005, e sono stati raccolti da ARPAL negli anni 2005-2009 nell'ambito delle attività di caratterizzazione dell'ambiente ligure e delle relative relazioni annuali prodotte con la Regione (Relazioni sullo Stato dell'Ambiente in Liguria).

La localizzazione della stazione di campionamento sul torrente Polcevera (codice POPO05, coordinate Gauss-Boaga X:1490480 e Y: 4918094) è riportata nella Figura 3-8.



Figura 3-8 Stazione di campionamento sul T. Polcevera

I dati utilizzati nel progetto ESTRUS, che sono poi una parte dei dati raccolti da ARPAL nel 2005, contengono informazioni sia relative alle caratteristiche chimico-fisiche delle acque sia relative all'Indice Biotico Esteso (IBE). Utilizzando i dati relativi alle caratteristiche chimico-fisiche, è stato calcolato l'indice LIM, che racchiude i risultati ottenuti per ossigeno disciolto, COD, BOD5, azoto ammoniacale, azoto nitrico, fosforo totale, *E. coli*.

È utile ricordare che con l'abrogazione del D.Lgs. 152/99 ad opera del D.Lgs. 152/06 l'indice LIM non è più un parametro considerato dalla normativa; è stato tuttavia presentato in questa sede come elemento in grado di fornire una visione sintetica della qualità delle acque.

L'indice IBE consente, invece, di valutare lo stato qualitativo delle acque attraverso l'utilizzo di bioindicatori quali i macroinvertebrati che popolano il letto del torrente. In Tabella 3-4, oltre al valore per il 2005 degli indici LIM ed IBE, si riporta il valore dell'indice

⁹ ESTRUS (Enhanced and Sustainable Treatment for Urban Stormwater), www.estrus.it. Progetto cofinanziato dalla Comunità Europea, avente finalità di testare l'efficacia e la "sostenibilità" di differenti soluzioni tecniche per la depurazione delle acque di prima pioggia e che vede impegnata, tra gli altri, ARPAL.

SECA (Stato Ecologico del Corso d'Acqua), che esprime lo stato di qualità degli ecosistemi acquatici in base ai valori dell'indice IBE e ai valori di concentrazione dei cosiddetti parametri "macrodescrittori" (indice LIM).

Il livello di qualità delle acque, per tutti gli indici sopracitati, è espresso in cinque classi di qualità, da 1 (elevata) a 5 (pessima).

Tabella 3-4 Qualità delle acque del Torrente Polcevera: indici di qualità (Progetto ESTRUS, 2005)

INDICI DI QUALITÀ	Classi di qualità	Giudizio di qualità
IBE	3	Sufficiente: ambiente alterato
LIM	2	Buono
SECA	3	Sufficiente: ambiente inquinato

I risultati degli indici considerati mostrano un complessivo stato di alterazione delle acque del Polcevera (classe di qualità 3), sebbene lo stato di qualità determinato dai macrodescrittori si attesti su un giudizio di qualità "buono". Ciò può essere dovuto al fatto che l'IBE, rispetto al LIM, è maggiormente sensibile alle pressioni ambientali rappresentate dall'inquinamento, sia di origine metabolica, sia di origine industriale (metalli pesanti ecc.). Inoltre, risente fortemente delle alterazioni di portata, tipici dei corsi d'acqua a carattere torrentizio.

Di seguito (Tabella 3-5 e Tabella 3-6) vengono riportati i valori dei parametri relativi agli anni 2005-2009 (fonte ARPAL; parte dei dati del 2005 sono già stati considerati per il progetto ESTRUS) utili per il calcolo dell'indice LIM, esplicitato in Tabella 3-6.

Tabella 3-5 Valori dei principali macrodescrittori nelle acque del Torrente Polcevera

Anno	N-NH ₄ (mg/l)	N-NO ₃ (mg/l)	P tot (mg/l)	O.D. (% di saturazione)	BOD ₅ (mg/l)	COD (mg/l)	S.S.T. (mg/l)	E. coli (UFC/100 ml)
2005	0,23	0,39	0,08	62	<2,5	1,4	3	29725
2006	1,13	0,53	0,16	69	2,7	6,3	15,7	26750
2007	1,17	0,33	0,14	77	<2,5	1,7	17,9	61250
2008	0,09	1,18	0,06	65	<2,5	0,9	10,1	11988
2009	0,05	1,24	0,03	83	<2,5	1,2	16,3	2643

Tabella 3-6 Indice LIM valutato sulle medie annuali

Anni	Classe	Giudizio di qualità
2005	2	Buono
2006	3	Sufficiente
2007	2	Buono
2008	2	Buono
2009	2	Buono

L'indice LIM si attesta su valori complessivamente "buoni", ad indicare un'assenza di situazioni di compromissione dal punto di vista dei parametri trofici.

In Tabella 3-7, infine, vengono riportate le concentrazioni dei principali metalli pesanti rilevati da ARPAL dal 2005 al 2009; non sono stati riportati i dati sugli inquinanti organici (es.: IPA), in quanto sono di fatto sempre presenti con concentrazioni inferiori ai limiti di rilevanza.

I dati dei metalli pesanti sono stati confrontati con i limiti previsti dal Decreto Ministeriale n. 56 del 14 aprile 2009 che stabilisce "gli standard di qualità nella colonna d'acqua per le

sostanze dell'elenco di priorità” e “gli standard di qualità ambientale nella colonna d'acqua per alcune delle sostanze non appartenenti all'elenco di priorità” (Tabella 3-7).

Tabella 3-7 Concentrazione dei principali metalli pesanti misurati nella stazione di monitoraggio POPO05. Concentrazioni espresse in µg/l

Anno	Cromo totale*	Cadmio	Arsenico*	Mercurio	Nichel	Piombo	Rame	Zinco
D.M. 56/2009	7	0,09	10	0,03	-	7,2	-	-
2005	3,0	0,19	-	-	2,55	1,5	4,68	< 20
2006	3,6	0,24	-	-	1,26	1,15	4	123
2007	2,0	0,3	0,5	< 0,5	< 1,4	< 0,8	4	< 20
2008	4,0	< 0,2	< 0,5	< 0,01	0,53	2	3	57
2009	4,7	0,06	0,5	0,007	0,55	1,17	2,13	8,53

*Non appartenenti all'elenco di sostanze prioritarie.

Superamenti dei livelli limite si sono verificati per cadmio e mercurio, entrambi indice di possibile inquinamento antropico.

Nelle Relazioni sullo Stato dell'Ambiente in Liguria, ARPAL evidenzia come il T. Polcevera sia contraddistinto da una situazione piuttosto compromessa in quanto ricadente in zone litoranee fortemente antropizzate. Tale situazione è prevalentemente attribuibile alla qualità dei sedimenti dell'alveo, a causa degli elevati tenori di IPA, PCB e metalli pesanti, piuttosto che alle caratteristiche di qualità delle acque sopra sintetizzate. Il calcolo dell'indice SACA (Stato Ambientale dei Corsi d'Acqua) effettuato da ARPAL, che unisce i risultati delle analisi sulla colonna d'acqua, sopra sintetizzati, con quelle sul sedimento, mostra una classe di qualità “scadente”.

3.2.2 Le acque marine

Lo stato attuale delle acque marine è stato qualificato tramite l'analisi dei seguenti dati:

- Condizioni meteo marine locali (onde di marea, vento, correnti litoranee, livelli);
- Caratteristiche qualitative delle acque marine (comprehensive di indagini sperimentali).

3.2.2.1 Marea e Livelli

Nel Golfo di Genova l'ampiezza di marea è modesta, come dimostrano i dati mareografici delle stazioni di Genova ed Imperia forniti dal Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale dei Servizi Tecnici Nazionali ora confluiti nell'APAT (Agenzia per l'Ambiente ed il Territorio) per il periodo 1998-2008.

A titolo di esempio si riportano nelle figure seguenti (Figura 3-9 e Figura 3-10) i livelli misurati ad Imperia e Genova nel periodo Agosto 1998 - Novembre 2000.

I valori massimi di marea registrati nel periodo sono pari a +0,5 m per il sito di Genova e a +0,43 m per quello di Imperia. I valori minimi sono, rispettivamente, di -0,33 m e -0,36 m.

Le variazioni del livello marino definiscono un segnale complesso, che può considerarsi il risultato delle interazioni tra due componenti fondamentali: la marea astronomica, di natura periodica e causata dalle forze di attrazione combinate della luna e del sole, e la cosiddetta componente meteorologica, aleatoria e dovuta agli effetti indotti sulla superficie marina dalle variazioni delle condizioni atmosferiche. Con riferimento ai porti marittimi, i fenomeni meteorologici in grado di influenzare il livello del mare sono essenzialmente le

variazioni di pressione atmosferica ed il vento, i cui effetti, in generale, non possono essere identificati separatamente.

Per poter eseguire un'analisi statistica della componente meteorologica del segnale di marea, e fare quindi previsioni di livello legate al tempo di ritorno, le registrazioni di marea sono state elaborate al fine di separare le due componenti astronomica e meteorologica. L'elaborazione è stata effettuata sulla serie storica delle registrazioni disponibili per il mareografo di Genova, relative al periodo 1998 – 2008. I dati hanno formato orario e sono riferiti allo “0” IGM.

La marea meteorologica, $\eta_m(t)$, può essere determinata eliminando dal segnale registrato, $\eta(t)$, le oscillazioni dovute alle componenti di frequenza tipiche della banda diurna della marea astronomica, $\eta_a(t)$. Gli effetti meteorologici, infatti, influenzano largamente le componenti armoniche sub-mareali dello spettro di frequenza del livello marino comprese nella banda limitata dalle componenti mareali diurna e mensile.

Pertanto la componente meteorologica $\eta_m(t)$ è stata determinata applicando al mareogramma rilevato un opportuno filtro orario passa-basso, in grado di trattenere le componenti semidiurna e diurna della marea lasciando passare i contributi associabili a frequenze più basse.

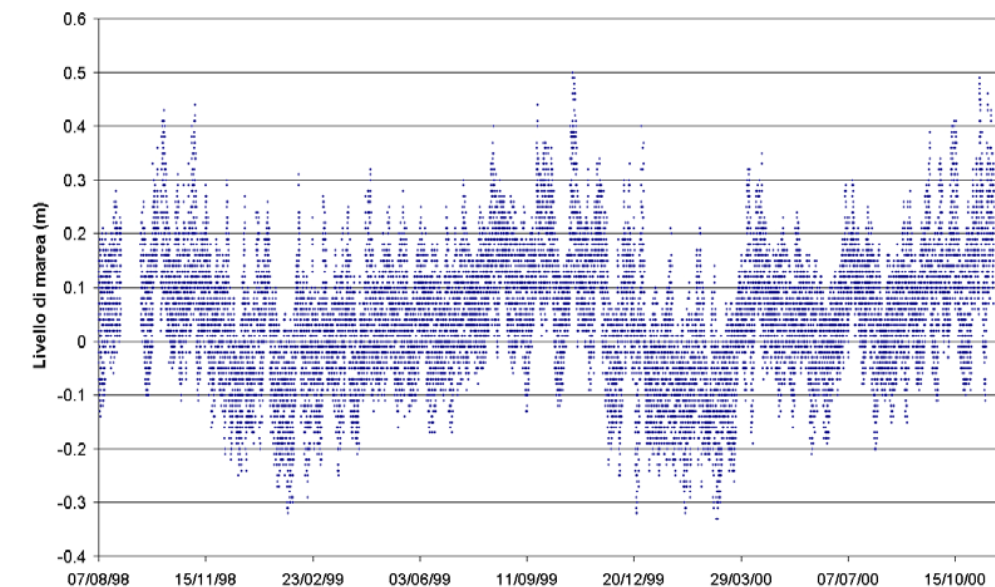


Figura 3-9 Genova: escursioni di marea nel periodo agosto '98-novembre '00

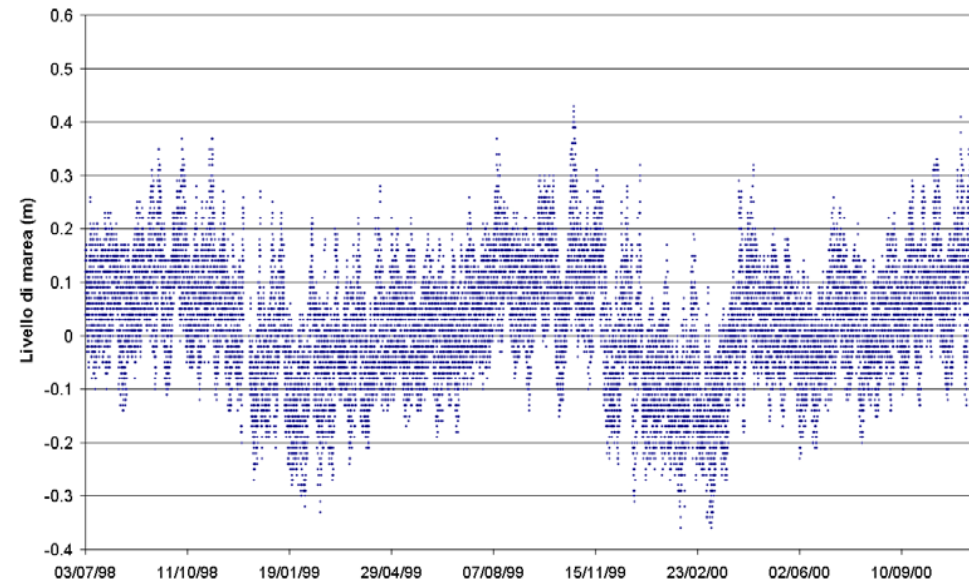


Figura 3-10 Imperia: escursioni di marea nel periodo agosto '98-novembre '00

La marea astronomica è costituita dalla differenza tra il mareogramma registrato e quello residuo ottenuto applicando il filtro passa-basso, ovvero il mareogramma meteorologico. In Figura 3-11 si riporta, a titolo di esempio, il risultato dell'elaborazione per l'anno 2006.

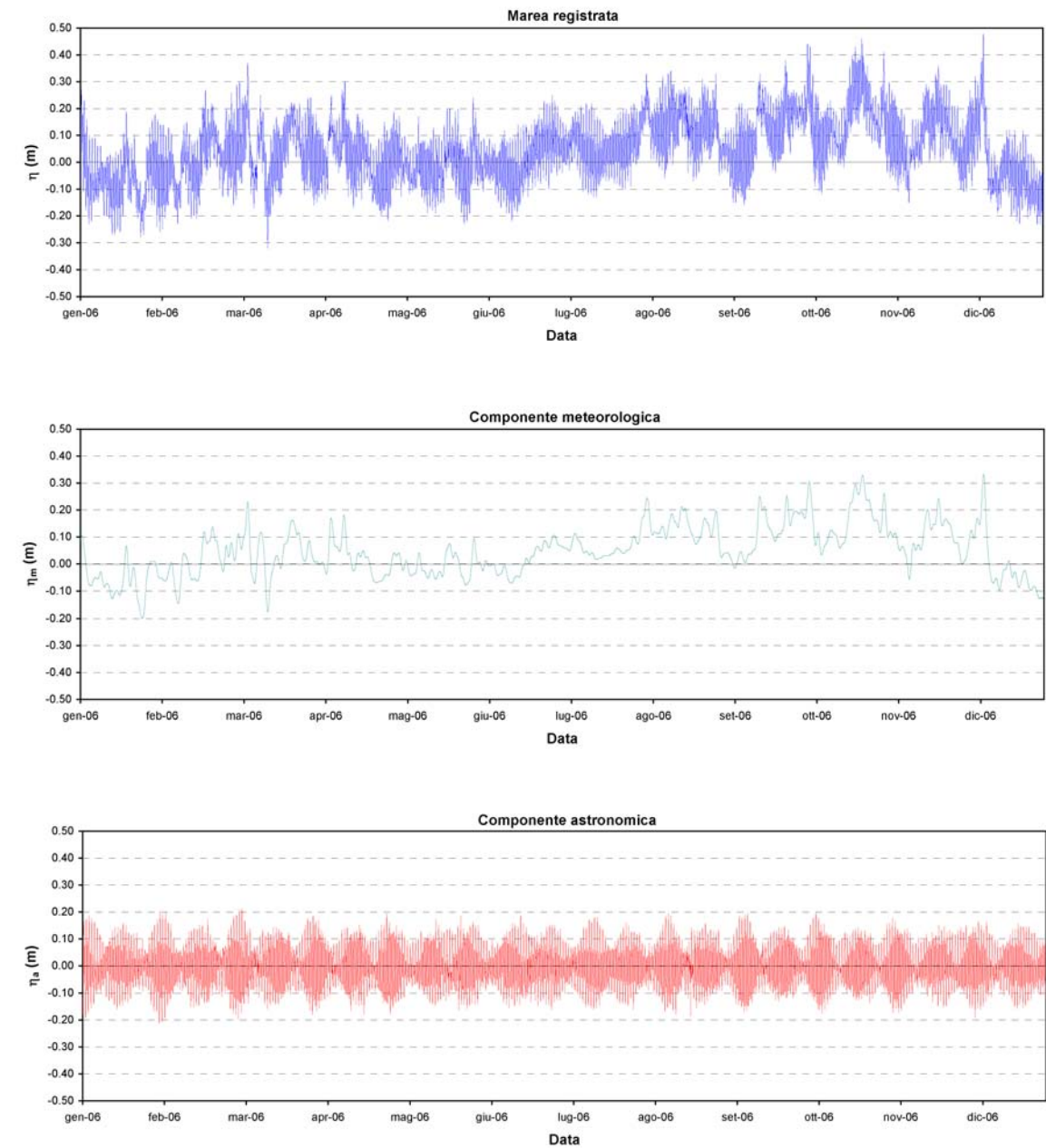


Figura 3-11 Esempio di scomposizione della registrazione di marea nelle componenti meteorologica ed astronomica (stazione di Genova, anno 2006)

Nella Tabella 3-8 sono riportati, per i diversi anni di registrazione considerati, i valori massimi della componente meteorologica della marea.

Tabella 3-8 Valori massimi annuali della marea meteorologica.

Anno	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
$\eta_{m,max}$ (m)	0,27	0,33	0,40	0,30	0,46	0,44	0,37	0,29	0,33	0,32	0,28

L'analisi statistica di tali valori estremi è stata effettuata adattando la distribuzione di probabilità di Gumbel e la distribuzione Tipo III di Pearson. I risultati dell'elaborazione sono

riportati in Tabella 3-9, con riferimento a valori del tempo di ritorno pari a 1, 5, 10, 20, 50, 100 e 200 anni.

Per determinare il livello estremo complessivo, occorre sommare al valore massimo stimato del contributo meteorologico, un valore rappresentativo delle più elevate altezze di marea astronomica. A tale proposito sono stati individuati, per l'intero periodo 1998 – 2008 e relativamente a ciascun giorno mareale, i valori delle più elevate maree astronomiche. Facendo la media di tali dati si è stimata la marea astronomica di riferimento per il calcolo dei livelli estremi complessivi, che è risultata pari a +0,12 m. I valori estremi complessivi del livello marino sono indicati anch'essi in tabella.

Tabella 3-9 Risultati dell'analisi statistica dei livelli estremi

T _r (anni)	M. Meteorologica (m)		M. Astronomica (m)	Livello marino (m)
	Pearson (tipo III)	Gumbel		
1	0.26	0.26	0.12	0.38 / 0.38
5	0.40	0.41	0.12	0.52 / 0.53
10	0.43	0.46	0.12	0.55 / 0.58
20	0.46	0.50	0.12	0.58 / 0.62
50	0.50	0.56	0.12	0.62 / 0.68
100	0.53	0.61	0.12	0.65 / 0.73
200	0.58	0.67	0.12	0.70 / 0.79

È stata inoltre sviluppata un'analisi specifica al fine di valutare una marea sintetica sinusoidale, che risultasse rappresentativa, in termini di trasporto, di una marea media e che potesse essere utilizzata per le analisi modellistiche del presente studio.

Per identificare questa marea era quindi necessario valutarne l'ampiezza ed il periodo caratteristico.

Per quanto riguarda il periodo si è verificato che a Genova la marea è di tipo semidiurno, quindi con periodo caratteristico di circa 12 ore.

Per valutare l'ampiezza della marea media sono stati svolti, per le registrazioni del mareografo di Genova e per il periodo sopra ricordato, due diversi tipi di analisi: un'analisi sulle frequenze e sulla probabilità di superamento delle ampiezze di marea ed un'analisi sui gradienti medi delle maree registrate.

I risultati di queste analisi sono riportati rispettivamente nei grafici di Figura 3-12, in cui sono riportati gli istogrammi di frequenza (scala di lettura a sinistra) e la curva di durata (scala di lettura a destra) delle ampiezze di marea.

Da questi diagrammi si può verificare che le ampiezze di marea più frequenti sono comprese tra i 18 e i 22 cm e che circa il 50% delle onde di marea ha ampiezza inferiore a 20 cm.

Per ottenere una maggiore informazione, si è proceduto anche all'analisi dei gradienti medi; si è considerata cioè, per ogni onda di marea in fase crescente, il gradiente medio di marea:

$$i = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{T}$$

dove:

i = gradiente medio di marea (cm/h)

H_{max} = livello massimo della marea in quel ciclo (cm)

H_{min} = livello minimo di marea precedente al colmo (cm)

T = Periodo di tempo intercorso tra H_{min} e H_{max} (h)

Questo parametro, che è indice della ripidità dell'onda di marea, una volta analizzato statisticamente, consente di valutare, insieme agli altri parametri sopra riportati, la marea media.

L'analisi di questo parametro è riportata sinteticamente nel secondo diagramma di Figura 3-12, con analogo riferimento al metodo di lettura rispetto al diagramma precedente.

Questi risultati evidenziano come il gradiente medio di marea più frequente sia quello di circa 3 cm/ora (circa 18% di frequenza), ma con valori significativi anche più elevati (3.5 cm/ora con una frequenza di circa il 16%).

Si è quindi stabilito di utilizzare come marea rappresentativa, per le analisi modellistiche del presente studio, una marea sintetica sinusoidale con ampiezza 20 cm (+/- 10 cm rispetto al medio mare), corrispondente al gradiente medio di 3.33 cm/h, ed un periodo di 12 ore.

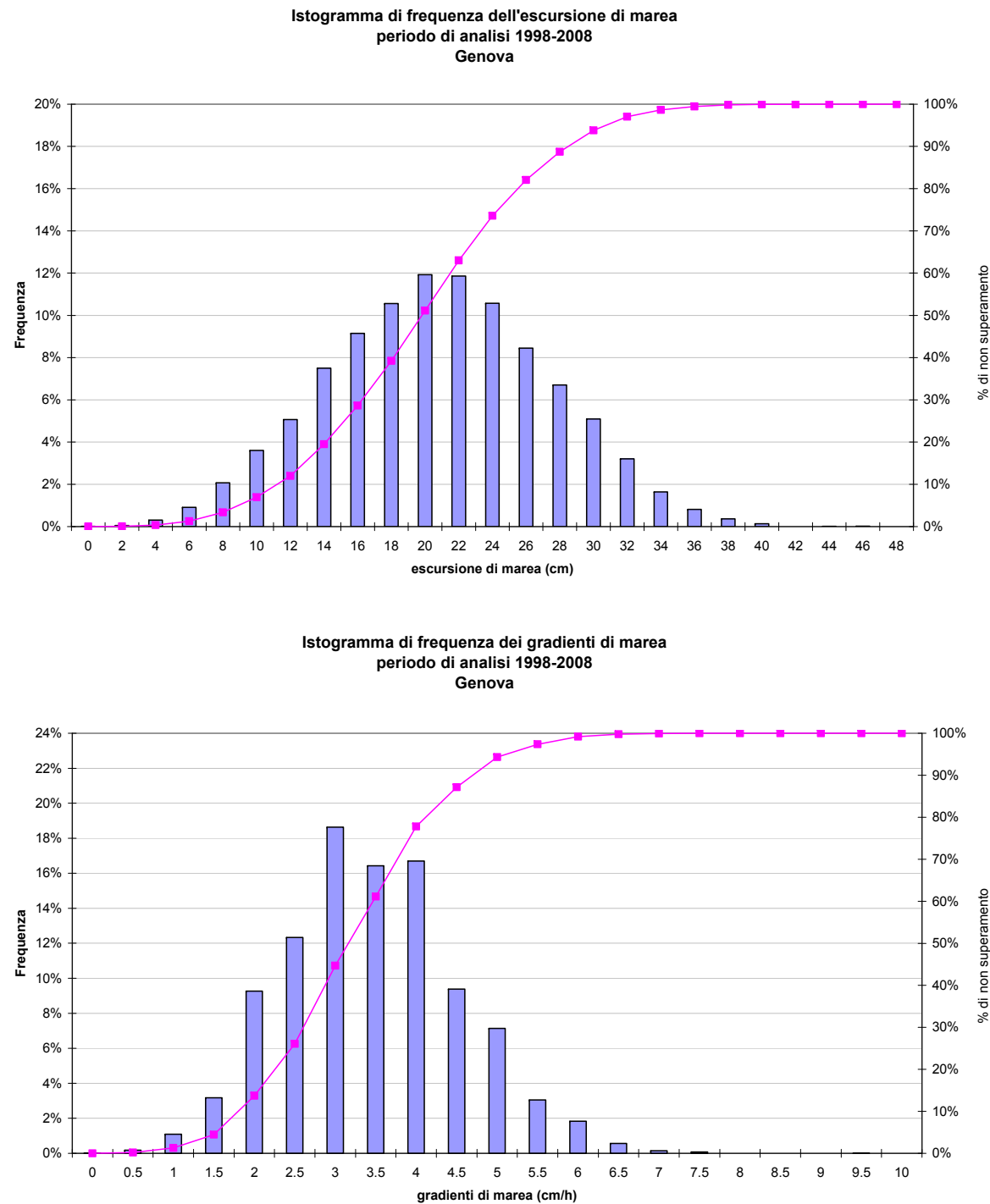


Figura 3-12 Statistica dell'ampiezza di marea nel periodo 1998-2008 a Genova

3.2.2.2 Moto ondoso

3.2.2.2.1 I dati di moto ondoso disponibili

I dati che più si prestano ad una definizione delle caratteristiche meteomarine del paraggio d'interesse sono riportati nel seguito, insieme ad un commento inerente la relativa affidabilità e ad una giustificazione circa il loro eventuale utilizzo nell'ambito del presente studio:

- Misurazioni di moto ondoso: rappresentano l'informazione migliore che possa essere utilizzata per la definizione delle condizioni marine esistenti al largo del sito in esame. La loro effettiva utilità e validità è legata al tipo di dati disponibili, alla durata del periodo di misurazione e, naturalmente, all'ubicazione dell'ondametro. Tali dati possono essere di tipo direzionale (all'altezza d'onda è associata la direzione di propagazione) o non direzionale. I dati considerati nel presente studio sono quelli registrati dalla boa della Rete Ondametrica Nazionale (RON) di La Spezia, misurati dal 1/7/1989 al 10/10/2003, desunti dallo "Studio Meteomarino" elaborato dalla società D'Appolonia nell'ambito dello "Studio di fattibilità" redatto nel 2008, già richiamato in precedenza. La boa ondametria di La Spezia è direzionale ed ubicata alle coordinate 43°55.7' N e 9°49.6' E in acque di profondità 100 m. La disponibilità di dati è relativa a circa 15 anni di registrazioni, per un totale di 33882 dati triorari.
- Ricostruzione del moto ondoso dai dati di vento e di moto ondoso del Meteorological Office (MET OFFICE): i dati del MET OFFICE, ricostruiti a partire dalle carte sinottiche del tempo secondo il metodo di Bracknell, adottato dall'European Wave Model¹⁰, forniscono, in corrispondenza dei nodi di una griglia, i dati triorari di vento e di moto ondoso dedotti attraverso l'applicazione del già citato metodo. I valori di altezza significativa dell'onda vengono desunti dallo spettro dell'energia, quindi calcolati nel "dominio della frequenza". L'altezza significativa fornita è dunque quella che viene indicata come Hm0 e che viene calcolata dal momento spettrale di ordine 0, che in pratica rappresenta l'energia dello spettro. Essa è in generale diversa da quella che viene indicata come Hs e che viene calcolata nel "dominio del tempo" attraverso l'analisi zero crossing; ai fini pratici però in acque profonde le differenze tra le due non sono sostanziali, quindi i valori forniti vengono assunti come Hs. Il nodo della griglia considerato ha le coordinate 44° N e 8.74° E ed è ubicato in una posizione adeguata per lo studio delle onde al largo del sito d'interesse. I dati acquisiti in questo punto sono relativi al ventennio 1987-2008 e costituiscono quindi un ampio campione di dati a disposizione.

Nella Figura 3-13 sono ubicati i punti di misura o di ricostruzione del moto ondoso, con riferimento ai dati precedentemente elencati. Ai fini della definizione delle caratteristiche meteomarine del paraggio d'interesse è stato consultato anche lo studio meteomarino svolto per il dimensionamento della diga a parete verticale di Genova Voltri, che riporta le

¹⁰ UKMO; Bracknell Meteorological Centre, Dati relativi al punto di coordinate 44° N e 8,74° E, per il periodo 1987-2008

caratteristiche delle onde al largo del Golfo di Genova e sottocosta in prossimità della diga di Voltri.¹¹



Figura 3-13 Ubicazione dei punti di misura o ricostruzione del moto ondoso

Il litorale di Genova è interessato dalle onde provenienti dal settore 115°-230° N, come è possibile dedurre dall'ubicazione e conformazione del paraggio d'interesse. Di seguito vengono analizzati i set di dati d'onda a disposizione per lo studio.

3.2.2.2.2 I dati della Rete Ondametrica Nazionale di La Spezia

La frequenza di registrazione dei dati da parte dell'ondametro era, fino al 2001, generalmente di 3 ore, con un infittimento alla mezz'ora ogni qualvolta vi era il superamento di una certa soglia d'altezza. Successivamente l'intervallo di registrazione è stato portato a 30 minuti costanti. Questa differenza di intervalli di registrazione richiede di effettuare una pre-elaborazione quando si costruisce una tabella delle occorrenze, ma allo stesso tempo permette di individuare con maggior precisione i picchi delle mareggiate ai fini del calcolo delle onde estreme.

In Figura 3-14 è riportata la rosa del moto ondoso ottenuta con i dati registrati dalla boa ondametrica di La Spezia. Nel grafico è stato riportato anche il settore di traversia (115°N-230°N), in modo da evidenziare con più facilità le direzioni di provenienza delle onde di interesse per il paraggio di Genova.

I valori delle frequenze di occorrenza per determinate altezze d'onda significative e direzioni di provenienza sono invece riportati in Tabella 3-10.

Le mareggiate prevalenti, che risultano essere anche le più intense, provengono dal settore 210-240° N e rientrano nel settore di traversia che caratterizza il paraggio in esame.

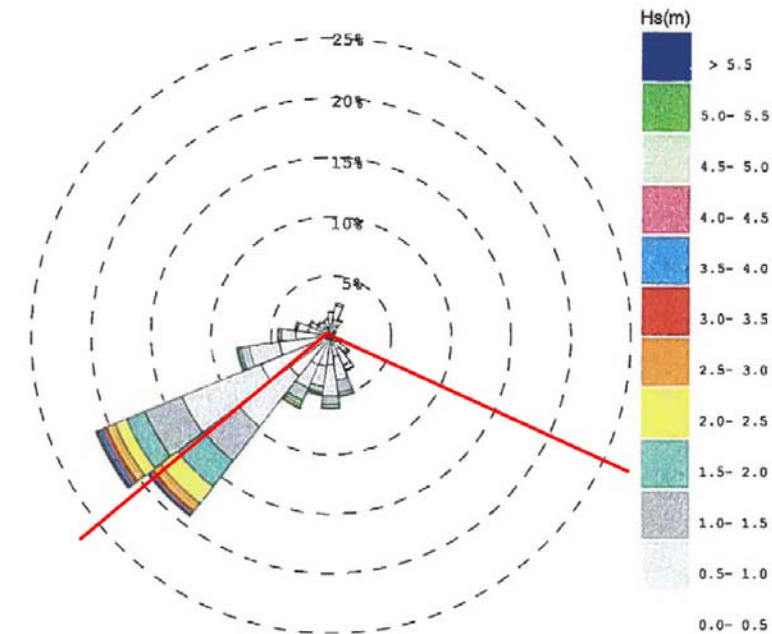


Figura 3-14 Rosa del moto ondoso al largo ottenuta con i dati registrati dall'ondametro di La Spezia (1989-2003)

Tabella 3-10 Clima d'onda ottenuto con i dati registrati dall'ondametro di La Spezia (1989-2003)

Hs (m)	≥ 0.25	≥ 0.75	≥ 1.25	≥ 1.75	≥ 2.25	≥ 2.75	≥ 3.25	≥ 3.75	≥ 4.25	≥ 4.75	≥ 5.25	≥ 5.75	≥ 6.25	≥ 6.75	≥ 7.25	Tot.
DIREZIONE °N	< 0.75	< 1.25	< 1.75	< 2.25	< 2.75	< 3.25	< 3.75	< 4.25	< 4.75	< 5.25	< 5.75	< 6.25	< 6.75	< 7.25		
0	0.960	0.910	0.160													2.040
15	1.360	1.150	0.270													2.780
30	0.910	0.500	0.080													1.490
45	0.410	0.150	0.020													0.580
60	0.310	0.130	0.020													0.460
75	0.230	0.090	0.020													0.340
90	0.240	0.080	0.010													0.330
105	0.250	0.120	0.030													0.390
120	0.370	0.390	0.160	0.020												0.940
135	0.660	0.980	0.260	0.060	0.010											1.960
150	1.220	1.430	0.480	0.090	0.010											3.230
165	1.750	2.010	1.040	0.290	0.070	0.010										5.180
180	2.420	2.640	0.730	0.270	0.070	0.030	0.010	0.010								6.190
195	2.550	1.750	0.500	0.160	0.090	0.020	0.010	0.010								5.080
210	2.650	2.120	1.150	0.450	0.190	0.070	0.010	0.020								6.670
225	4.290	5.390	3.620	2.810	1.720	0.790	0.370	0.180	0.050	0.010	0.000	0.000	0.000			19.230
240	6.300	7.120	3.350	1.690	1.000	0.750	0.420	0.330	0.170	0.080	0.040	0.010	0.000	0.000		21.260
255	4.290	2.510	0.750	0.250	0.100	0.040	0.010	0.000								7.970
270	2.840	1.210	0.260	0.070	0.050	0.020										4.450
285	1.900	0.890	0.190	0.040	0.010											3.030
300	1.310	0.540	0.130	0.030	0.010											2.020
315	0.810	0.530	0.140													1.480
330	0.670	0.560	0.110													1.340
345	0.700	0.660	0.110													1.460
Tot.	39.390	33.860	13.570	6.240	3.330	1.730	0.840	0.550	0.220	0.090	0.040	0.010	0.010	0.000	0.000	99.880
CALME	0.12															
"0" significa percentuali <0.01%																

¹¹ Ing. Mantelli & C. - Impresa Generale di Costruzioni S.p.A. (Genova), 1971. Relazione sulla previsione delle caratteristiche delle perturbazioni ondose e sulle azioni esercitate sull'antemurale

3.2.2.2.3 I dati dell'UKMO

I dati dell'UKMO relativi al periodo 1987-2008, costituiti da registrazioni triorarie, sono stati elaborati al fine di ottenere il clima delle onde in forma di tabelle delle frequenze, organizzate secondo classi di direzione intervallate di 10° e di altezza d'onda con ampiezza 0,5 m.

In Figura 3-15 è riportato il clima di moto ondoso ricostruito elaborando il ventennio di dati disponibile. Nel grafico è stato riportato anche il settore di traversia (115 °N- 230°N), in modo da evidenziare con più facilità le direzioni di provenienza delle onde di interesse per il paraggio di Genova.

In Tabella 3-11 sono presentati i valori delle frequenze di occorrenza per determinate altezze d'onda significative e direzioni di provenienza.

Le mareggiate più frequenti provengono dai settori 0°-30° N, 140°-160° N e 200°-230° N; quelle provenienti dal I quadrante risultano fuori dal settore di interesse.

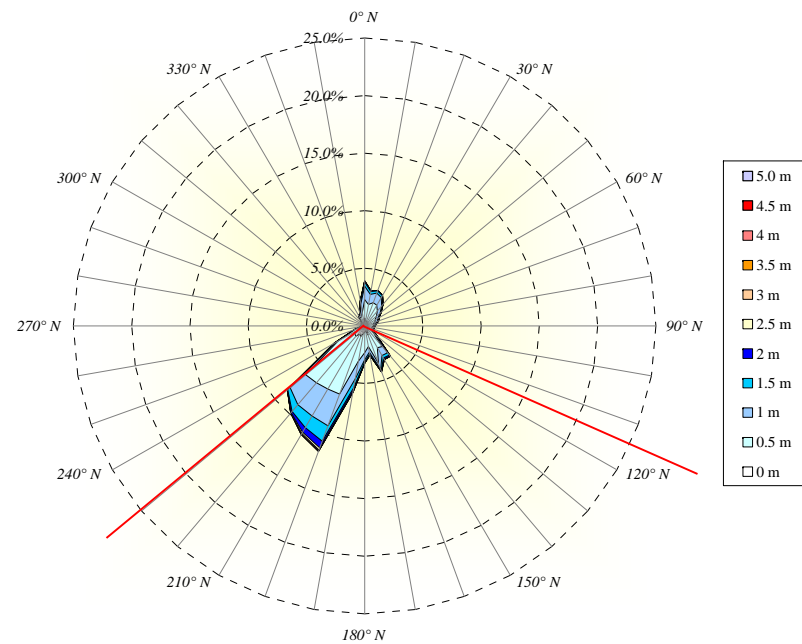


Figura 3-15 Rosa del moto ondoso al largo di Vado, nel punto di coordinate 44°N; 8,73°E, ottenuta con i dati UKMO 1987 – 2008

Tabella 3-11 Clima d'onda ottenuto con i dati UKMO per il periodo 1987-2008

Hs (m)	≥ 0	≥ 0.25	≥ 0.75	≥ 1.25	≥ 1.75	≥ 2.25	≥ 2.75	≥ 3.25	≥ 3.75	≥ 4.25	≥ 4.75	Tot.
DIREZIONE °N	< 0.25	< 0.75	< 1.25	< 1.75	< 2.25	< 2.75	< 3.25	< 3.75	< 4.25	< 4.75	< 5.25	
0	0.676	1.605	1.160	0.347	0.070	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.886
10	0.396	1.493	0.883	0.258	0.046	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.089
20	0.447	1.700	0.876	0.210	0.039	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.271
30	0.378	1.703	0.771	0.172	0.032	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.057
40	0.293	1.398	0.589	0.130	0.033	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.444
50	0.286	1.035	0.413	0.082	0.028	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.848
60	0.245	0.788	0.282	0.079	0.023	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.419
70	0.237	0.704	0.210	0.086	0.032	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.274
80	0.228	0.522	0.163	0.072	0.021	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.009
90	0.263	0.499	0.089	0.037	0.011	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.904
100	0.186	0.436	0.117	0.035	0.018	0.011	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000	0.806
110	0.230	0.426	0.112	0.044	0.023	0.004	0.002	0.005	0.002	0.000	0.000	0.846
120	0.203	0.496	0.135	0.035	0.019	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.892
130	0.249	0.778	0.270	0.088	0.030	0.009	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	1.424
140	0.428	1.910	0.710	0.254	0.107	0.019	0.004	0.002	0.000	0.000	0.000	3.432
150	0.392	1.794	0.785	0.242	0.096	0.028	0.019	0.011	0.000	0.000	0.000	3.368
160	0.829	2.618	0.561	0.156	0.040	0.011	0.016	0.002	0.000	0.000	0.000	4.231
170	0.415	1.403	0.506	0.161	0.044	0.030	0.011	0.000	0.002	0.000	0.000	2.572
180	0.552	1.771	0.606	0.193	0.053	0.044	0.005	0.007	0.000	0.000	0.000	3.231
190	0.682	2.435	1.538	0.801	0.252	0.102	0.033	0.007	0.004	0.004	0.002	5.859
200	0.976	5.323	2.937	1.416	0.620	0.193	0.074	0.023	0.018	0.007	0.000	11.585
210	0.823	5.496	2.707	1.174	0.457	0.131	0.060	0.018	0.004	0.002	0.000	10.872
220	1.163	5.283	2.470	0.767	0.145	0.030	0.004	0.009	0.000	0.000	0.000	9.871
230	1.088	5.517	1.736	0.273	0.039	0.005	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	8.662
240	0.592	2.045	0.314	0.039	0.012	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.005
250	0.373	0.489	0.021	0.009	0.004	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.899
260	0.173	0.089	0.018	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.287
270	0.196	0.095	0.014	0.007	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.314
280	0.131	0.068	0.014	0.005	0.002	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.224
290	0.173	0.067	0.009	0.005	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.261
300	0.145	0.063	0.016	0.011	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.240
310	0.098	0.088	0.032	0.005	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.224
320	0.166	0.138	0.035	0.014	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.359
330	0.184	0.690	0.151	0.025	0.004	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.055
340	0.261	0.522	0.237	0.060	0.028	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.111
350	0.259	0.927	0.713	0.203	0.056	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.166
Tot.	14.418	52.416	22.199	7.497	2.400	0.706	0.231	0.086	0.032	0.012	0.002	100.000

3.2.2.2.4 Valori estremi delle onde al largo di La Spezia

L'extrapolazione degli eventi estremi relativamente alla serie storica dei dati della RON di La Spezia, riferita al punto di coordinate 43°55.7' N e 9°49.6' E e relativa al periodo 1989-2003, è stata desunta dallo "Studio Meteomarine" elaborato dalla società D'Appolonia, già citato in precedenza.

La statistica degli eventi estremi è stata effettuata andando a determinare i coefficienti α e β della funzione probabilistica di Weibull:

$$P(H > h) = 1 - \exp[-(h / \alpha)^\beta]$$

dove h è la variabile (altezza d'onda), α e β sono parametri della distribuzione calcolati mediante la tecnica di best-fit ai minimi quadrati.

I settori considerati ai fini della determinazione degli eventi estremi che possono interessare il litorale in esame sono i seguenti:

- settore 105°N – 135°N
- settore 135°N – 165°N
- settore 165°N – 195°N
- settore 195°N – 225°N

I risultati delle elaborazioni condotte, in relazione ai diversi tempi di ritorno considerati, sono riportati in Tabella 3-12.

Tabella 3-12 Valori estremi delle onde al largo di La Spezia

DIR (°N)	H _s (m)					
	TR 1 ANNO	TR 5 ANNI	TR 10 ANNI	TR 50 ANNI	TR 100 ANNI	TR 200 ANNI
120	2.63	3.40	3.83	4.61	4.90	5.30
150	3.00	3.80	4.15	4.92	5.27	5.60
180	3.20	4.10	4.53	5.44	5.84	6.20
210	4.73	5.60	5.97	6.79	7.17	7.50
OMNI	4.14	5.47	6.04	7.36	7.93	8.50

3.2.2.2.5 Valori estremi delle onde al largo nel punto UKMO

La statistica degli eventi estremi è stata effettuata adottando le leggi di distribuzione di probabilità cumulata di non superamento di Gumbel:

$$F(x) = \exp\{-\exp[-(x-B)/A]\} \quad (1)$$

o la distribuzione di Weibull a tre parametri:

$$F(x) = 1 - \exp\{-[(x-B)/A]^k\} \quad (2)$$

con k = 0,75; 1,0; 1,4; e 2,0.

e in cui x è il valore di non superamento, A è il parametro di locazione, B il parametro di scala e k il parametro di forma.

Questi parametri vengono calcolati per mezzo di una parameter analysis, che viene condotta introducendo le seguenti variabili ridotte:

Gumbel:

$$y(m) = -\ln[-\ln F(x)] \quad (3)$$

Weibull:

$$y(m) = \{-\ln [1-F(x)]\}^{1/k} \quad (4)$$

in modo che tra il valore della variabile x e quello della variabile ridotta y sussista una relazione lineare del tipo:

$$x = A y + B \quad (5)$$

Risolvendo quest'ultima equazione con il metodo dei minimi quadrati si ottiene il valore dei parametri A e B, quindi si identifica la legge di distribuzione.

Il valore dell'altezza d'onda corrispondente ad un assegnato periodo di ritorno si ottiene dall'equazione (5), nella quale la variabile ridotta y viene calcolata a partire dalle equazioni (3) e (4), nelle quali la probabilità di non superamento F(x) viene riscritta in termini di tempo di ritorno Tr, secondo la relazione:

$$F(x) = 1 - [1/(\lambda Tr)] \quad (6)$$

in cui λ è il numero medio di mareggiate sopra soglia osservate in 1 anno.

Per estrapolare gli eventi estremi con periodi di ritorno elevati (50, 100 fino a 1000 anni) è stata presa in considerazione la serie storica dei dati dell'UKMO, costituita da una sequenza di registrazioni triorarie, riferite al punto di coordinate 44°N; 8,73°E e relative al periodo 1989 – 2008. I primi 2 anni del campione (1987 e 1988 con cadenza diversa, esaoraria) presentano ampi periodi di dati mancanti e pertanto non sono stati considerati per l'analisi degli estremi.

Il settore di traversia, individuato dalle direzioni 115 °N - 230°N, è stato suddiviso nei seguenti 4 sotto-settori:

- settore 105°N – 135°N
- settore 135°N – 165°N
- settore 165°N – 195°N
- settore 195°N – 225°N

Sono stati calcolati per ogni settore i valori delle altezze d'onda associati ai diversi periodi di ritorno, utilizzando le seguenti distribuzioni statistiche:

- Gumbell
- Weibull (k=0,75)
- Weibull (k=1,0)
- Weibull (k=1,4)
- Weibull (k=2,0)

L'elaborazione è stata eseguita anche in riferimento al moto ondoso omnidirezionale.

I risultati della statistica degli eventi estremi ottenuti per i 4 settori e l'analisi omnidirezionale sono illustrati di seguito (cfr. Tabella 3-13, Tabella 3-14, Tabella 3-15, Tabella 3-16 e Tabella 3-17).

Oltre ai valori estremi dell'altezza d'onda significativa, si riportano i valori dei parametri r, A e B. Il parametro r è il coefficiente di correlazione, che è un indicatore della bontà del fit dei dati alla distribuzione statistica; i parametri A e B invece sono rispettivamente il parametro di locazione e il parametro di scala, che identificano la legge di distribuzioni statistica degli estremi della variabile Hs secondo le equazioni (1) e (2).

Si precisa che i valori estremi ottenuti si riferiscono ad uno stato di mare triorario.

Tabella 3-13 Statistica delle onde estreme al largo del paraggio di Genova, riferita al settore di traversia 105 – 135° N

T _r (anni)	H _s (m)				
	WEIBULL				GUMBEL
	k = 0.75	k = 1.0	k = 1.4	k = 2.0	
1	2.35	2.46	2.55	2.61	2.44
5	3.40	3.36	3.31	3.24	3.26
10	3.88	3.75	3.61	3.49	3.61
20	4.38	4.14	3.91	3.72	3.96
50	5.06	4.66	4.30	4.01	4.42
100	5.60	5.05	4.58	4.22	4.77
200	6.15	5.44	4.85	4.42	5.12
500	6.89	5.96	5.21	4.68	5.58
1000	7.47	6.35	5.47	4.87	5.93
coeff. corr. r	0.994	0.990	0.976	0.955	0.986
A	0.281	0.563	1.058	1.799	0.505
B	0.258	-0.077	-0.549	-1.209	0.172

Tabella 3-14 Statistica delle onde estreme al largo del paraggio di Genova, riferita al settore di traversia 135 – 165° N

T _r (anni)	Hs (m)				
	WEIBULL				GUMBEL
	k = 0.75	k = 1.0	k = 1.4	k = 2.0	
1	2.63	2.71	2.76	2.76	2.66
5	3.43	3.40	3.32	3.22	3.28
10	3.80	3.70	3.55	3.40	3.55
20	4.18	3.99	3.78	3.57	3.82
50	4.69	4.38	4.07	3.79	4.17
100	5.09	4.68	4.28	3.95	4.43
200	5.50	4.98	4.49	4.10	4.70
500	6.05	5.37	4.76	4.30	5.05
1000	6.47	5.66	4.97	4.44	5.32
coeff. corr. r	0.976	0.991	0.992	0.979	0.988
A	0.200	0.427	0.837	1.447	0.384
B	0.569	0.256	-0.162	-0.709	0.455

Tabella 3-17 Statistica delle onde estreme al largo del paraggio di Genova – omnidirezionale

T _r (anni)	Hs (m)				
	WEIBULL				GUMBEL
	k = 0.75	k = 1.0	k = 1.4	k = 2.0	
1	3.76	3.83	3.86	3.85	3.78
5	4.63	4.56	4.45	4.32	4.46
10	5.02	4.88	4.70	4.51	4.75
20	5.41	5.19	4.94	4.70	5.04
50	5.96	5.60	5.25	4.94	5.43
100	6.37	5.92	5.48	5.11	5.72
200	6.80	6.23	5.71	5.28	6.02
500	7.37	6.65	6.00	5.49	6.40
1000	7.82	6.96	6.22	5.65	6.70
coeff. corr. r	0.993	0.999	0.994	0.978	0.999
A	0.197	0.453	0.952	1.743	0.423
B	0.634	0.232	-0.325	-1.070	0.412

Tabella 3-15 Statistica delle onde estreme al largo del paraggio di Genova, riferita al settore di traversia 165 – 195° N

T _r (anni)	Hs (m)				
	WEIBULL				GUMBEL
	k = 0.75	k = 1.0	k = 1.4	k = 2.0	
1	3.21	3.34	3.42	3.47	3.30
5	4.26	4.23	4.16	4.07	4.12
10	4.74	4.61	4.46	4.31	4.47
20	5.23	4.99	4.75	4.54	4.82
50	5.89	5.50	5.13	4.83	5.28
100	6.41	5.88	5.41	5.03	5.64
200	6.94	6.26	5.68	5.24	5.99
500	7.66	6.77	6.04	5.50	6.45
1000	8.22	7.15	6.30	5.68	6.80
coeff. corr. r	0.997	0.997	0.987	0.969	0.996
A	0.260	0.553	1.091	1.916	0.507
B	0.499	0.124	-0.411	-1.149	0.357

Lo studio condotto ha permesso di definire i valori delle altezze d'onda associati ai diversi periodi di ritorno al largo del sito in esame, per i 4 settori di provenienza in cui è stato suddiviso il settore di traversia e per il moto ondoso omnidirezionale. La distribuzione statistica prescelta per rappresentare le onde estreme è quella di Weibull con parametro k=1, per la quale si hanno generalmente i valori più elevati.

I risultati, settore per settore e per i tempi di ritorno di interesse progettuale, sono riportati in Tabella 3-18.

Tabella 3-18 Valori estremi delle onde al largo di Genova (punto UKMO)

DIR (°N)	Hs (m)					
	TR 1 ANNO	TR 5 ANNI	TR 10 ANNI	TR 50 ANNI	TR 100 ANNI	TR 200 ANNI
120	2.46	3.36	3.75	4.66	5.05	5.44
150	2.71	3.40	3.70	4.38	4.68	4.98
180	3.34	4.23	4.61	5.50	5.88	6.26
210	3.58	4.33	4.66	5.42	5.74	6.07
OMNI	3.83	4.56	4.88	5.60	5.92	6.23

Tabella 3-16 Statistica delle onde estreme al largo del paraggio di Genova, riferita al settore di traversia 195 – 225° N

T _r (anni)	Hs (m)				
	WEIBULL				GUMBEL
	k = 0.75	k = 1.0	k = 1.4	k = 2.0	
1	3.50	3.58	3.60	3.58	3.52
5	4.40	4.33	4.21	4.07	4.21
10	4.81	4.66	4.46	4.26	4.51
20	5.23	4.99	4.71	4.45	4.81
50	5.80	5.42	5.03	4.69	5.20
100	6.24	5.74	5.26	4.86	5.50
200	6.69	6.07	5.49	5.03	5.80
500	7.30	6.50	5.79	5.24	6.19
1000	7.77	6.83	6.02	5.40	6.49
coeff. corr. r	0.984	0.997	0.996	0.983	0.995
A	0.214	0.471	0.946	1.662	0.430
B	0.716	0.357	-0.129	-0.761	0.574

3.2.2.2.6 Analisi degli eventi estremi - conclusioni

L'analisi effettuata ha permesso di stimare i valori estremi del moto ondoso proveniente dalle direzioni principali del settore di traversia del paraggio in esame e del moto ondoso omnidirezionale. Sulla base della serie storica dei dati di moto ondoso registrati dalla boa ondometrica di La Spezia (1989-2003) e di quelli ricostruiti nel punto UKMO (1989-2008), sono stati calcolati i valori delle altezze d'onda in riferimento ai diversi tempi di ritorno di interesse progettuale.

Dai risultati delle elaborazioni condotte, si evince che i valori estremi di altezza d'onda estrapolati dai due set di dati a disposizione risultano molto simili in relazione ai primi tre settori esaminati.

In riferimento al settore 195°-225° N, i valori estremi calcolati presentano invece differenze rilevanti; le altezze d'onda estrapolate dai dati registrati dall'ondametro di La Spezia

risultano infatti più alte di quelle calcolate a partire dai dati UKMO. Questa disparità può essere spiegata considerando la diversa esposizione al moto ondoso dei due punti ai quali sono riferiti i dati analizzati, uno situato al largo di La Spezia e l'altro al largo di Genova. L'ondometro di La Spezia risulta infatti maggiormente esposto alle direzioni da cui provengono le mareggiate più intense, in particolare a quelle di libeccio.

E' importante anche sottolineare che generalmente i dati misurati di moto ondoso risultano più elevati di quelli ricostruiti a partire dai dati di vento e di moto ondoso.

Anche la discrepanza presente tra i valori estremi ottenuti dall'analisi omnidirezionale dei due set di dati esaminati può essere spiegata sulla base della diversa esposizione dei punti di misura considerati; confrontando i climi di moto ondoso riportati precedentemente, è evidente infatti che l'ondometro di La Spezia presenta una maggior esposizione alle mareggiate da libeccio rispetto al punto UKMO.

In conclusione, per le elaborazioni necessarie alla determinazione dell'onda di progetto in corrispondenza delle opere, si ritiene opportuno considerare i valori estremi di altezza d'onda ricavati dall'elaborazione delle onde registrate al largo di La Spezia, in quanto risultano maggiormente cautelativi, rispetto ai dati UKMO, in relazione alle mareggiate provenienti da libeccio.

3.2.2.2.7 Correlazione altezza d'onda-periodo

Dopo aver calcolato il valore di H_s corrispondente ad un assegnato tempo di ritorno, occorre associare a tale onda un valore del periodo significativo.

La relazione adottata tra altezza d'onda (H_s) e periodo (T_s), in relazione ai valori estremi di moto ondoso al largo di La Spezia, è la seguente:

$$H_s = 0,06 T_s^2$$

dedotta dall'analisi di numerosi dati rilevati in vari bacini (Grancini et al., 1979¹²; Cavaleri et al., 1986¹³; Rampolli et al., 1996¹⁴).

Relativamente ai dati UKMO, la correlazione tra altezza d'onda e periodo è stata determinata utilizzando la relazione:

$$T_z = a H_s b$$

I coefficienti a e b sono stati determinati attraverso il metodo dei minimi quadrati; i valori individuati sono:

$$a = 3,8$$

$$b = 0,5$$

Applicando la nota relazione tra T_z e T_s ($T_z = 0,83 T_s$) si ottiene la seguente relazione:

$$H_s = 0,05 T_s^2$$

¹² G. F. Grancini, L.M. Iovenitti e G. L. De Filippi, 1979, 'Analisi del moto ondoso nel Canale di Sicilia', Cetena, Genova

¹³ L. Cavaleri, G.L. De Filippi, G.F. Grancini, L.M. Iovenitti e R. Tosi, 1986. 'Extreme Wave Conditions in the Tyrrhenian Sea', Ocean Engineering, Vol.13, No. 2

¹⁴ M. Rampolli, A. Biancardi e G. L. De Filippi, 1996. 'Meteo-Oceanographic Premises for Structural design Purposes in the Adriatic Sea: Acquisition and Processing of Data', 15 th Int. Conf. O.M.A.E., Firenze.

che risulta in buon accordo con la correlazione adottata per il moto ondoso al largo di La Spezia.

Per associare ad H_s il valore del periodo di picco T_p si può utilizzare la relazione (Boccotti, 1997) ¹⁵:

$$T_p = 8,5 p (H_s/4g)^{0,5}$$

3.2.2.2.8 La propagazione del moto ondoso in corrispondenza della diga foranea

Ai fini progettuali occorre considerare che nella propagazione dal largo verso la costa le onde subiscono delle trasformazioni dovute all'effetto del fondale e questo fa sì che l'altezza dell'onda al largo si modifichi continuamente nella propagazione verso le acque basse.

Di seguito si presentano i risultati dello studio elaborato dalla società D'Appolonia tramite l'utilizzo di un modello spettrale di terza generazione, al fine di analizzare le caratteristiche del moto ondoso in corrispondenza della diga foranea, in condizioni tipiche ed estreme (per lo studio completo si rimanda allo "Studio Meteomarina" elaborato nell'ambito dello "Studio di fattibilità" dalla società D'Appolonia nel 2008).

Il modello numerico utilizzato è lo SWAN (Simulating Waves Nearshore (Booij et al., 1996)) ¹⁶, che è in grado di simulare i parametri delle onde in aree costiere, a partire da condizioni definite al largo, tenuto conto delle condizioni del vento, delle correnti e delle caratteristiche del fondale.

Il modello è stato applicato inizialmente ad un dominio di calcolo che include tutto il Golfo di Genova e successivamente ad un dominio più ristretto che comprende il tratto di mare antistante Genova, all'incirca fino alla batimetrica dei 50 m.

In riferimento ai due domini di calcolo sono state costruite due griglie spaziali.

La prima griglia, a scala regionale (Figura 3-16), è stata elaborata al fine di ottenere una stima del clima ondoso costiero rappresentativo per il paraggio in esame, a partire dal clima ondoso al largo di La Spezia. In ciascuna maglia del modello il valore della profondità è stato definito mediante una procedura di "gridding" a partire dalla batimetria al largo (estratta dall'archivio dei dati batimetrici globali NO-AA).

La seconda griglia, molto più dettagliata della precedente, presenta dimensioni 34.680 m x 4.200 m, con maglie equispaziate di 40 m. Il valore della profondità in ciascuna maglia del modello è stato definito mediante una procedura di "gridding" a partire dalla batimetria al largo, integrata a costa con i dati batimetrici estratti dalla Carta Nautica N.106 (Litorale di Genova in scala 1:30.000).

In Figura 3-17 sono riportate la griglia di calcolo e la batimetria di input per il modello.

¹⁵ Paolo Boccotti, 1997. 'Idraulica marittima', UTET

¹⁶ N. Booij, L.H. Holthuijsen e R.C. Ris, 1996. 'The "SWAN" Wave Model for Shallow Water', Proc. 25th Int. Conference Coastal Engineering, Orlando

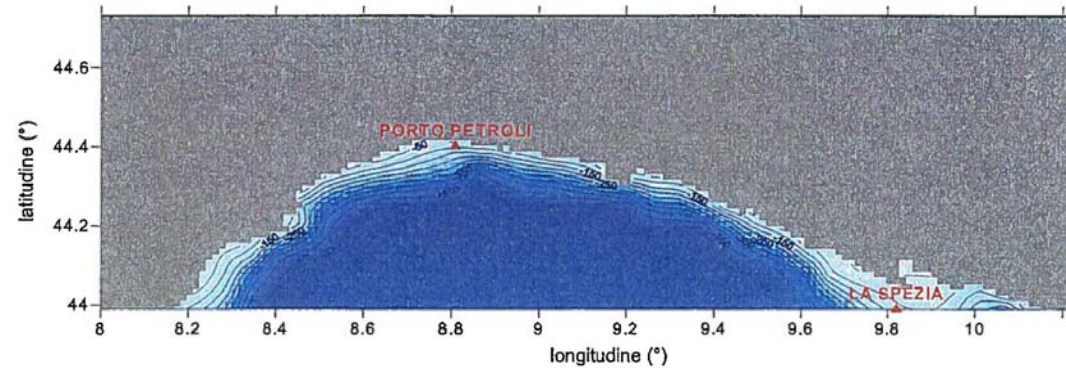


Figura 3-16 Batimetria di input per il modello Swan a grande scala (2500 m x 2500 m) e posizioni dell'ondametro di La Spezia e del Porto Petroli

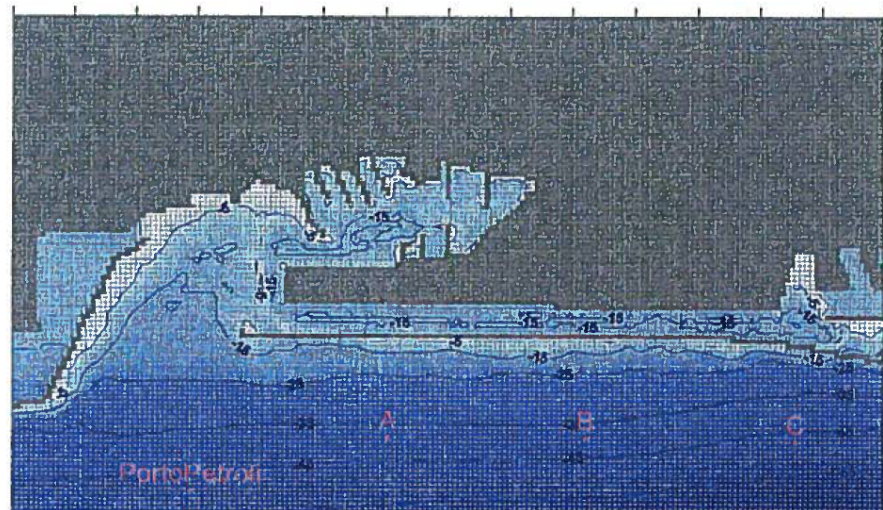


Figura 3-17 Batimetria, schema di dettaglio per i modelli a scala locale a maglie equispaziate di 40 m e punti di calcolo dei valori estremi di altezza d'onda

Le simulazioni condotte hanno consentito di ottenere una stima del clima ondoso costiero rappresentativo per il paraggio in esame a partire dal clima ondoso al largo di La Spezia. Il clima ondoso sottocosta è stato calcolato in corrispondenza del Porto Petroli. I valori delle frequenze di occorrenza associate alle altezze d'onda significative nel punto di calcolo, in funzione delle direzioni di provenienza, sono riportati nella Tabella 3-19; in Figura 3-18 è invece riportata la rosa del moto ondoso nel punto di calcolo in questione.

Tabella 3-19 Clima ondoso sottocosta in corrispondenza della boa di Porto Petroli calcolato mediante l'applicazione del modello Swan a grande scala

DIR (°N)	Hs (m)													
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	TOT
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
120	0.93	1.25	0.73	0.28	0.07	0.03	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.33
150	2.28	2.86	1.43	0.61	0.16	0.09	0.05	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	7.50
180	3.41	3.71	1.79	0.59	0.23	0.09	0.07	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	9.92
210	8.51	12.99	6.76	3.52	2.15	1.22	0.79	0.28	0.23	0.08	0.03	0.02	0.00	36.58
240	8.27	7.10	3.00	1.56	0.82	0.49	0.31	0.16	0.12	0.07	0.04	0.02	0.02	21.98
270	0.44	0.52	0.25	0.12	0.09	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.45
300	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
330	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOT	23.84	28.43	13.96	6.68	3.52	1.95	1.25	0.47	0.36	0.16	0.08	0.04	0.02	80.76
EVENTI RESIDUI			19.24											

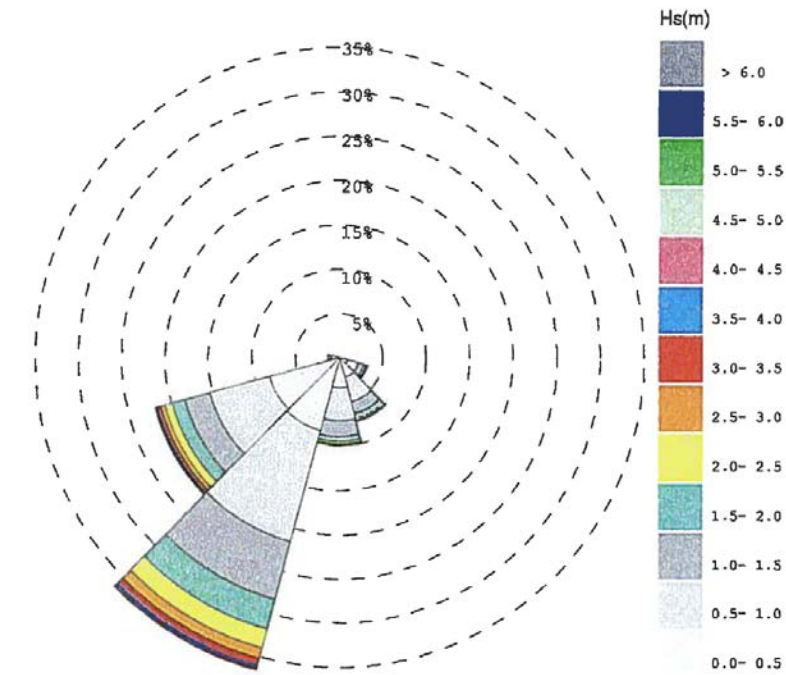


Figura 3-18 Rosa del moto ondoso in corrispondenza della boa di Porto Petroli calcolata mediante l'applicazione del modello Swan a grande scala

Dalla tabella si evince che circa il 59% degli eventi è associato ai settori 210°-240° N, cui sono associate anche le massime energie, mentre circa il 17% degli eventi è associato ai settori 150°-180° N. Gli eventi che non interessano il settore di esposizione dell'area costiera in esame risultano essere poco più del 19% della totalità degli eventi al largo. Successivamente le simulazioni sono state eseguite utilizzando una seconda griglia molto più dettagliata della precedente, che ha permesso di determinare il campo di altezza d'onda in prossimità della diga foranea, indotto dalle onde estreme al largo provenienti dalle direzioni principali del settore di traversia.

Per non appesantire la trattazione, nelle figure seguenti (Figura 3-19 e Figura 3-20), si riportano solamente a titolo esemplificativo i risultati delle simulazioni eseguite per le condizioni di moto ondoso relative al tempo di ritorno di 50 anni, per le direzioni principali del settore di traversia del paraggio in esame. Il campo di moto ondoso è rappresentato mediante isolinee di altezza d'onda significativa.

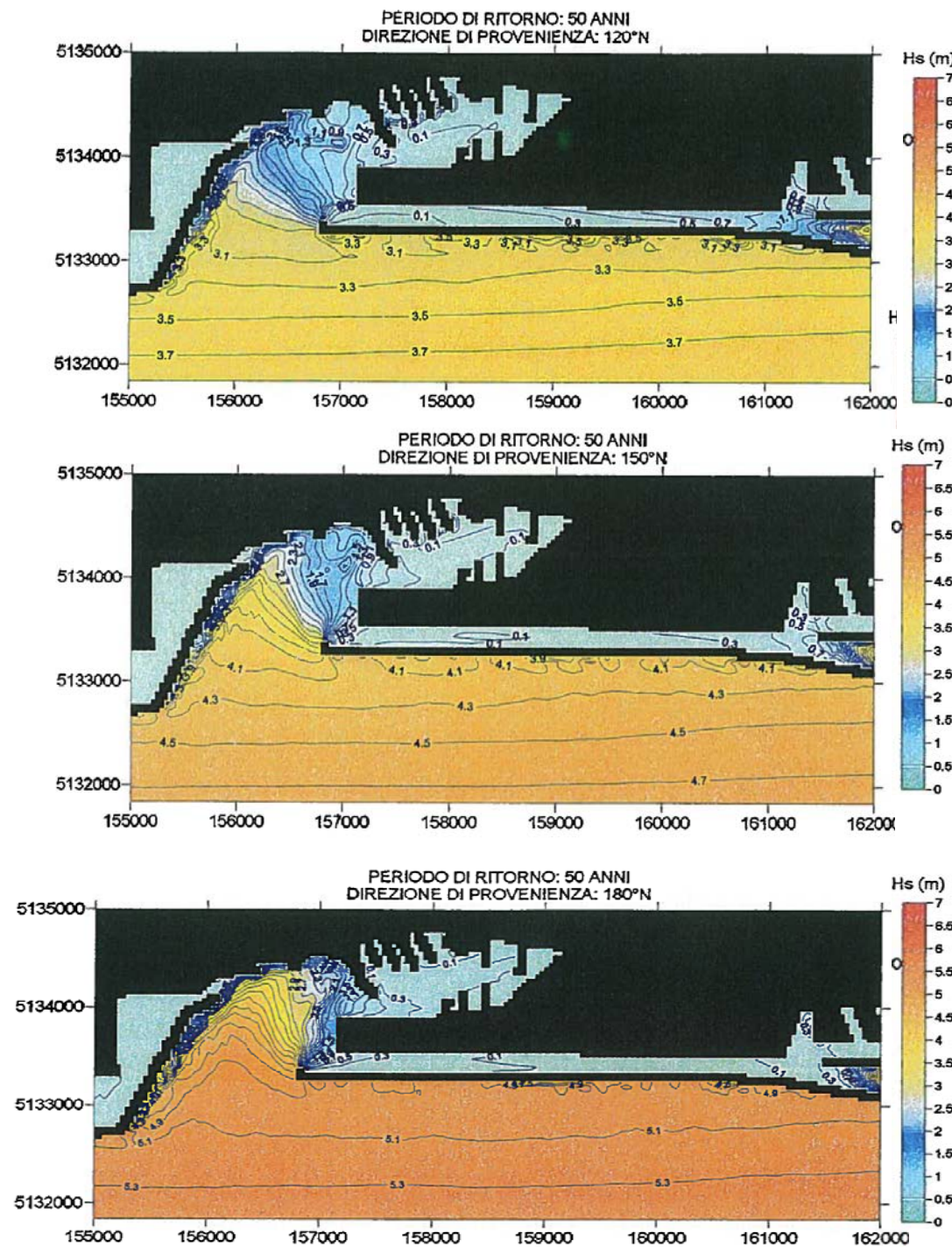


Figura 3-19 Risultati simulazioni TR 50 anni - onde estreme al largo provenienti da 120° N, 150° N e 180° N

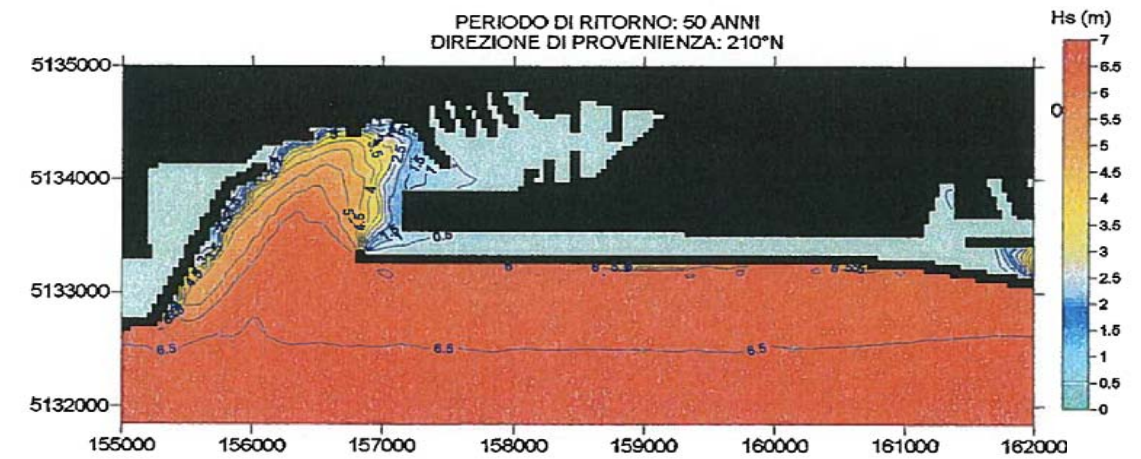


Figura 3-20 Risultati simulazioni TR 50 anni - onde estreme al largo provenienti da 210° N

Nella Tabella 3-20 si riportano i valori estremi direzionali di altezza d'onda calcolati in corrispondenza della diga foranea, per i vari tempi di ritorno esaminati.

Tabella 3-20 Valori estremi direzionali delle onde in corrispondenza della diga foranea (profondità -15 m).

PERIODO DI RITORNO (ANNI)	AL LARGO			ALLA DIGA (d = -15 m)		
	Hs (m)	Tp (s)	DIR (°)	Hs (m)	Tp (s)	DIR (°)
1	2.63	6.91	120	1.70	6.91	136
	3.00	7.38	150	2.50	7.38	156
	3.20	7.63	180	2.90	7.63	181
	4.73	9.27	210	4.30	9.27	205
5	3.40	7.86	120	2.30	7.86	137
	3.80	8.31	150	3.20	8.31	158
	4.10	8.63	180	3.70	8.63	182
	5.60	10.09	210	5.10	10.09	204
10	3.83	8.34	120	2.70	8.34	140
	4.15	8.68	150	3.50	8.68	159
	4.53	9.07	180	4.10	9.07	182
	5.97	10.42	210	5.50	10.42	204
50	4.61	9.15	120	3.30	9.15	144
	4.92	9.46	150	4.10	9.46	161
	5.44	9.94	180	4.90	9.94	183
	6.79	11.11	210	6.00	11.11	203
200	5.30	9.81	120	3.90	9.81	147
	5.60	10.09	150	4.70	10.09	163
	6.20	10.61	180	5.60	10.61	183
	7.50	11.67	210	6.70	11.67	203

- Griglia 2 (maglie quadrate 13m x 13m): usata per le simulazioni eseguite per le condizioni ondose con tempi di ritorno pari a 1, 5 e 10 anni.

Le condizioni ondose di input per il modello, valutate all'imboccatura della diga foranea, sono state ricavate dalle simulazioni eseguite con il modello numerico SWAN (Tabella 3-20)

Nella Figura 3-21 si riporta il layout considerato nelle simulazioni eseguite con il modello DIFFRAC.

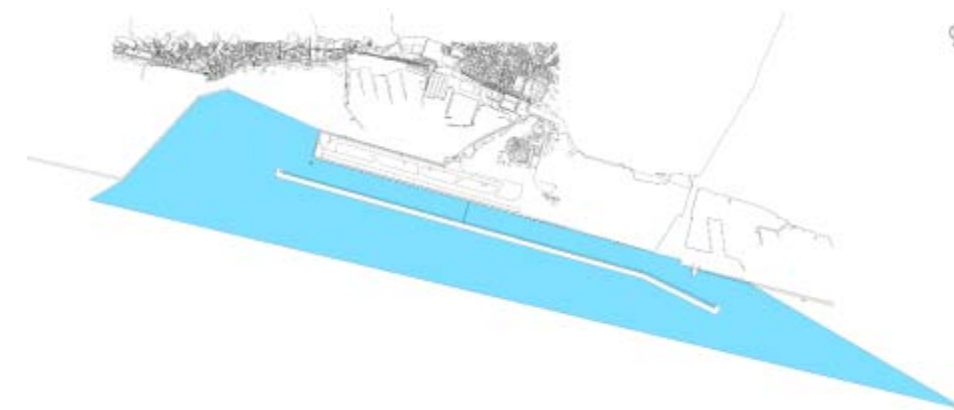


Figura 3-21 Layout 1: Stato di fatto.

In Figura 3-22 si riportano i risultati delle simulazioni eseguite per lo stato di fatto, relative ad un tempo di ritorno di 200 anni.

I risultati delle simulazioni sono riportati in termini di coefficiente di riduzione da applicare all'altezza d'onda incidente.

3.2.2.2.9 Il moto ondoso nel canale di calma per effetto della penetrazione attraverso le imboccature

La propagazione delle onde attraverso le estremità della diga foranea, nella configurazione attuale del canale di calma, è stata trattata attraverso il modello matematico DIFFRAC, messo a punto dal Laboratorio idraulico olandese di Delft. Lo studio con tale modello è stato effettuato in quanto il modello numerico SWAN utilizzato per la propagazione delle onde in corrispondenza della diga foranea, pur simulando con accuratezza diversi processi fisici, non tiene conto del fenomeno della riflessione del moto ondoso. Considerata la riflessione significativa che si verifica sulla diga di Voltri e che interessa il canale di calma e tenendo conto delle molteplici riflessioni del moto ondoso all'interno del canale stesso, si è ritenuto opportuno approfondire lo studio del moto ondoso all'interno del canale tramite l'impiego del modello matematico DIFFRAC, che permette di simulare i fenomeni di diffrazione e riflessione dell'onda.

Le simulazioni sono state eseguite in riferimento alla configurazione attuale del canale di calma, che presenta una larghezza di 240 m. La profondità, assunta costante all'interno del bacino in entrambe le configurazioni studiate, è pari a 15 m.

Le griglie di calcolo utilizzate per le simulazioni sono state determinate in funzione del periodo di riferimento delle onde incidenti oggetto di analisi e sono le seguenti:

- Griglia 1 (maglie quadrate 18m x 18m): usata per le simulazioni eseguite per le condizioni ondose con tempo di ritorno di 200 anni;

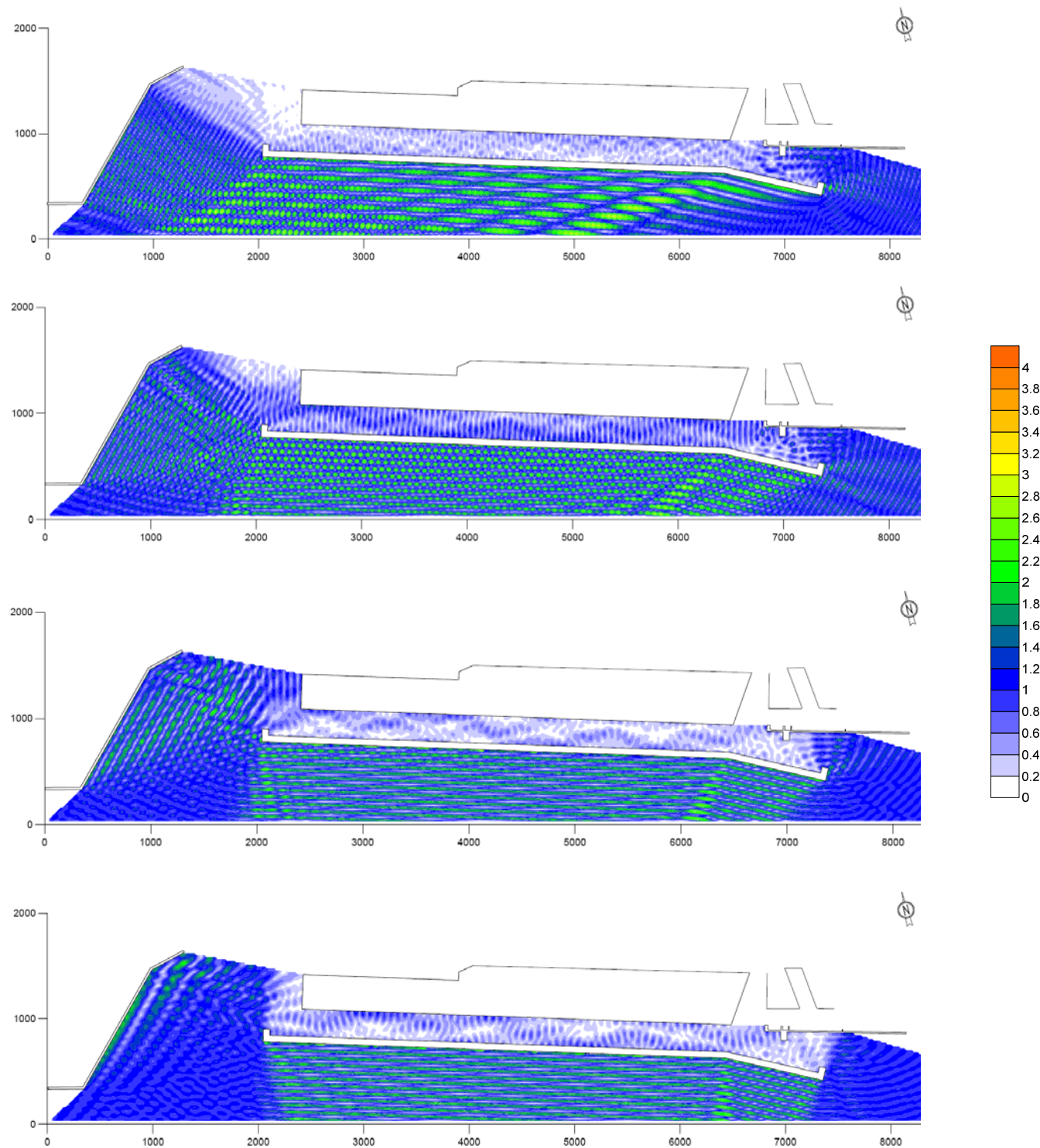


Figura 3-22 Propagazione dell'onda all'interno del canale di calma - Stato di fatto - TR 200 anni - DIR 147°N, 163°N, 183°N, 203°N

3.2.2.2.10 Il moto ondoso nel canale di calma a seguito della tracimazione della diga foranea

Nella situazione attuale accadono eventi di moto ondoso che sormontano la parte sommitale della diga foranea, producendo un afflusso istantaneo di volumi d'acqua

ragguardevoli, che producono un'agitazione ondosa nello specchio acqueo del canale stesso.

Il processo fisico, oggetto di studio, è la tracimazione della diga foranea da parte delle onde da vento che si generano in mare aperto e dalla successiva evoluzione della perturbazione oscillatoria conseguente nel canale di calma. Il fenomeno è subordinato agli effetti di dissipazione legati al frangimento dell'onda incidente e ai processi di dissipazione che avvengono durante la propagazione dell'onda trasmessa.

Poiché non esiste una trattazione teorica esaustiva per studiare questo tipo di fenomeno, sono stati applicati diversi metodi, che consentono di valutarne gli effetti idrodinamici:

- schema idraulico: funzionamento a grondaia
- schema marittimo: formulazioni empiriche
- schema idrodinamico.

Si è ritenuto sufficiente svolgere le analisi per eventi con periodo di ritorno complessivo pari a $T_r=5$ anni e $T_r=100$ anni.

Per una verifica puntuale delle analisi svolte si rimanda alla relazione di progetto¹⁷; in questa sede si riportano solo i principali risultati ottenuti, che evidenziano come le onde trasmesse per eventi con tempo di ritorno pari a 5 anni si aggirino sui 70 cm, a tergo della diga foranea, che si riducono a 20 cm in prossimità della banchina aeroportuale, mentre con tempo di ritorno centennale, i valori passano rispettivamente a 90 cm e 30 cm.

Si ricorda che, almeno nel caso degli eventi più frequenti, le condizioni di moto ondoso riscontrate sono compatibili con gli attuali usi di navigazione del canale di calma.

3.2.2.3 Correnti litoranee

3.2.2.3.1 Introduzione

La descrizione delle caratteristiche generali della circolazione lungo la costa ligure e le elaborazioni condotte sulle misure correntometriche a disposizione, che vengono di seguito brevemente riportate, sono tratte dallo "Studio Meteomarine" elaborato dalla società D'Appolonia nel 2008 nell'ambito dello "Studio di fattibilità" citato in precedenza; ad esso si rimanda per l'analisi completa della dinamica litoranea dell'area di studio.

3.2.2.3.2 Caratteristiche delle masse d'acqua

L'analisi dei dati storici relativi al Mar Ligure e al Mar Tirreno evidenzia che:

- i due bacini differiscono sostanzialmente per le loro proprietà termiche: ne consegue che la densità ha un andamento analogo a quella della temperatura;
- l'acqua del Mar Ligure si mantiene generalmente a temperature medie sensibilmente inferiori a quelle del Tirreno: il gradiente termico tra i due bacini si presenta massimo nella stagione invernale. In tale stagione, considerando che la salinità si mantiene su valori abbastanza simili nei due bacini, risulta massimo anche il gradiente di densità.

¹⁷ Relazione "ANALISI DELLA PROPAGAZIONE DELLE ONDE DI TRACIMAZIONE DELLA DIGA FORANEA NEL CANALE DI CALMA". Elaborato nr. IDR9040.

La contemporanea presenza di due masse d'acqua, che presentano proprietà molto diverse tra di loro, fa sì che al largo delle coste liguri si verifichino intensi processi di mescolamento oltre a notevoli cambiamenti nel campo di massa nel corso delle stagioni.

Un ruolo importante gioca anche la batimetria: la piattaforma continentale, molto ridotta lungo quasi tutto l'arco ligure, si allarga nei pressi di La Spezia fino a formare una pianura costiera che, all'altezza di Capraia, è ampia più di 60 km. Lungo il bordo di questa pianura, canyons trasversali la collegano ad una terrazza intermedia (Terrazza di La Spezia) che presenta profondità dell'ordine dei 500 m.

Nella parte più meridionale la Terrazza di La Spezia si solleva leggermente fino a formare la soglia Corso-Toscana, ad una profondità di poco superiore ai 400 m. E' attraverso questa soglia che si verifica il collegamento con l'elemento fisiografico più settentrionale del bacino tirrenico, la Fossa Toscana, che costituisce il prolungamento della Terrazza di La Spezia tra la piattaforma continentale corsa e quella toscana.

3.2.2.3.3 Caratteristiche generali della circolazione

L'andamento generale del flusso lungo la costa ligure si presenta antiorario, con correnti che tendono a fluire mediamente, sia in superficie che sul fondo, verso il Golfo del Leone (Saliot, 2007)¹⁸.

In superficie scorre l'acqua di provenienza atlantica, la cosiddetta MAW (Modified Atlantic Water), che dopo aver modificato parzialmente le sue caratteristiche nell'attraversamento del Mare di Alboran, si propaga lungo la costa algerina e attraversa il canale di Sardegna, dividendosi poi in due rami: uno si propaga verso il Canale di Sicilia, l'altro risale la penisola in senso antiorario fino alla costa savonese, da dove fluisce verso SO.

L'acqua levantina (LIW, Levantine Intermediate Water) si forma nel Mediterraneo Orientale, fluisce negli strati intermedi (alle profondità di 300-600 m) del Canale di Sicilia e risale la penisola fino all'altezza della Corsica, dove si divide in due rami, uno dei quali raggiunge la costa savonese e fluisce verso SO.

La circolazione più profonda è caratterizzata dalla presenza dell'acqua profonda del Mediterraneo Occidentale (WMDW, Western Mediterranean Deep Water) che si forma nel Golfo del Leone quando le condizioni invernali causano il mescolamento e l'affondamento delle acque MAW e LIW; la nuova massa d'acqua fluisce sotto i 600 m di profondità con traiettoria antioraria.

Gli aspetti principali messi in evidenza dalla letteratura specialistica sono i seguenti:

- il campo di corrente presenta valori sufficientemente elevati anche in profondità, soprattutto nelle stagioni fredde, ed una rilevante variabilità spaziale;
- la batimetria svolge un ruolo determinante nella circolazione;
- le condizioni meteorologiche influenzano notevolmente il regime dinamico, sia per l'effetto diretto dello "stress" del vento sulla superficie, sia per l'azione indiretta che il vento esercita sui flussi di calore e conseguentemente sulla densità superficiale dei bacini. Inoltre i gradienti barici, che si verificano soprattutto durante il passaggio delle perturbazioni, inducono oscillazioni di livello che vanno ad incidere sul campo di corrente.

3.2.2.3.4 Dati correntometrici disponibili ed analisi eseguite

I dati correntometrici disponibili, analizzati nello "Studio Meteomarin" elaborato dalla società D'Appolonia, sono i seguenti:

- dati di corrente misurati mediante un profilatore ad effetto Doppler installato a -55 m di profondità, in corrispondenza della Piattaforma Isola. Si tratta di 41 milioni di records, con campionamento di 2 s, per un totale di 4 anni di misure relative alle quote di -2, -12, -24, -36, -48 m dalla superficie;
- dati rilevati da ARPAL su un fondale di -52 m al largo di Arenzano, nei pressi del punto di naufragio della Haven, dal 10/9/2003 al 31/8/2004 mediante un profilatore ad effetto Doppler, riferiti alle quote -4, -14, -32, -42, -50 m dalla superficie. Le serie temporali dello strato più profondo, da -32 a -50 m, si interrompono alla data del 5 Febbraio 2004; mancano dunque i dati primaverili ed estivi.

L'ubicazione dei punti di misura dei dati disponibili è riportata nella Figura 3-23.

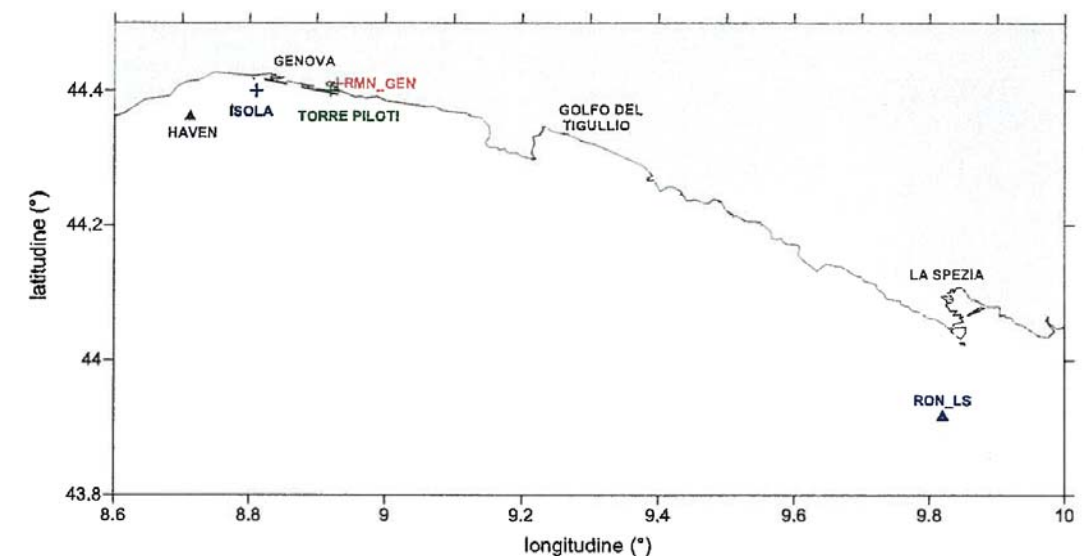


Figura 3-23 Ubicazione dei punti di misura dei dati disponibili

3.2.2.3.5 Dati alla Piattaforma-Isola

Le 5 serie temporali rilevate dal profilatore Doppler installato nei pressi della Piattaforma-Isola, pur affette da numerosi dati mancanti (65% del totale), forniscono comunque preziose informazioni sulle caratteristiche della corrente locale.

I dati sono stati analizzati al fine di valutare le caratteristiche tipiche del campo di corrente locale, di valutare il contributo dei diversi termini forzanti meteo-marini alla circolazione e di evidenziare le periodicità tipiche della corrente.

L'analisi statistica ha consentito di evidenziare le caratteristiche di intensità e direzionalità dei dati misurati; nella Figura 3-24 e nella Figura 3-25 sono riportate le distribuzioni della velocità della corrente in funzione della direzione della propagazione e le distribuzioni direzionali in forma grafica, rispettivamente alle quote -2 m e -48 m dalla superficie.

Dai grafici riportati si evince che la corrente è prevalentemente diretta verso SO-O (210°-270° N), nel 47% circa dei casi, e verso NE-E (30°-90° N), nel 36% dei casi. Si può

¹⁸ Alain Saliot, 2007. 'The Mediterranean Sea', Springer

dedurre che la propagazione della corrente avviene prevalentemente lungo le batimetriche e risente del canale d'ingresso alla baia dell'aeroporto di Genova.

Per quanto riguarda l'intensità, nello strato superficiale circa il 67% degli eventi è caratterizzato da velocità inferiori o uguali a 10 cm/s e circa il 95% da velocità inferiori o uguali a 20 cm/s. Velocità superiori a 30 cm/s sono presenti in circa l'1% dei casi, mentre il valore massimo misurato è di 60 cm/s.

Nello strato di fondo circa il 70% degli eventi è caratterizzato da velocità inferiori o uguali a 10 cm/s e circa il 97% da velocità inferiori o uguali a 20 cm/s. Il valore massimo misurato è di 45 cm/s.

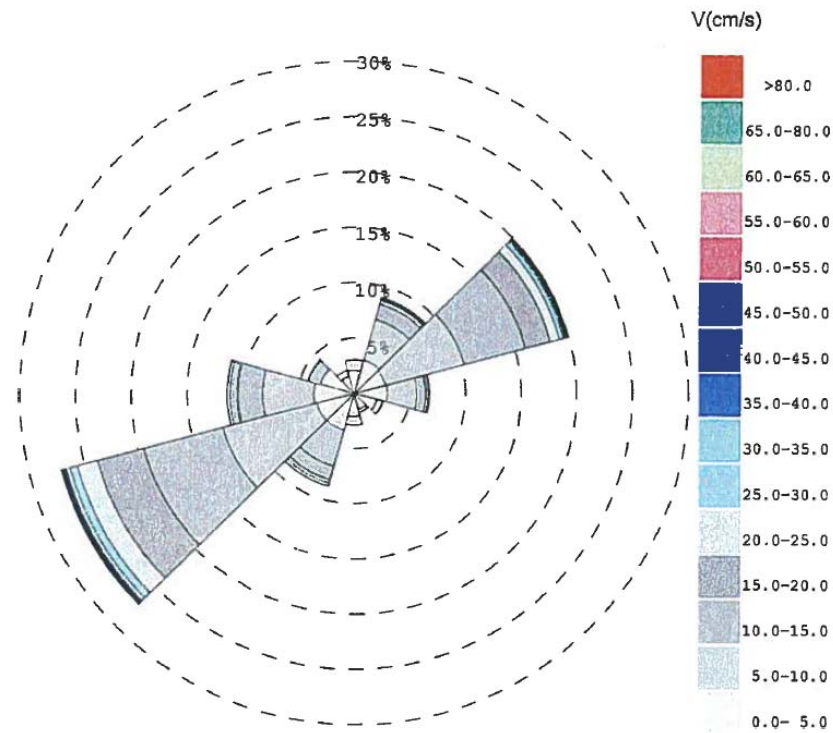


Figura 3-24 Piattaforma-Isola: distribuzione (%) della velocità di corrente per direzione di propagazione e rosa della corrente (-2 m dalla superficie)

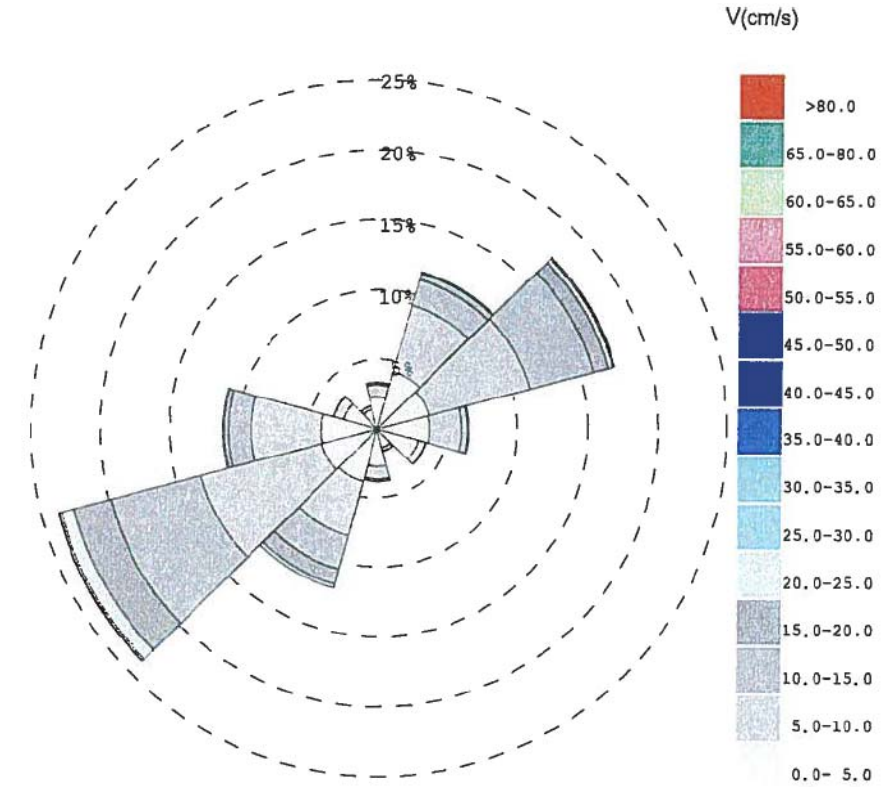


Figura 3-25 Piattaforma-Isola: distribuzione (%) della velocità di corrente per direzione di propagazione e rosa della corrente (-48 m dalla superficie)

L'analisi spettrale ha consentito invece di individuare la presenza di eventuali fenomeni ripetuti nel tempo e le loro frequenze caratteristiche.

L'analisi ha evidenziato picchi alle seguenti frequenze:

- 12.4 ore, corrispondente alla marea semidiurna;
- 24 ore, corrispondente alla marea diurna;
- 17.1 ore, corrispondente alla componente inerziale.

I dati di corrente rilevati alla Piattaforma-Isola sono stati infine elaborati al fine di estrapolare i valori estremi della corrente, direzionali e omnidirezionali, per le varie quote di misura.

I risultati alle quote -2 m e -48 m dalla superficie sono riportati nella Tabella 3-21.

Tabella 3-21 Piattaforma-Isola: valori estremi di corrente a -2 m e a -48 m dalla superficie

DIR (°N)	PERIODO DI RITORNO IN ANNI			DIR (°N)	PERIODO DI RITORNO IN ANNI		
	1	10	50		1	10	50
	V (cm/s)	V (cm/s)	V (cm/s)		V (cm/s)	V (cm/s)	V (cm/s)
0	20	28	34	0	20	27	32
30	36	46	53	30	34	39	48
60	56	68	76	60	37	44	48
90	28	35	39	90	22	28	32
120	17	25	31	120	14	19	23
150	14	21	25	150	13	20	24
180	18	25	29	180	19	25	30
210	41	54	62	210	28	34	37
240	57	68	75	240	35	39	44
270	37	46	52	270	27	32	36
300	23	34	42	300	14	18	21
330	13	17	20	330	12	16	19
OMNI	60	72	80	OMNI	38	44	48

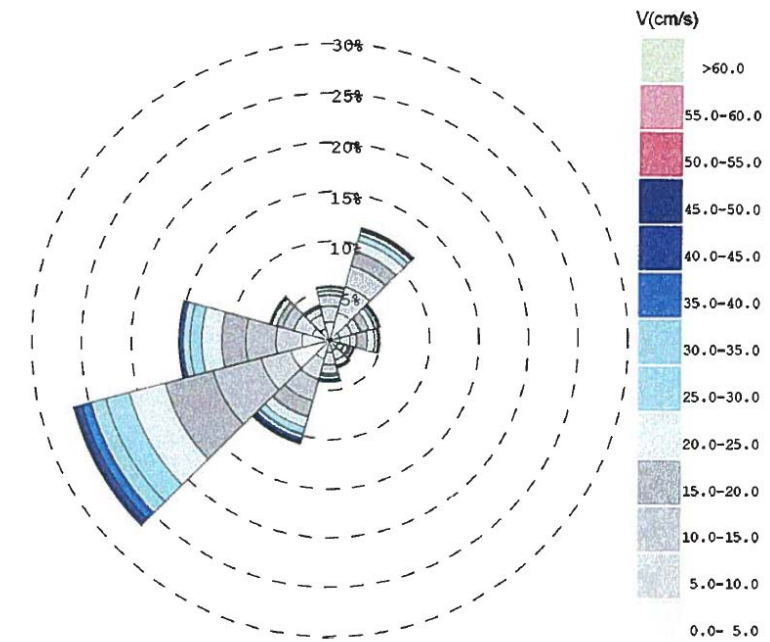


Figura 3-26 Haven: distribuzione (%) della velocità di corrente per direzione di propagazione e rosa della corrente (-4 m dalla superficie)

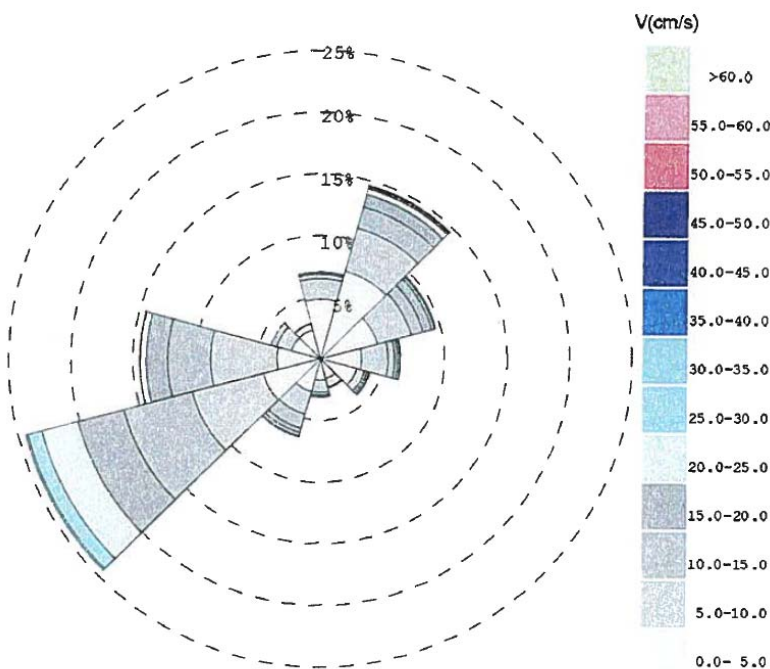


Figura 3-27 Haven: distribuzione (%) della velocità di corrente per direzione di propagazione e rosa della corrente (-50 m dalla superficie)

3.2.2.3.6 Dati in corrispondenza del relitto della Haven

Le 5 serie temporali rilevate dal profilatore Doppler installato nei pressi del relitto Haven presentano una notevole variabilità associata a fenomeni aventi scala locale: probabilmente la presenza dello scafo crea piccole modifiche al campo di corrente locale. Parte di questa variabilità è comunque associabile a “rumore” connesso con la tipologia di misura; il rumore è tuttavia contenuto in termini più che accettabili e non inficia la bontà della misura.

L’analisi statistica ha consentito di evidenziare le caratteristiche di intensità e direzione dei dati misurati; nelle figure seguenti (Figura 3-26 e Figura 3-27) sono riportate le distribuzioni della velocità della corrente in funzione della direzione della propagazione e le distribuzioni direzionali, rispettivamente alle quote -4 m e -50 m dalla superficie.

Dai grafici riportati si evince che la corrente è diretta verso SO-O (210°-270° N) nella prevalenza dei casi (53-54% nello strato più superficiale, 45-46% nello strato sottostante). Rilevante è anche la frequenza degli eventi che presentano direzione NE-E (20°-90° N), pari al 22-25% nello strato superficiale ed al 30-32% nello strato di fondo.

Anche in questo caso si evidenzia che la propagazione della corrente avviene prevalentemente lungo le isobate.

Per quanto riguarda l’intensità, nello strato superficiale circa il 42% degli eventi è caratterizzato da velocità inferiori o uguali a 10 cm/s, circa il 76% da velocità inferiori o uguali a 20 cm/s. Velocità superiori a 40 cm/s sono presenti in circa il 2% dei casi, mentre il valore massimo misurato è di 65 cm/s.

Nello strato di fondo circa il 70% degli eventi è caratterizzato da velocità inferiori o uguali a 10 cm/s, circa il 93% da velocità inferiori o uguali a 20 cm/s. Il valore massimo misurato è di 40 cm/s.

3.2.2.3.7 Conclusioni

Dalle analisi presentate risulta che le correnti presenti nell’area esaminata sono caratterizzate da una notevole variabilità, in intensità e direzione, lungo tutta la colonna d’acqua, sia nello strato superficiale che in quello di fondo.

La corrente superficiale risulta sempre superiore alla corrente rilevata negli strati più profondi ed ha una direzione prevalente molto simile su tutta la colonna d'acqua: il sistema è cioè prevalentemente barotropico.

La carenza di dati correntometrici non permette di valutare se nel corso dell'estate il sistema sia a volte baroclinico, cioè presenti un doppio strato con caratteristiche di flusso opposte.

I valori massimi della componente Ovest-Est sono di circa 60 cm/s a -4 m dalla superficie e di 35 cm/s a 2 m dal fondo, quelli della componente Sud-Nord sono rispettivamente 67 cm/s e 30 cm/s.

I valori medi sono dell'ordine dei 2 cm/s alla Piattaforma-Isola mentre nei pressi del relitto Haven sono di 6 cm/s a -4 m dalla superficie e di 3 cm/s in prossimità del fondo, entrambi con direzione verso Ovest, cioè uscente dal Mar Ligure.

Tali valori sono in accordo con il noto flusso uscente di acqua Atlantica e Levantina di cui si è parlato in precedenza.

Sulla base dei dati disponibili, quindi, l'intensità della corrente che lambisce le coste liguri può essere valutata, al largo, in alcune decine di cm/s (mediamente ~ 20 cm/s).¹⁹

Al fine di tenerne conto nel presente studio, si è considerata una corrente proveniente da Est, parallela alla costa, con intensità fino a 10 cm/s nella zona più esterna del dominio di calcolo.

3.2.2.4 Correnti e fenomeni dispersivi nella zona di progetto

Il canale di calma del porto di Genova, situato tra Cornigliano e l'estremità di ponente dell'aeroporto "Cristoforo Colombo", è un sistema idrico che, pur geometricamente ben definito, presenta la necessità di un'analisi approfondita, soprattutto data la presenza di alcune foci di torrenti e rii (T. Polcevera, Rio Roncallo e Rio Secco) e un orientamento e collegamenti verso il mare aperto che, anche se riparano dal moto ondoso, possono costituire una via preferenziale all'insorgere di correnti secondarie.

Poiché allo stato attuale non sono disponibili campagne di misura di parametri idrodinamici in generale, e correntometrici in particolare, che consentano una valutazione di dettaglio dei regimi locali, è stato necessario applicare il modello idrodinamico descritto nella parte metodologica al fine di determinare le relazioni tra condizioni al contorno (marea, correnti litoranee, velocità del vento) ed il campo correntometrico locale.

In particolare, poiché l'obiettivo del presente studio è l'identificazione e la valutazione degli effetti indotti dalle nuove opere soprattutto in relazione ai fenomeni di dispersione e di qualità delle acque, il modello idrodinamico è stato orientato alla valutazione delle correnti e dei fenomeni dispersivi ed applicato in condizioni meteo marine caratterizzate da tempi di ritorno frequenti. Il dettaglio delle condizioni al contorno applicate è riportato nel paragrafo seguente.

¹⁹ Astraldi, M., and G. Gasparini, La circolazione costiera nel Mar Ligure orientale, Ist. Biol. Univ. Genova, 1986.

Cerrano C., Ponti M., Silvestri S. Guida alla biologia marina del Mediterraneo, Ananke Edizioni, ISBN 88-7325-050-5, 2004

Relini G., Dominio pelagico - il Santuario dei cetacei Pelagos, Museo Friulano di Storia Naturale, Udine, ISBN 88 88192 30 1, 2007

Laghi, M., Analisi della variabilità della circolazione del Mar Mediterraneo, Tesi di laurea in Oceanografia e Meteorologia - Università di Bologna, 2003

3.2.2.4.1 Le condizioni al contorno applicate

Come indicato in precedenza, per ogni scenario sono state applicate delle condizioni al contorno caratteristiche del sito di interesse; in particolare:

- Oscillazione di marea
- Correnti litoranee
- Velocità del vento
- Deflussi di acque dolci agli scarichi principali

Oscillazione di marea

Al fine di valutare l'effetto medio in termini di velocità e quindi di trasporto dovuto all'oscillazione della marea, si è adottato, sulla base delle analisi riportate precedentemente, la seguente marea sintetica media:

- Ampiezza (A): 0,12 m
- Periodo (T): 12 ore

In questo modo viene identificata una marea sinusoidale che oscilla tra quota + 0,12 m e quota -0,12 m rispetto al medio mare con un periodo di 12 ore, caratteristico delle maree semidiurne come quelle reali che si verificano a Genova. L'utilizzo di una marea sintetica ciclostazionaria consente di instaurare dei campi di moto stabili atti a mettere in risalto le variazioni indotte dalla geometria del sistema.

Correnti litoranee

Sulla base di quanto riportato nei paragrafi precedenti, sempre nell'ottica di realizzare uno scenario con forzanti idrodinamiche medie, si è ritenuto di imporre una velocità litoranea da est verso ovest di intensità uniforme di 10 cm/s.

Si assume che questa velocità sia rappresentativa di un fenomeno variabile che, sulla base dei dati disponibile, può essere compreso tra pochi centimetri al secondo, fino a intensità massime, anche se sul breve periodo, di parecchie decine di centimetri al secondo (valori massimi di circa 60 cm/s).

Sulla base della letteratura disponibile, valori analoghi sono stati applicati anche in altri studi analoghi sempre per il litorale ligure.

Velocità del vento

Per le simulazioni con il modello matematico sono stati considerati i seguenti eventi di vento:

- a) Calma di vento
- b) Vento di scirocco con intensità di 12 m/s
- c) Vento di libeccio con intensità di 10 m/s

Tali venti, infatti, sono abbastanza frequenti ed hanno un'influenza diretta sui campi di velocità della corrente e, quindi, consentono di visualizzare gli effetti indotti anche localmente da questi fenomeni.

Deflussi di acque dolci agli scarichi principali

Al fine di verificare l'effetto degli scarichi di questi corsi d'acqua sui campi di moto locali e sulla dispersione, per ognuno degli scenari considerati sono stati presi in considerazione i seguenti deflussi:

- a) Deflusso nullo, quindi caratteristico dei periodi di secca

b) Deflusso di piena con tempo di ritorno di 1 anno; questo scenario è stato considerato specialmente in relazione all'analisi dei campi di dispersione per verificare l'andamento delle concentrazioni di traccianti conservativi in periodi di piena ricorrente.

Per tali parametri, quindi, sono stati utilizzati i deflussi riportati nella seguente Tabella 3-22.

Tabella 3-22 Portate di deflusso considerate per le immissioni dei corsi d'acqua nell'analisi dei campi di corrente e della dispersione

	Torrente Polcevera (m ³ /s)	Rio Roncallo (m ³ /s)	Rio Secco (m ³ /s)
Condizione di secca	0,0	0,0	0,0
Piena annuale	300,0	5,0	1,5

Sulla base di quanto sopra ricordato, quindi, l'insieme delle simulazioni effettuate per l'analisi delle correnti e della dispersione nella zona di progetto, per la configurazione attuale, è quello riportato in Tabella 3-23.

Tabella 3-23 Quadro sinottico delle simulazioni effettuate per lo studio del campo di correnti e della dispersione nella situazione attuale

Simulazione	Marea	Correnti litoranee	Deflussi acque dolci	Velocità del vento
1	Ciclostazionaria sinusoidale Ampiezza ±12 cm Periodo 12 ore	Costante da Est di 10 cm/s	Condizione di secca	Calma di vento
2				Scirocco 12 m/s
3				Libeccio 10 m/s
4			Piena annuale	Calma di vento
5				Scirocco 12 m/s
6				Libeccio 10 m/s

È necessario sottolineare che, mentre i campi di moto sono stati analizzati per tutte le simulazioni considerate, la dispersione è stata studiata solo per le tre simulazioni che prevedono i deflussi dai corsi d'acqua in condizione di piena annuale, in quanto i traccianti sono stati associati direttamente agli apporti di acqua dolce, nell'assunzione che questi rappresentino le principali sorgenti di inquinamento.

Nel paragrafo seguente vengono illustrati, per ogni simulazione, i principali risultati ottenuti, sia in termini di campi di corrente, sia, quando significativo, in termini di dispersione.

3.2.2.4.2 Campi di moto e dispersione per la situazione attuale

Simulazione 1

La prima simulazione, caratterizzata dalle forzanti illustrate nella Tabella 3-23, ha evidenziato come, con la sola sollecitazione dovuta alla marea ed alle correnti litoranee, la dinamicità locale sia estremamente contenuta.

Infatti, come si può vedere in Figura 3-28, il campo di moto nel canale di calma tende a mantenersi con velocità in direzione est-ovest parallele al canale stesso e con intensità di pochi centimetri al secondo. Queste velocità tendono a mantenersi costanti nel tempo in quanto la componente del moto dovuta alla presenza delle correnti litoranee usualmente ha il sopravvento sulla componente pulsante dovuta alla marea.

Le velocità nel canale si mantengono leggermente inferiori a quelle che si generano sul lato mare della diga foranea che, a sua volta, nella sua parte immediatamente all'esterno dei cassoni di protezione, risente della presenza dell'imbocco orientale del canale di calma che tende ad allontanare le linee di flusso dalla diga stessa, riducendo localmente la velocità rispetto a quella che si verifica più al largo.

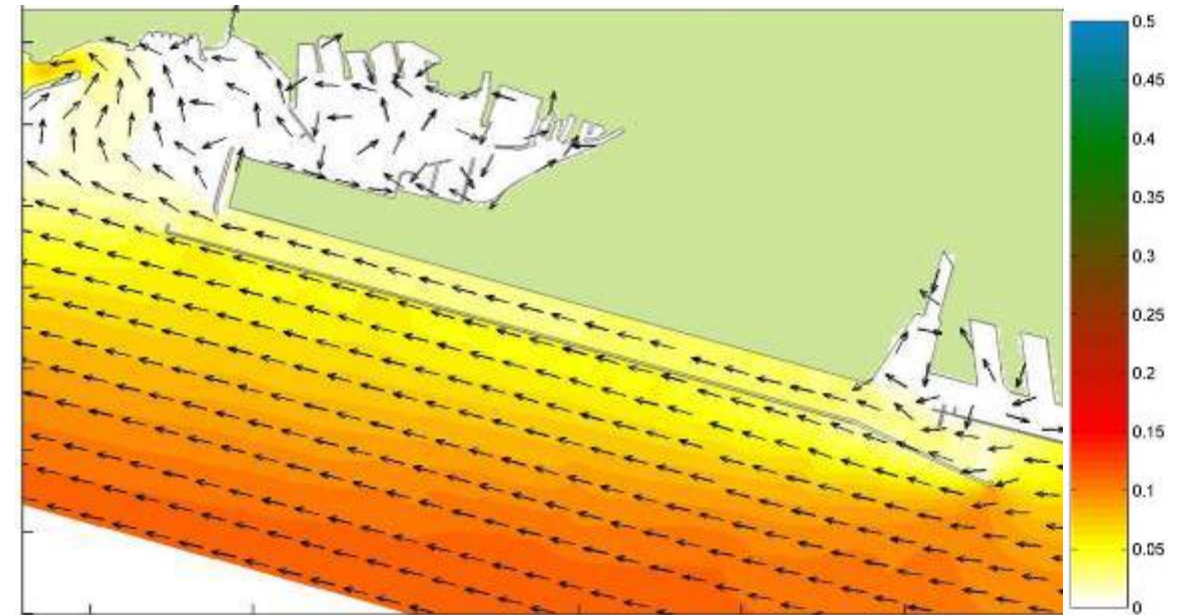


Figura 3-28 Campo di moto (m/s) generato nel canale di calma dalle forzanti applicate nella simulazione 1.

Nello sbocco verso ponente si verifica una divergenza del flusso in uscita dal canale di calma, che in parte si dirige verso nord-ovest all'imboccatura nord-occidentale del porto (verso Pegli), mentre in parte viene riportato dalla diga foranea verso sud ovest e, quindi, verso il mare aperto.

Si può comunque affermare che in queste condizioni il canale di calma si presenta come un sistema a bassissima energia che tenderà a trattenere qualunque componente, sia diluito che in sospensione, dovesse essere recapitato in quell'area.

Nonostante queste caratteristiche, in base a questa simulazione è possibile stimare che la portata media attraverso il canale di calma, in questo caso da Est verso Ovest, sia di circa 86 m³/s.

Simulazione 2

La seconda simulazione, caratterizzata sempre dalle forzanti illustrate nella Tabella 3-23, pone in evidenza che, se all'oscillazione di marea e alle correnti litoranee si sovrappone anche il vento di scirocco, il sistema cambia decisamente le sue caratteristiche.

Nella Figura 3-29 viene illustrato come il campo di moto indotto dal vento tenda a rafforzare l'effetto indotto dalle correnti litoranee: le velocità in mare aumentano fino ad oltre 20 cm/s e nel canale di calma si producono velocità anche superiori.

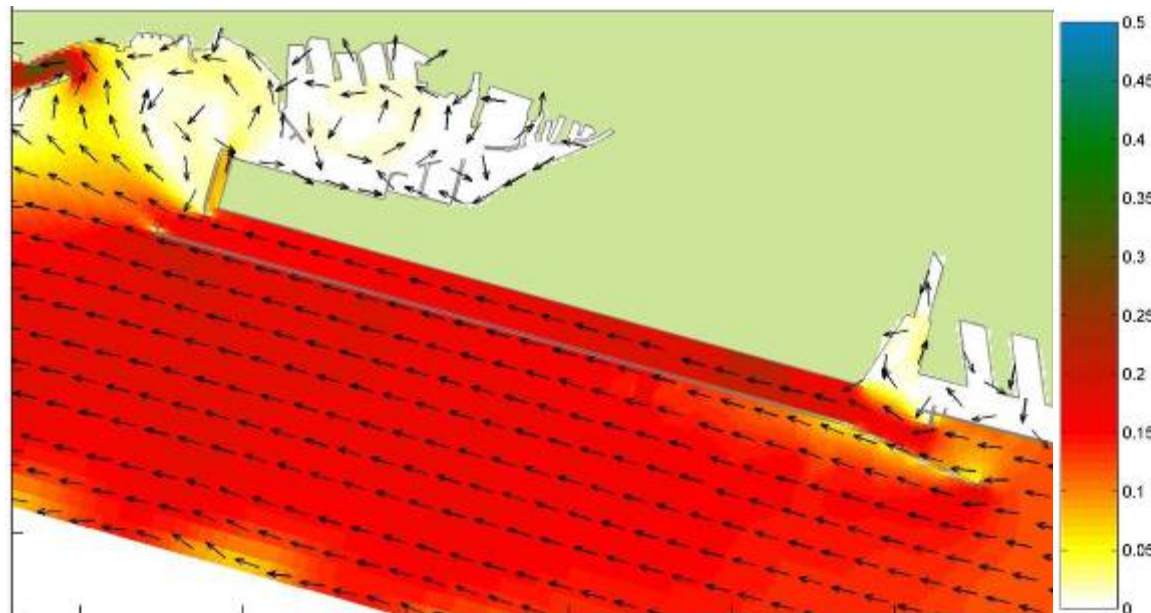


Figura 3-29 Campo di moto (m/s) generato nel canale di calma dalle forzanti applicate nella simulazione 2

Questo fenomeno è particolarmente evidente nel tratto più orientale del canale; ciò è dovuto al fatto che la foce del Polcevera ed il tratto terminale dello stesso hanno direzioni ortogonali tra loro e sezioni che variano in maniera non graduale.

Anche nell'area di sbocco del canale di calma ad ovest si nota un incremento dei fenomeni con flussi in aumento verso nord-ovest ed il generarsi di circolazioni secondarie in corrispondenza della testata dell'aeroporto.

Questo secondo scenario, quindi, è caratteristico di una situazione con capacità di ricambio molto maggiore rispetto alla precedente.

Infatti, nelle condizioni sopra descritte la portata media nel canale di calma, sempre in direzione da est a ovest, si alza, rispetto alla situazione senza vento, a circa 480 m³/s.

Simulazione 3

La terza simulazione presenta una situazione completamente diversa dalle precedenti. In questo caso, infatti, avendo sovrapposto all'oscillazione mareale ed alle correnti litoranee da est verso ovest la circolazione indotta dal vento di libeccio, si vede come

l'energia indotta dal vento sia in grado di opporsi agli effetti delle correnti litoranee e di indurre, sia nel canale di calma che sotto costa, una circolazione da ovest verso est. Pertanto, con le condizioni al contorno riportate nella Tabella 3-23 per questa simulazione, si nota, come riportato in Figura 3-30, un flusso dominante che entra dall'imboccatura ovest del canale di calma e che ritorna al mare dall'imboccatura orientale.

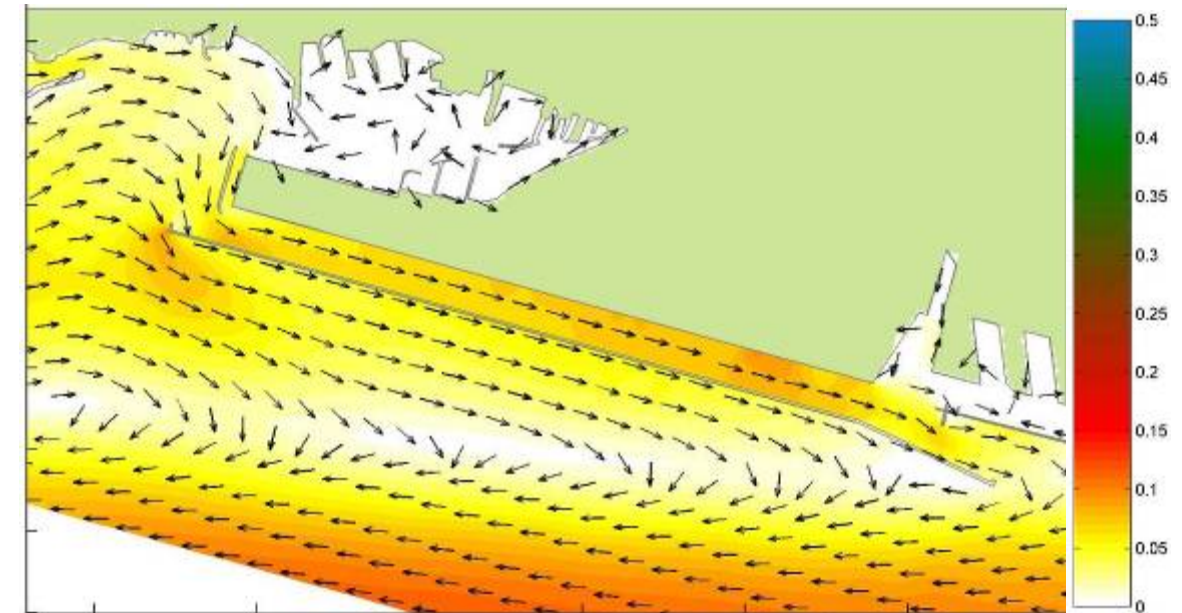


Figura 3-30 Campo di moto (m/s) generato nel canale di calma dalle forzanti applicate nella simulazione 3

In queste condizioni la velocità longitudinale nel canale di calma è leggermente superiore di quanto non lo sia nelle zone di mare aperto limitrofe alla diga foranea, attestandosi comunque su velocità limitate tra i 5 e i 10 cm/s. Inoltre tali velocità si smorzano ulteriormente passando dal canale di calma al mare attraverso la bocca di levante di comunicazione con il mare aperto.

Rispetto ai precedenti due scenari, in questo caso il flusso nel canale di calma si inverte e procede da est verso ovest con portate medie stimate di circa 194 m³/s.

Simulazione 4

A partire da questa simulazione vengono analizzate le condizioni di moto che si instaurano, secondo le condizioni illustrate nella Tabella 3-23, con i principali corsi d'acqua (T. Polcevera, R. Roncallo e R. Secco) che recapitano le portate caratteristiche di un tempo di ritorno di 1 anno.

Nella Figura 3-31 viene riportato il campo di moto generato dalle medesime condizioni al contorno della simulazione 1 (oscillazione di marea, calma di vento e correnti litoranee), alle quali è stato aggiunto un flusso proveniente dal torrente Polcevera di 300 m³/s, dal rio Roncallo di 5 m³/s e dal rio Secco di 1,5 m³/s.

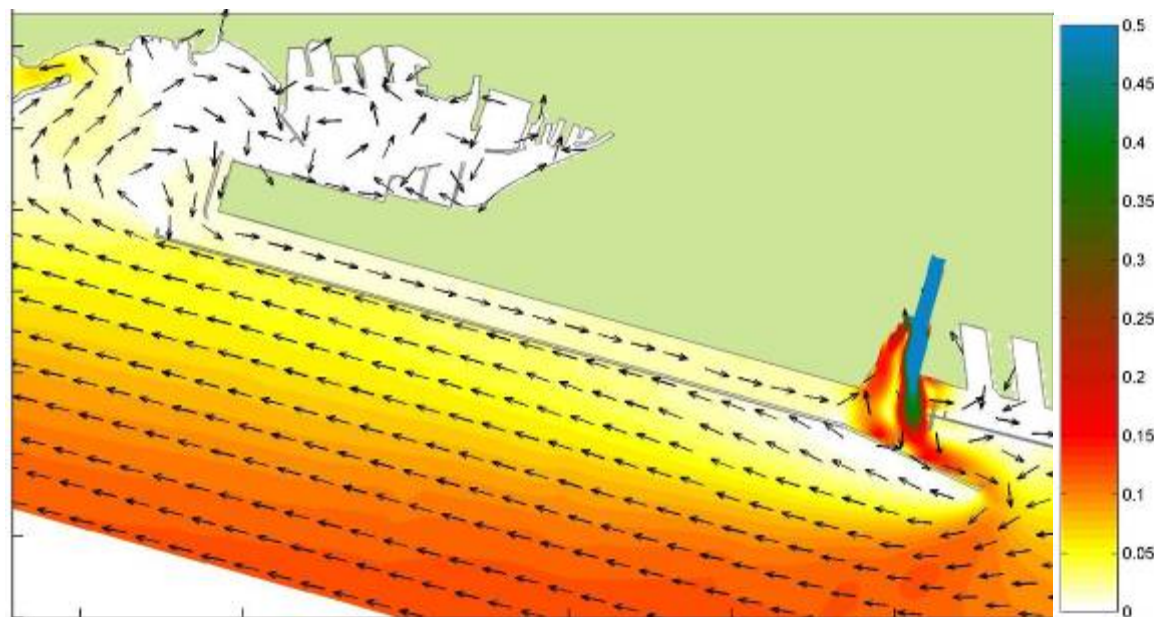


Figura 3-31 Campo di moto (m/s) generato nel canale di calma dalle forzanti applicate nella simulazione 4.

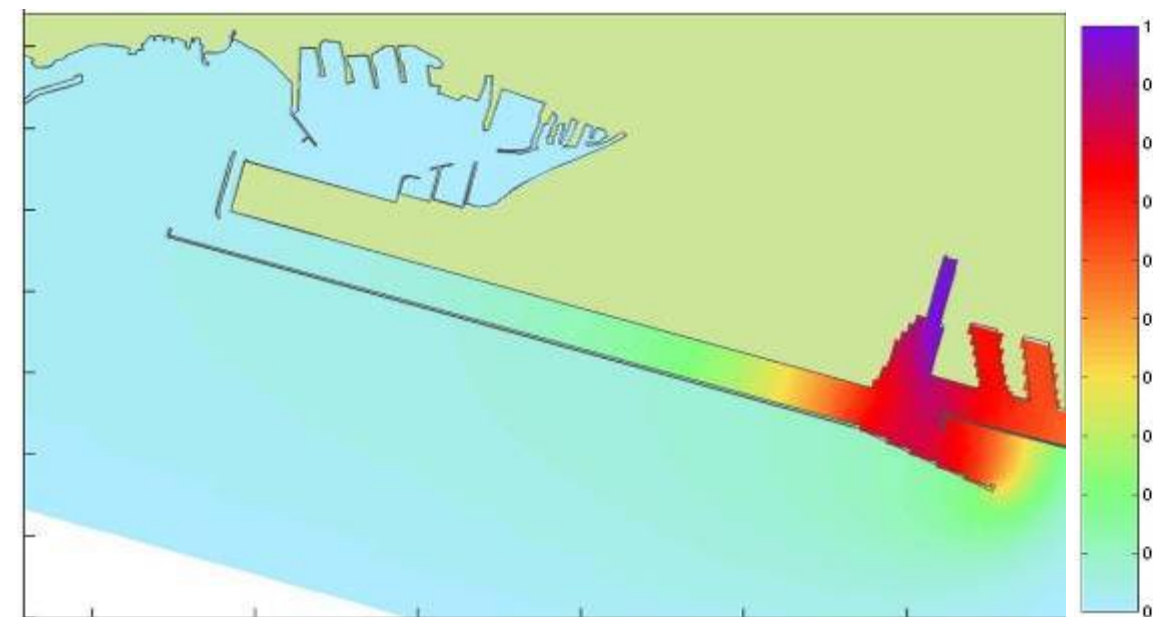


Figura 3-32 Campo di concentrazione (u.i./l) generato nel canale di calma da un tracciante conservativo unitario rilasciato dal Polcevera nella simulazione 4

Come si può notare, il flusso nel canale di calma inverte la propria direzione, rispetto alla simulazione senza scarichi dei corsi d'acqua, e la portata che si genera, da ovest verso est, si attesta sui $42 \text{ m}^3/\text{s}$. Inoltre, risulta evidente come il Polcevera formi un flusso che tende a scaricare direttamente nella bocca di comunicazione con il mare aperto, sebbene nella zona di foce tenda a formarsi un ricircolo in senso orario dovuto alla diversione della corrente principale del Polcevera contro la diga foranea.

Tale fenomeno, per quanto non confermato da misure reali, è compatibile con le batimetrie rilevate in quel tratto di canale.

Al fine di studiare i processi dispersivi che si instaurano quando i corsi d'acqua recapitano a mare portate consistenti, è stato associato al deflusso di ogni corso d'acqua considerato, in particolare al Polcevera, un tracciante conservativo teorico (u.i.), con concentrazione unitaria, al fine di verificarne la dispersione sia nel canale di calma che nei corpi idrici adiacenti.

Il considerare un tracciante conservativo unitario è una procedura standard per l'analisi dei processi dispersivi quando l'obiettivo è verificare l'influenza di differenti sorgenti rispetto al corpo idrico recettore (l'effetto è proporzionale ai contributi).

Ci sono infatti in natura molti traccianti, riconducibili a inquinanti o meno, che tendono a comportarsi come conservativi, cioè che non sono soggetti a fenomeni di decadimento ma alla sola dispersione. Il primo fra tutti è la salinità che, di per sé è un indicatore di qualità, così come a traccianti conservativi possono essere assimilati i metalli pesanti in soluzione ed i nutrienti, almeno su brevi periodi di tempo, prima che intervengano processi fisici, chimici o biologici di trasformazione.

Oltre a ciò, utilizzare traccianti conservativi consente di ottenere un quadro della situazione peggiore teoricamente possibile nella colonna d'acqua.

Nella Figura 3-32 viene riportato il campo di concentrazione relativo al tracciante associato ai corsi d'acqua dolce, con il campo idrodinamico sopra ricordato.

Le maggiori concentrazioni si manifestano, ovviamente, nel canale di foce del torrente e, quindi, si nota una doppia dispersione con concentrazioni analoghe, di cui una si dirige verso il canale di comunicazione verso il mare aperto a sud-est, mentre un'area di concentrazione elevata si manifesta nel canale di calma, ben oltre la banchina ILVA, nonostante la corrente ovest-est proveniente dal canale di calma stesso.

In ogni caso i gradienti sono tali che il processo dispersivo si esaurisce all'interno del corpo idrico del canale di calma.

Simulazione 5

Nella quinta simulazione sono stati analizzati il campo di moto ed i processi dispersivi indotti dalle medesime forzanti applicate per la simulazione 2, a cui sono stati aggiunti i deflussi dei corsi d'acqua dolce con portate aventi tempi di ritorno di 1 anno, come nella simulazione 4.

Per quanto riguarda la parte strettamente idrodinamica, il cui campo di moto è riportato in Figura 3-33, si può notare come venga confermato il rafforzamento del flusso in direzione est-ovest nel canale di calma, tanto che l'andamento della corrente proveniente dal Polcevera che, in condizione di calma di vento tendeva a defluire direttamente verso il mare aperto, in questo caso viene forzata verso il canale di calma stesso.

In questo caso le portate fluenti nel canale di calma, da est verso ovest, si attestano su valori di circa $491 \text{ m}^3/\text{s}$, quindi leggermente più elevate rispetto alla situazione senza scarichi.

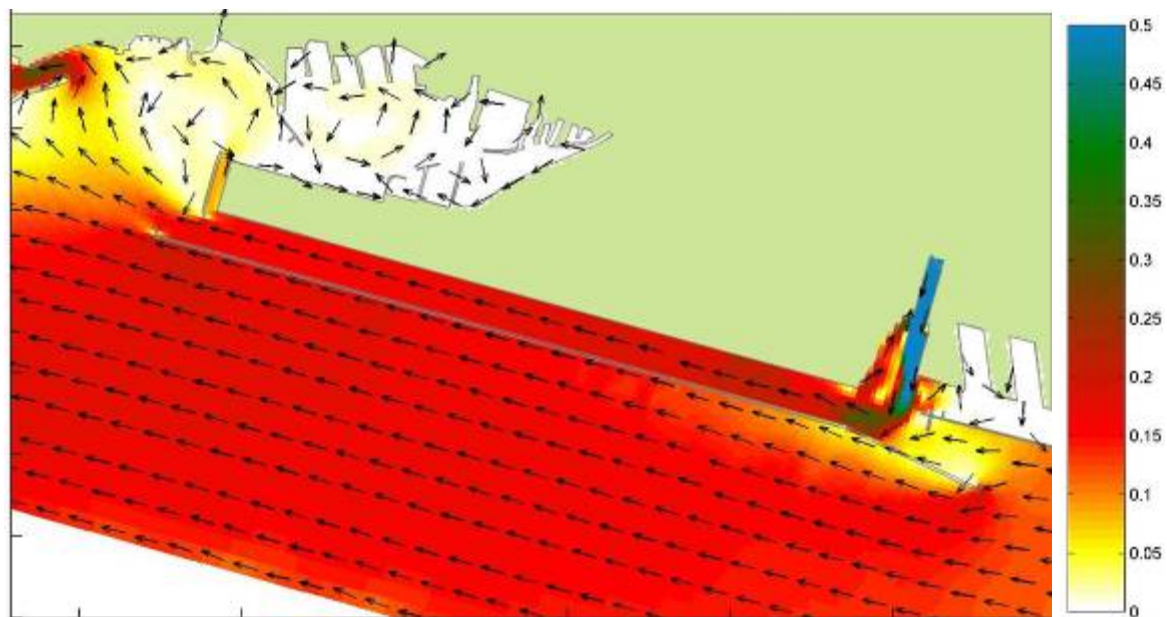


Figura 3-33 Campo di moto (m/s) generato nel canale di calma dalle forzanti applicate nella simulazione 5

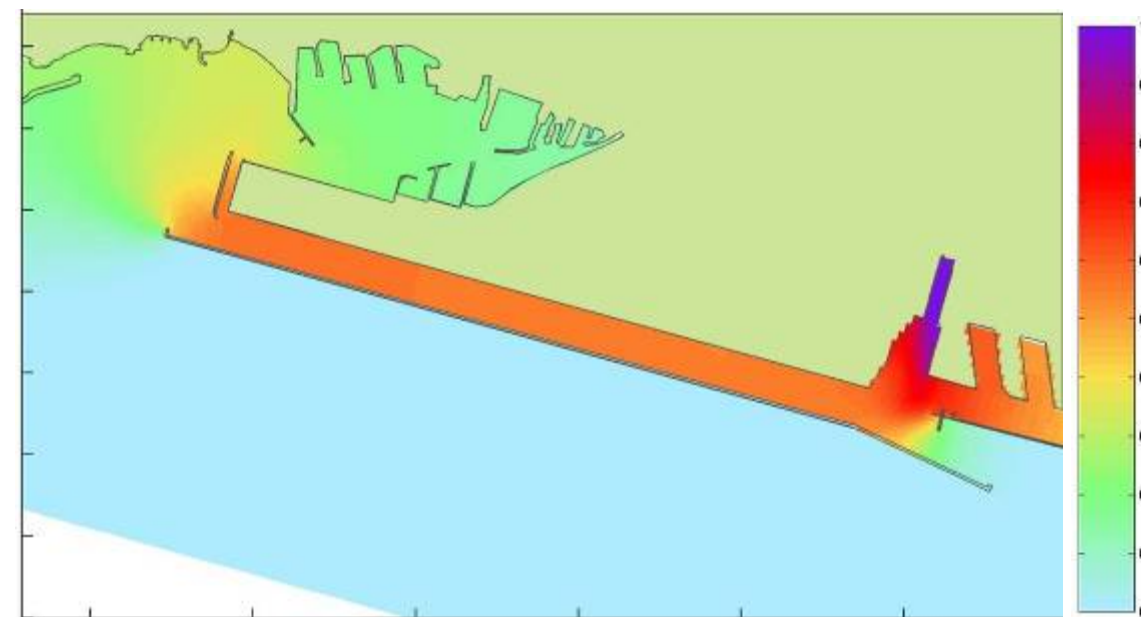


Figura 3-34 Campo di concentrazione (u.i./l) generato nel canale di calma da un tracciante conservativo unitario rilasciato dal Polcevera nella simulazione 5

Di questa situazione risente anche il campo delle concentrazioni del tracciante conservativo rilasciato dal Polcevera che, diversamente dalla situazione con calma di vento, presenta un campo di concentrazione completamente sviluppato all'interno del canale di calma, con una distribuzione sostanzialmente uniforme delle concentrazioni che determinano, allo sbocco di ponente, un pennacchio di dispersione verso il bacino portuale di Multedo-Pegli (**Figura 3-34**).

È interessante sottolineare come, da un punto di vista quantitativo, in un punto di verifica posizionato a circa metà del canale di calma, la concentrazione di tracciante conservativo assunta, nella simulazione 4 senza vento, concentrazioni di circa 0,05 u.i./l, mentre considerando l'effetto del vento di scirocco le concentrazioni salgano a valori prossimi a 0,6 u.i./l (con un valore massimo al rilascio di 1 u.i./l), quindi con un aumento di oltre un ordine di grandezza.

Simulazione 6

Nella sesta simulazione sono stati analizzati il campo di moto ed i processi dispersivi indotti dalle medesime forzanti applicate per la simulazione 3, a cui sono stati aggiunti i deflussi dei corsi d'acqua dolce con portate aventi tempi di ritorno di 1 anno, come nelle simulazioni 4 e 5.

Per quanto riguarda la parte strettamente idrodinamica, il cui campo di moto è riportato in Figura 3-35, si può notare come le velocità nel canale di calma siano sostanzialmente analoghe alla situazione senza scarichi (Figura 3-30), sia in termini di intensità che di direzione.

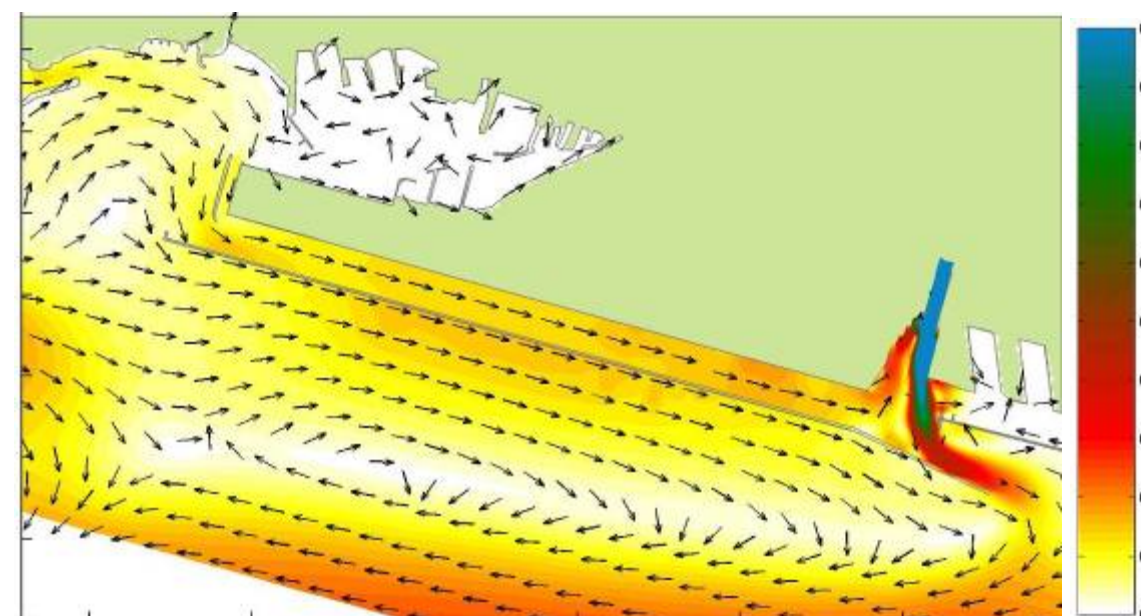


Figura 3-35 Campo di moto (m/s) generato nel canale di calma dalle forzanti applicate nella simulazione 6

Infatti, anche ad un'analisi quantitativa, i flussi idrici nel canale di calma restano sostanzialmente invariati passando dai 194 m³/s della situazione senza deflussi ai 188 m³/s della situazione considerata nel presente paragrafo, con una riduzione percentuale di circa il 3%.

La direzione del flusso rimane da ovest verso est, contribuendo a deformare il pennacchio di velocità della foce del Polcevera verso est, tanto che il deflusso dal fiume avviene quasi direttamente nella bocca di comunicazione con il mare aperto.

Questo comportamento è confermato dalla distribuzione delle concentrazioni del tracciante conservativo rilasciato sempre dal Polcevera (Figura 3-36), che in queste condizioni creano un pennacchio completamente sviluppato verso est, tanto che le concentrazioni all'interno del canale di calma sono prossime allo zero.

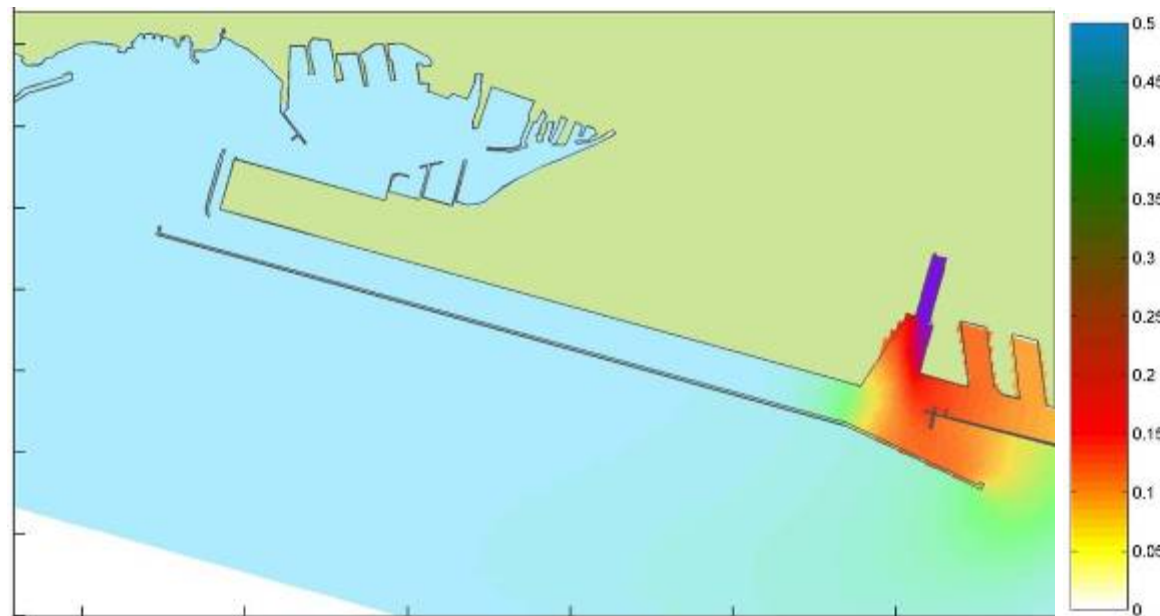


Figura 3-36 Campo di concentrazione generato nel canale di calma da un tracciante conservativo unitario rilasciato dal Polcevera nella simulazione 6

3.2.2.4.3 La dispersione dei rii minori (rio Roncallo e rio Secco)

Per l'analisi della dispersione dei corsi d'acqua minori (Rio Secco e Rio Roncallo), data l'esiguità delle concentrazioni rispetto a quelle indotte dal Polcevera, si riportano i grafici delle concentrazioni nel tempo in due punti, situati uno a est e uno a ovest dei punti di sbocco dei rii considerati (Figura 3-37).

Il primo punto, indicato con il codice (166,43), si trova nel canale di calma immediatamente a ovest del punto di immissione del rio Secco, mentre il secondo punto, indicato con il codice (215,43), si trova immediatamente a est del punto di immissione del rio Roncallo. Nella figura i due punti sono indicati con un punto rosso, mentre la collocazione dei due rii, da due frecce verdi.

Per ognuno degli scenari considerati è stato messo in grafico l'andamento nel tempo delle concentrazioni determinate dai traccianti, rilasciati con una concentrazione unitaria, associati ai deflussi dei due rii.

Come si può notare, nello scenario con calma di vento (Figura 3-38), nonostante la differenza di portata caratteristica dei due corsi d'acqua (5 m³/s per il Rio Roncallo e 1.5

m³/s per il rio Secco), nel punto più a ovest le concentrazioni sostanzialmente si equivalgono mostrando valori medi di circa 2×10^{-2} u.i./l il rio Secco e $2,75 \times 10^{-2}$ il Rio Roncallo, mentre per il punto più a est la concentrazione del Rio Roncallo ($5,5 \times 10^{-2}$) è sensibilmente maggiore di quella del tracciante associata al rio Secco ($1,5 \times 10^{-2}$).

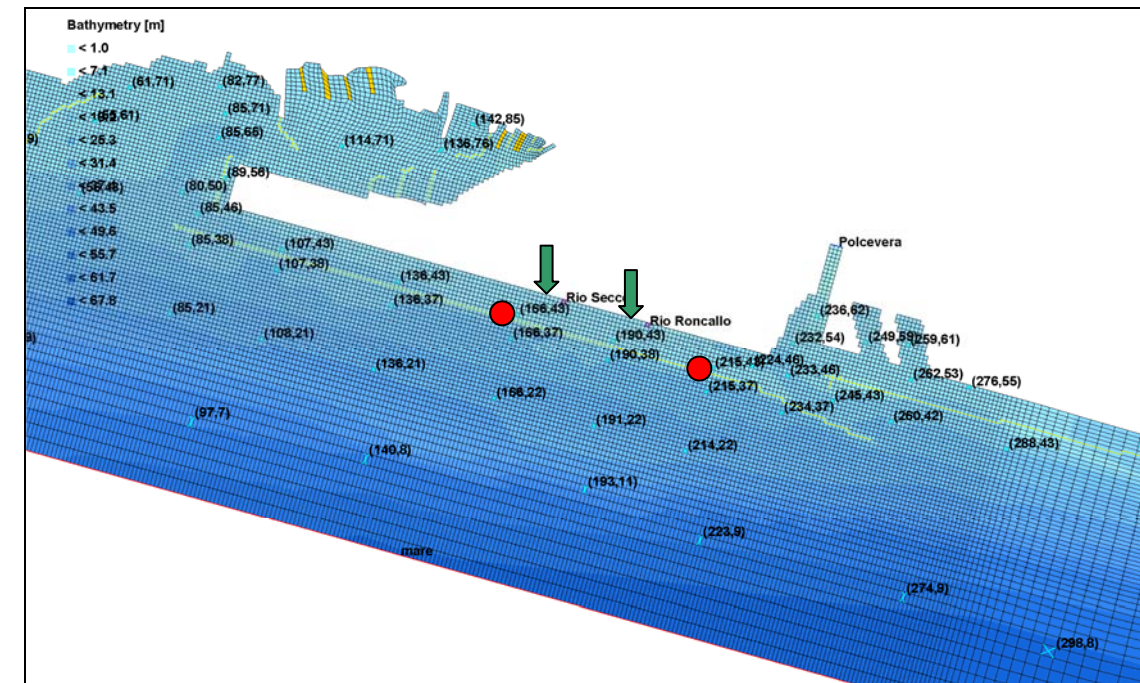


Figura 3-37 Collocazione dei punti di per la visualizzazione dell'andamento delle concentrazioni dei traccianti rilasciati dai corsi d'acqua minori

Questo si spiega tenendo in conto sostanzialmente 2 fattori:

- il flusso prevalente è in direzione ovest-est e, quindi, la concentrazione a ovest delle foci dei due rii è fondamentalmente dovuta a processi dispersivi e non avvevativi;
- a est dei due punti, in questo caso a valle dei rilasci, dove l'avvezione diventa preponderante, è maggiormente influente la quantità di tracciante rilasciato in termini di massa dai due rii, con il Rio Roncallo oltre 3 volte maggiore rispetto al Rio Secco e, inoltre, più vicino al punto di rilevamento.

Ragionamento analogo vale per lo scenario con il vento di scirocco (Figura 3-39) nel quale, peraltro, dato il maggior flusso nel canale di calma e la direzione opposta rispetto alla situazione con calma di vento, le concentrazioni sono molto minori (dell'ordine di grandezza massimo di 1×10^{-2} u.i./l per il rio Roncallo nel punto a ovest del rilascio) e addirittura trascurabili nel punto a est (il rio Secco è addirittura non rilevabile nel punto (215,43)).

Per quanto riguarda lo scenario con vento di libeccio (flusso nel canale di calma da ovest a est) si nota, come riportato in Figura 3-40, che per il punto ad ovest (166,43) diventa predominante la vicinanza della foce del Rio Secco, anche se le concentrazioni sono assolutamente contenute (max 2×10^{-3} u.i./l), mentre per il punto a est (215,43) la maggiore portata e la direzione favorevole del flusso fanno sì che le concentrazioni dovute allo scarico del Rio Roncallo tornino ad essere decisamente preponderanti rispetto a quelle del rio Secco e con valori in assoluto più significativi (mediamente $2,5 \times 10^{-2}$).

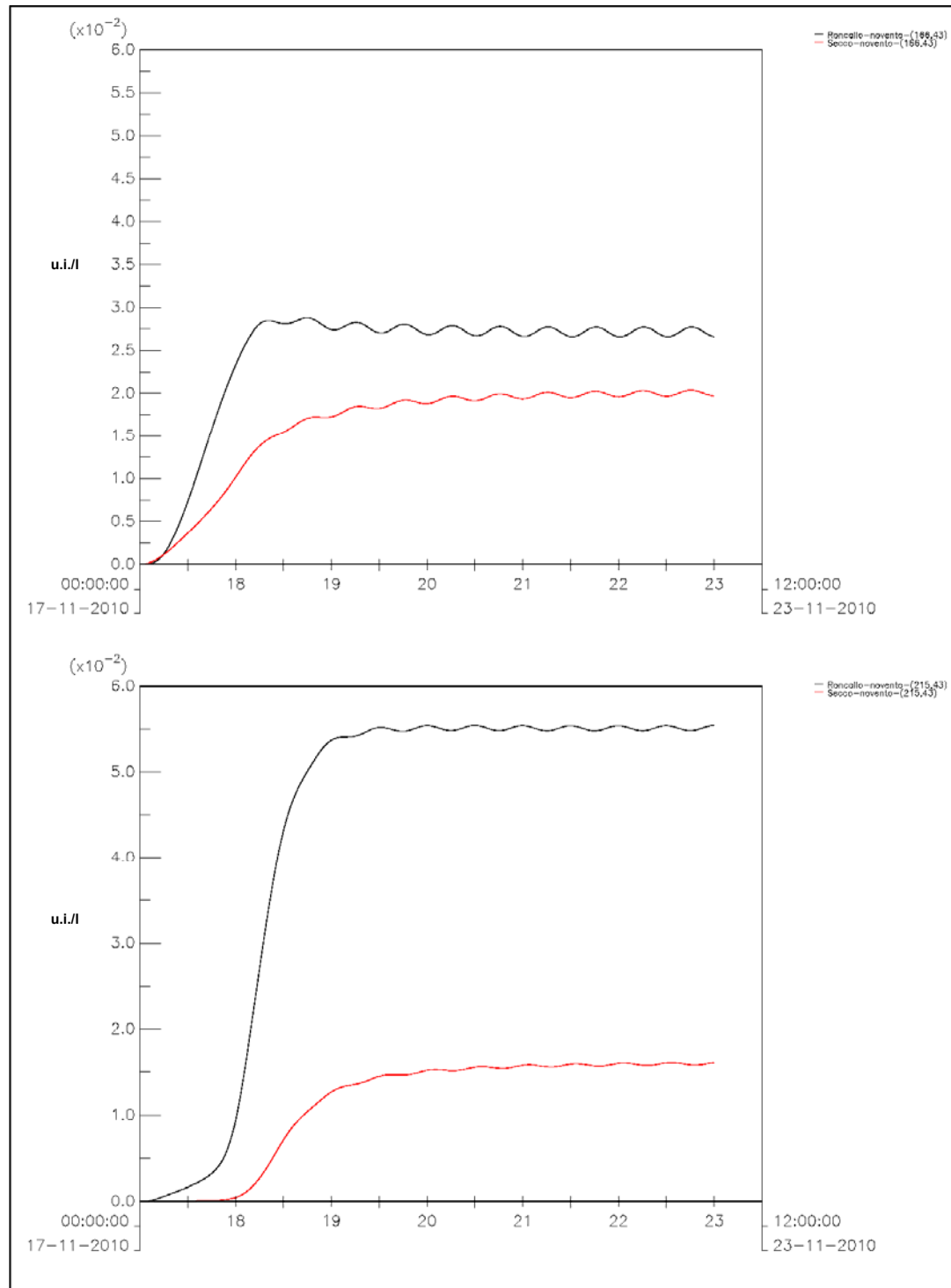


Figura 3-38 Andamento delle concentrazioni dei traccianti rilasciati dal Rio Secco (in rosso) e dal Rio Roncallo (in nero) per lo scenario di calma di vento – punto (ovest) sopra e (est) sotto

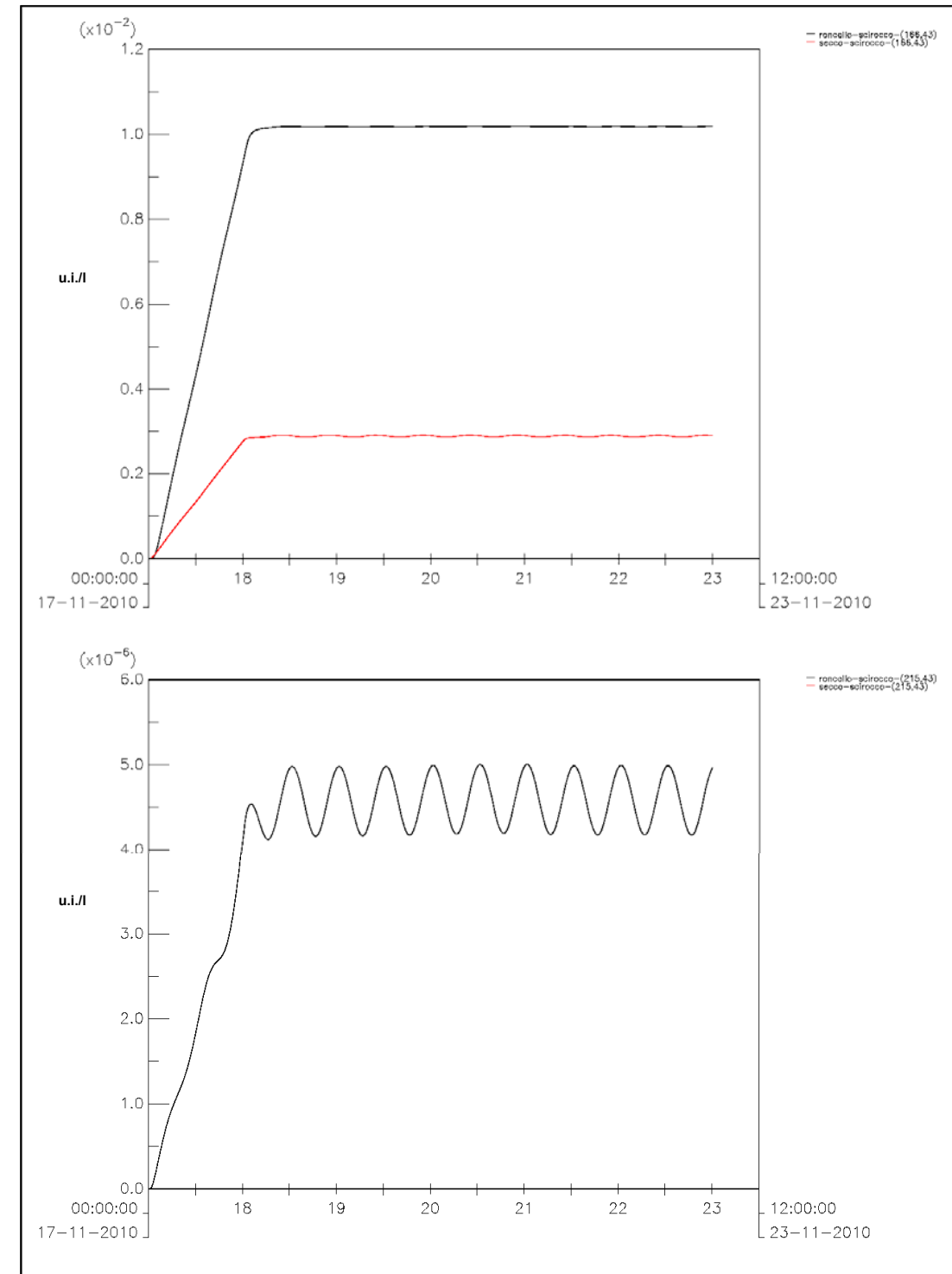


Figura 3-39 Andamento delle concentrazioni di traccianti rilasciati dal Rio Secco (in rosso) e dal Rio Roncallo (in nero) per lo scenario con vento di scirocco – punto (ovest) sopra e (est) sotto

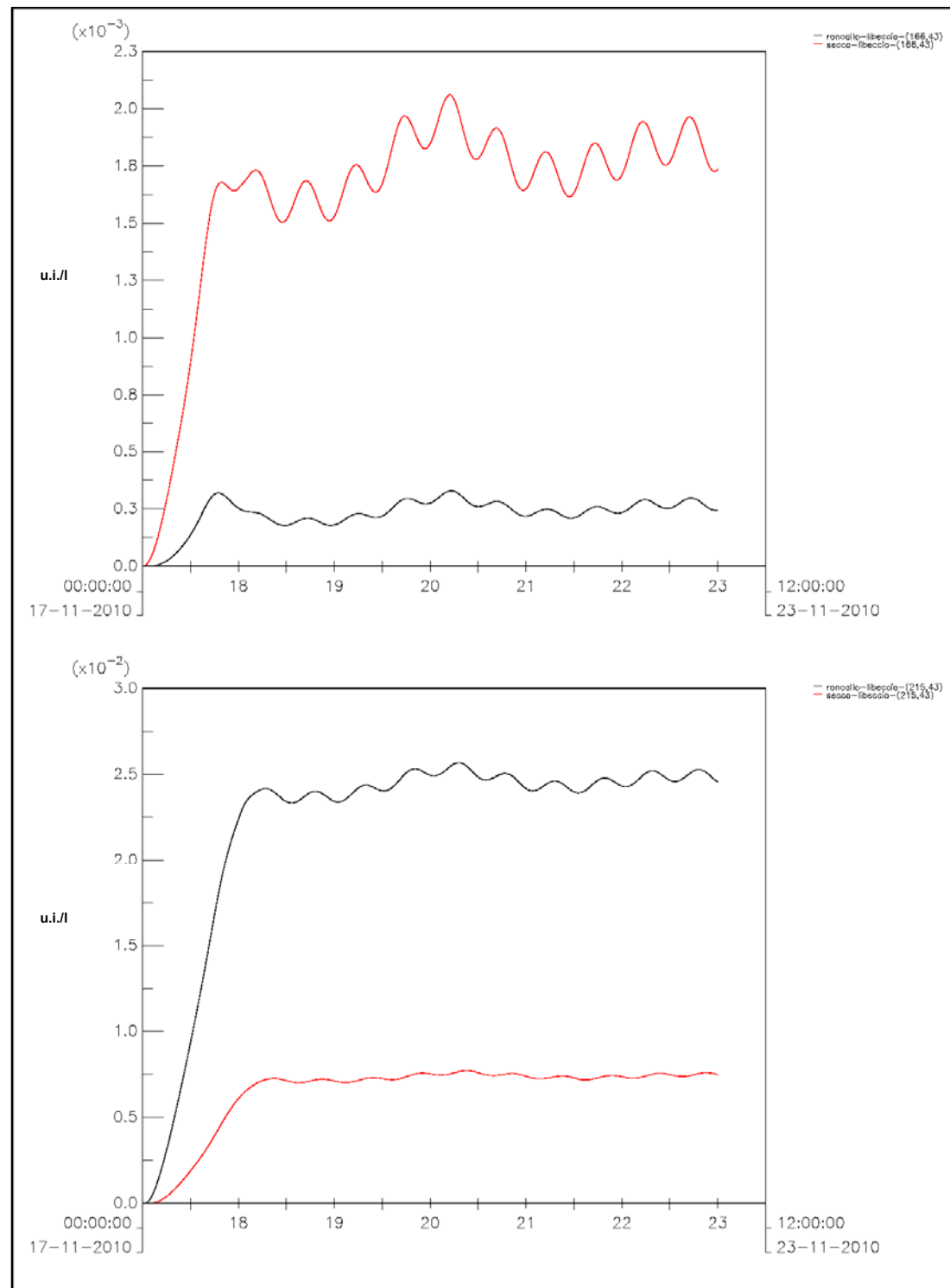


Figura 3-40 Andamento delle concentrazioni di traccianti rilasciati dal Rio Secco (in rosso) e dal Rio Roncallo (in nero) per lo scenario con vento di libeccio – punto (ovest) sopra e (est) sotto

3.2.2.4.4 La salinità nel canale di calma

Uno dei parametri che ha maggiormente effetto sulla qualità delle acque in generale è la distribuzione della salinità.

Questo parametro, infatti, definisce in modo univoco la capacità di dispersione del sistema, essendo di fatto un tracciante conservativo, ed entra in modo preponderante nello sviluppo dei processi biologici e in quelli di stratificazione.

Si può affermare che una distribuzione spazialmente variabile della salinità ha un'influenza sulla distribuzione delle biocenosi lungo il gradiente e che gli eventuali fenomeni di stratificazione possono influenzare la capacità dispersiva del sistema.

Per tale motivo si è ritenuto necessario fare una prima, anche se indicativa, valutazione della distribuzione della salinità nel canale di calma oggetto del presente studio.

In questo caso, volendo evidenziare la distribuzione della salinità media annua nella zona di interesse, si sono considerate le seguenti forzanti del sistema:

- a) Oscillazione mareale: marea media con ampiezza ± 12 cm e periodo 12 ore
- b) Correnti litoranee medie da est verso ovest ed intensità di 10 cm/s
- c) Portata media annua rilasciata dal torrente Polcevera, valutata $5 \text{ m}^3/\text{s}$
- d) Portata media annua del rio Roncallo, valutata mediamente $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$
- e) Portata media annua del rio Secco, valutata $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$
- f) Salinità media annua del mare, pari a 37 psu
- g) Salinità rilasciata dai corsi d'acqua naturali, pari a 2 psu

La distribuzione della salinità è stata valutata partendo da una situazione a salinità uniforme e pari al valore attribuito all'acqua di mare (37 psu) e, quindi, applicando le condizioni al contorno sopra riportate fino ad arrivare ad una situazione di equilibrio.

Il risultato di tale elaborazione è riportato in Figura 3-41 dove si può notare, come era atteso, che la salinità minima si riscontra in corrispondenza della foce del Polcevera, ma che, anche in considerazione delle esigue portate di acqua dolce, tende a salire rapidamente, arrivando a valori simili a quelli del mare, ancora all'interno dell'apparato di foce del fiume stesso.

La salinità media all'interno del canale di calma è stimabile tra i 35 e i 36 psu, quindi caratteristica dell'acqua di mare, anche se leggermente ridotta per la presenza sia degli scarichi diretti che del ricircolo dell'acqua del Polcevera.

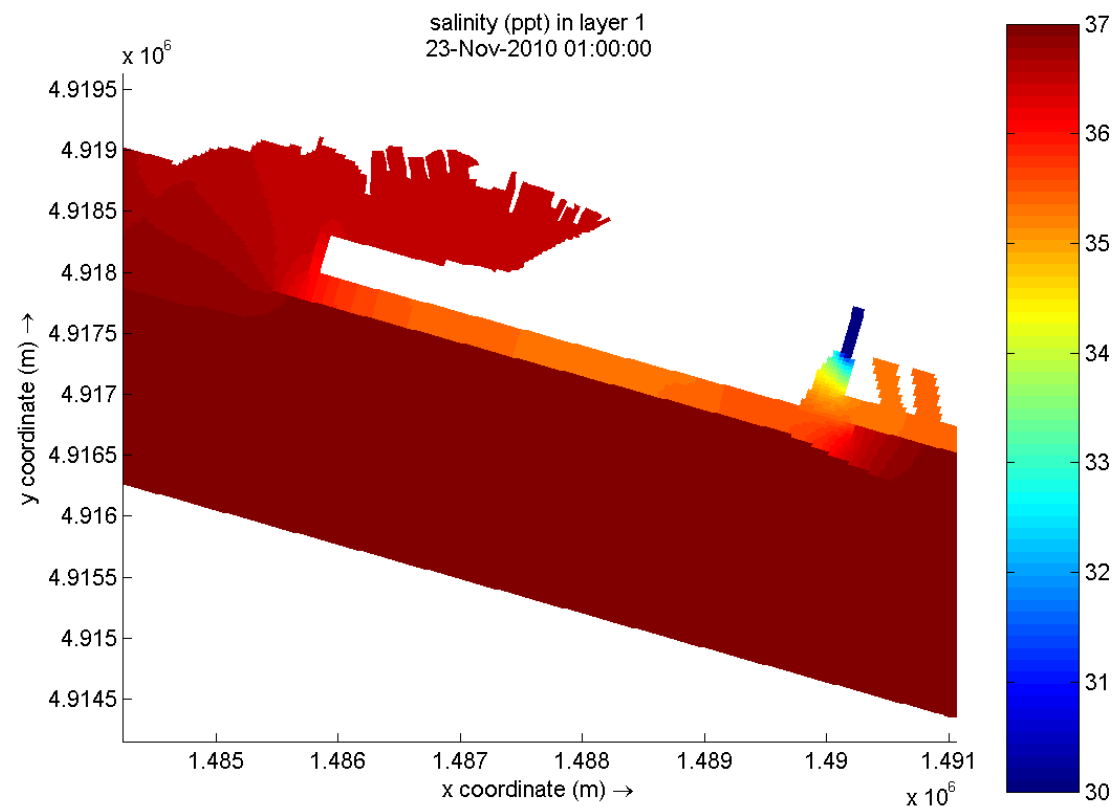


Figura 3-41 Distribuzione della salinità media nella situazione attuale

3.2.2.4.5 Conclusioni

Nei paragrafi precedenti sono stati illustrati i principali risultati ottenuti con l'applicazione del modello matematico idrodinamico e dispersivo appositamente messo a punto per lo studio degli effetti della colmata prevista nel canale di calma del porto di Genova prospiciente l'area aeroportuale.

Tale applicazione si è resa necessaria per valutare l'idrodinamica e la dispersione nella situazione attuale e quindi consentire una valutazione degli effetti indotti dai futuri interventi.

Da tali analisi si può desumere che il canale di calma è, attualmente, un corpo idrico scarsamente influenzato dalle forzanti idrodinamiche, anche se si mostra particolarmente soggetto a variazioni nelle diverse situazioni di clima di vento. In particolare aumenta la sua capacità di trasporto in condizioni di vento di scirocco, dove le velocità medie sono comunque contenute in poche decine di centimetri al secondo.

Si è inoltre riscontrato che il suo comportamento idrodinamico risente anche delle condizioni di scarico dei corsi d'acqua direttamente interessati, primo fra tutti il T. Polcevera che, in condizioni di piena, è in grado di invertire la direzione del flusso del canale di calma (dall'usuale direzione est-ovest quando non c'è influenza del vento, alla sua direzione opposta ovest-est).

Da un punto di vista dispersivo è stato valutato che il canale di calma è scarsamente soggetto ai potenziali inquinanti rilasciati dai principali corsi d'acqua, in primis il Torrente Polcevera, che rimangono confinati nella parte orientale del bacino. Solo in concomitanza di venti di scirocco, gli inquinanti riescono a propagarsi fino all'imboccatura occidentale.

Per quanto riguarda la salinità media, il canale di calma è un corpo idrico sostanzialmente marino, con alta salinità, praticamente prossima a quella del mare antistante, anche se non si esclude una sua temporanea riduzione in concomitanza con eventi di piena del Polcevera contemporanei a venti di scirocco.

3.2.2.5 Qualità delle acque marino-costiere

3.2.2.5.1 Introduzione

L'area di progetto interessa il canale di calma parallelo alla pista principale dell'aeroporto Cristoforo Colombo di Genova. Tale tratto di mare, delimitato dalla diga foranea e dalla stessa pista dell'aeroporto, si trova compreso nell'area portuale di Genova. Ad est dell'area di progetto sono infatti presenti la banchina Italsider e il bacino Sampierdarena con i pontili dello scalo merci, mentre ad ovest sono presenti il porto petroli e il Voltri Terminal Europa, principale scalo container del porto genovese (Figura 3-42).

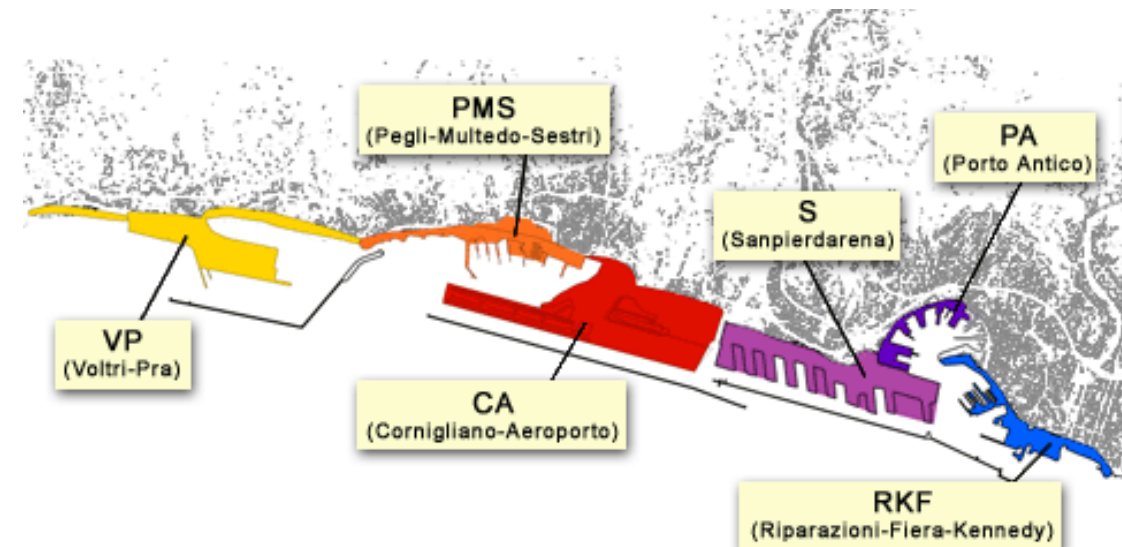


Figura 3-42 Area portuale di Genova (Autorità Portuale di Genova)

L'area portuale di Genova costituisce una delle maggiori realtà portuali italiane, in virtù del porto commerciale e dello scalo petrolifero che essa ospita.

Le aree portuali di certe dimensioni presentano attività ad elevato potenziale di impatto ambientale. Un primo motivo di degrado è rappresentato dall'occupazione delle coste e dei fondali da parte delle infrastrutture e delle relative opere di difesa che determinano un aumento dei tempi di ricambio delle acque dei bacini e dei canali portuali. Le attività portuali possono essere fonti di inquinamento da sostanze tossiche di varia natura (idrocarburi, metalli pesanti, ecc.) dovute al traffico mercantile, all'usura dei metalli e delle vernici, al versamento cronico o accidentale durante le fasi di carico e scarico, ecc. Le attività industriali strettamente connesse alla presenza del porto possono inoltre contribuire alla contaminazione di queste aree attraverso lo scarico in mare delle acque di raffreddamento, di inquinamento chimico, in relazione alle sostanze tossiche (in genere cloro derivati e sostanze a base di rame) utilizzate per evitare l'insediamento del fouling (organismi incrostanti) nei sistemi di adduzione e scarico, ed alla ricaduta dei fumi di combustione dei pennacchi delle ciminiere.

Le acque antistanti le coste liguri sono monitorate da una fitta rete di monitoraggio.

Le principali reti di monitoraggio sono due:

- la rete regionale di monitoraggio dell'ecosistema marino, prevista dal D.Lgs. 152 del 2006, dove confluiscono anche i dati del Si.Di.Mar. (dati raccolti per la rete nazionale prevista dalla L. 979 del 1982 e finanziata dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio - Direzione Protezione Natura);
- il sistema di controllo delle acque di balneazione, previsto dal D.P.R. 470 del 1982.

In entrambi i casi la rete è costituita da punti di rilevamento stabili dove vengono periodicamente analizzati diversi parametri appartenenti a diverse matrici ambientali: acque, plancton, sedimenti, organismi bioaccumulatori e biocenosi bentoniche.

Per quanto riguarda l'area di progetto, le stazioni di monitoraggio più vicine sono localizzate nel tratto di mare antistante la diga foranea²⁰; due stazioni sono relative al monitoraggio della qualità delle acque mentre una è relativa al bioaccumulo di contaminanti in organismi acquatici (mitili).

Le due stazioni di monitoraggio della qualità delle acque costituiscono un transetto utile alla descrizione dello stato di qualità delle acque sia nel tratto di mare sottocosta (~200 m) sia nella porzione più al largo (~1000 m). Il posizionamento delle due stazioni è visibile nella Figura 3-43, mentre in Figura 3-44 è indicata la posizione della stazione dedicata allo studio dei fenomeni di bioaccumulo.

Per tali stazioni di indagini è disponibile una serie storica di dati²⁰. Le considerazioni riportate di seguito si rifanno agli ultimi cinque anni di dati disponibili, ossia dal 2006 al 2010.

²⁰ Informazioni estratte dal sito cartografico della Regione Liguria: www.cartografia.regione.liguria.it

GENOVA - STAZIONI ANTISTANTI ALLA FOCE DEL TORRENTE POLCEVERA	CARATTERISTICHE STAZIONE	
	Rete di monitoraggio:	
	Rete regionale di monitoraggio dell'ecosistema marino;	
	Tipo monitoraggio:	
	Acqua, acqua-inquinanti, plancton;	
	Identificativo:	
	6861	6841
	Codice stazione:	
	MA01005	MA00971
	Ubicazione:	
	POL1	POL2
	Coordinate Gauss Boaga:	
	Y: 4916618; X: 1489350;	Y: 4915816; X: 1489150;
	Distanza dalla diga foranea:	
	~130 m	~960 m
	Distanza dalla costa:	
~390 m	~1.200 m	
Quote di prelievo:		
Ogni metro da 0 a -25 m;	Ogni metro da 0 a -50 m;	
Metodiche di campionamento:		
Sonda multiparametrica; Prelievo di campioni d'acqua per analisi chimiche a -0,5 m.		

Figura 3-43 Programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino costiero ligure: stazioni di monitoraggio della qualità delle acque antistanti la foce del Torrente Polcevera


GENOVA - STAZIONI ANTISTANTI ALLA FOCE DEL TORRENTE POLCEVERA	CARATTERISTICHE STAZIONE
	Rete di monitoraggio:
	Rete regionale di monitoraggio dell'ecosistema marino;
	Tipo monitoraggio:
	Bioaccumulo in mitili;
	Identificativo:
	6842
	Codice stazione:
	MA00973
	Ubicazione:
	POLZ
	Coordinate Gauss Boaga
	Y: 4916153; X: 1490456;
	Distanza dalla diga foranea:
~130 m	
Distanza dalla costa:	
~730 m	
Quote di posizionamento:	
-2 m	

Figura 3-44 Programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino costiero ligure: stazioni di monitoraggio del bioaccumulo di contaminanti in *Mytilus galloprovincialis* dalle acque antistanti la foce del Torrente Polcevera

3.2.2.5.2 Temperatura, salinità, pH e trasparenza

Nelle stazioni di monitoraggio POL1 e POL2 sono state rilevate le principali caratteristiche chimico-fisiche delle acque attraverso l'utilizzo di una sonda multiparametrica (CTD) dotata di sensori per il rilevamento della temperatura, pH, salinità, clorofilla "a", torbidità e ossigeno disciolto.

I dati di seguito riportati si riferiscono alle campagne di monitoraggio eseguite dal 2006 al 2010. Mentre nel 2009 le indagini sono state condotte con cadenza mensile, per gli altri anni i dati sono stati raccolti con frequenze discontinue. In generale la frequenza delle indagini condotte nella stazione sottocosta (POL1) è maggiore rispetto alla stazione al largo (POL2).

I valori di temperatura riscontrati nelle due stazioni presentano il classico andamento stagionale e sono compresi fra un minimo di 12-13 °C invernale ed un massimo di 24-25°C nel periodo estivo. Nel grafico seguente (Figura 3-45) sono riportati i valori medi riferiti all'intera colonna d'acqua. In generale la variazione lungo la colonna è contenuta, segno di un buon rimescolamento delle acque; si riscontra solo un accenno di stratificazione termica nella stazione più vicina alla costa, ad una profondità di circa 17 m. L'episodio risale al mese di luglio 2009, quando tra i 17 m e i 21 m si è avuta una rapida diminuzione della temperatura da 23 a 18°C (Figura 3-46). Il grafico evidenzia come la stratificazione però ha avuto carattere temporaneo e si sia già esaurita nei mesi seguenti. La Figura 3-47 riporta l'andamento della stessa variabile nella stazione al largo, evidenziando come le differenze maggiori tra la temperatura superficiale e quella di fondo si verificano nei mesi estivi e siano di circa 11°C.

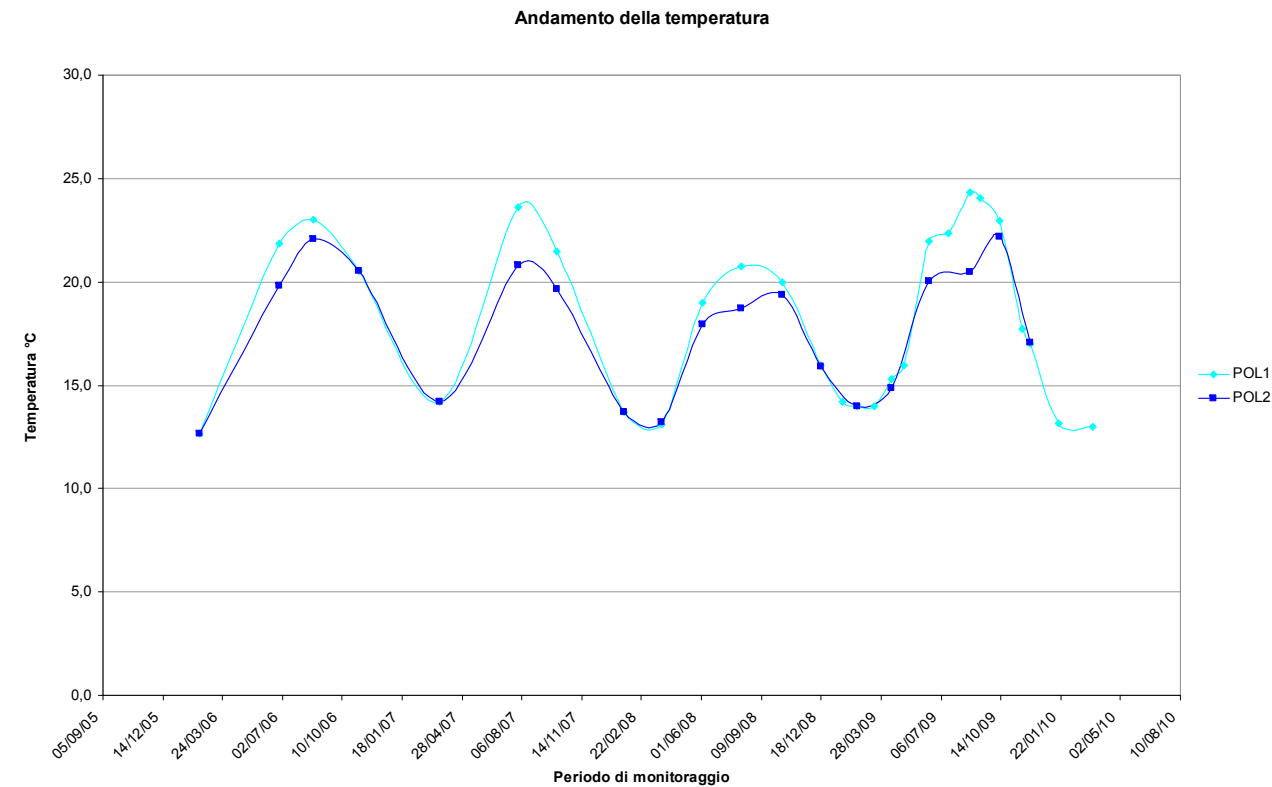


Figura 3-45 Andamento dei valori di temperatura rilevati nelle stazioni di indagine POL1 e POL2 tra il 2006 e il 2010. Valori medi dell'intera colonna d'acqua

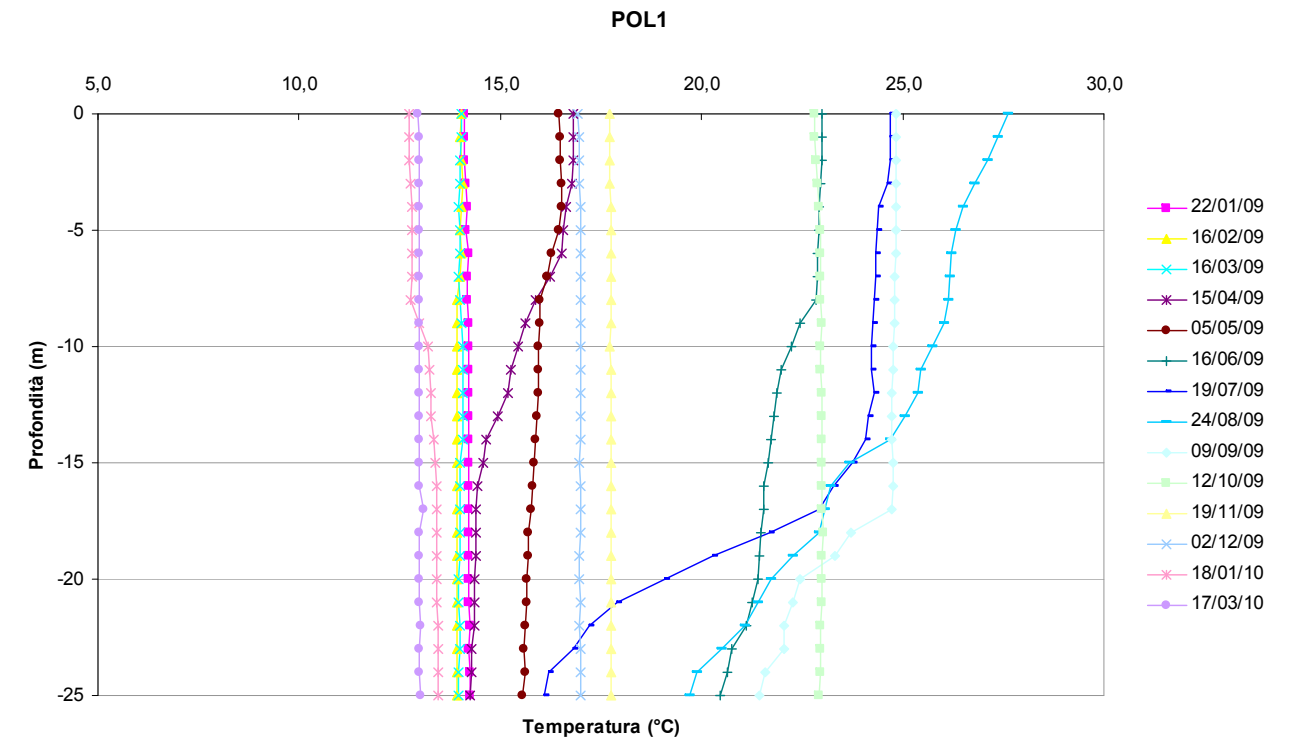


Figura 3-46 Andamento della temperatura nella stazione POL1 (2009-2010)

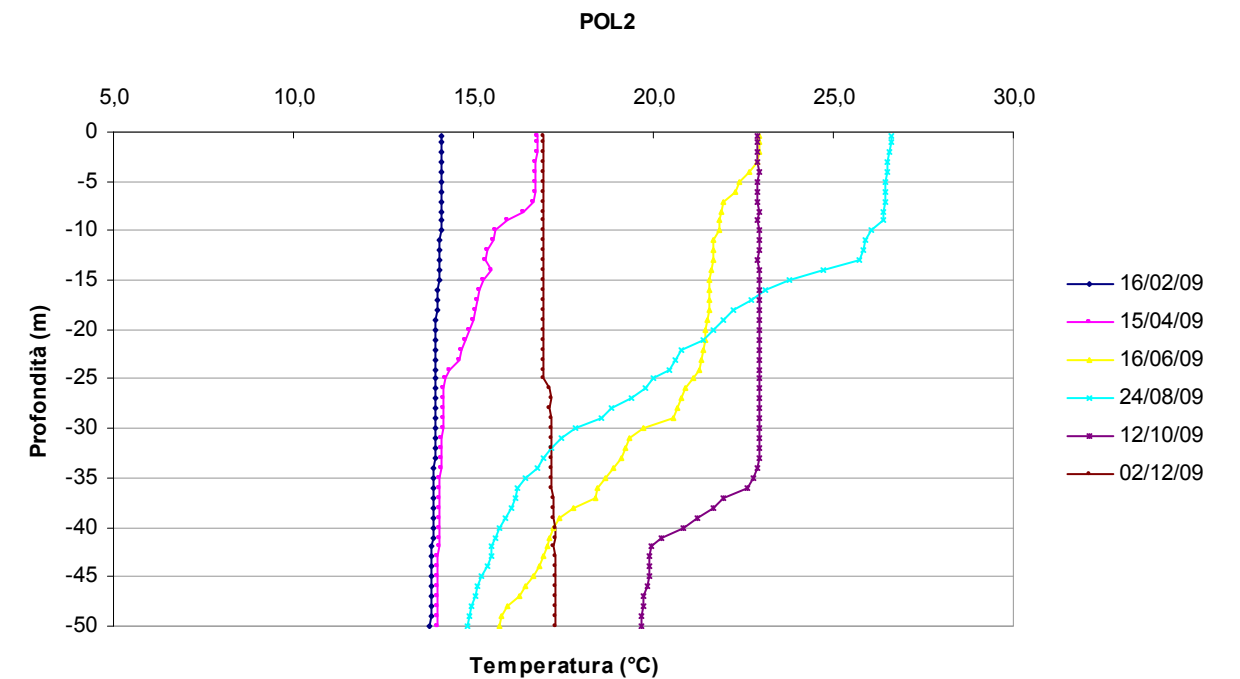


Figura 3-47 Andamento della temperatura nella stazione POL2 nel 2009

La salinità si mantiene sempre su valori tipici delle acque del Tirreno, oscillando intorno ai valori di 37-38 psu. Non si evidenziano significative diminuzioni di salinità dovute ad apporti d'acqua dolce da parte del Torrente Polcevera. Ciò dipende dal carattere torrentizio di questo corso d'acqua che probabilmente influisce sulle condizioni marino - costiere solo in caso di piene. Le lievi oscillazioni di salinità dipendono da fattori climatici, tra cui evaporazione ed abbondanza di precipitazioni. Anche il pH non presenta variazioni significative, mantenendosi a livelli leggermente alcalini compresi tra 8,0 e 8,5 unità pH. Ulteriore informazione acquisita durante le campagne di monitoraggio è la trasparenza misurata attraverso il Disco di Secchi. I valori di trasparenza riferiti alle campagne di monitoraggio 2006-2010 nelle due stazioni di monitoraggio sono riportati nella Figura 3-48. Le variazioni sono più marcate rispetto ai parametri discussi in precedenza anche se entrambe le stazioni presentano un andamento simile, con caratteristiche stagionali. Ciò potrebbe essere legato principalmente a fenomeni naturali legati all'incremento di biomassa fitoplanctonica che avviene nei mesi primaverili ed autunnali e tende a ridurre la trasparenza; più difficile è legare il fenomeno all'effetto di apporti terrigeni (Torrente Polcevera), vista la distanza dalla foce e la presenza sia delle dighe foranee che della soglia posta sul fondo del torrente ad intercettare il trasporto solido.

Lo stato di qualità per le acque marino costiere è stato definito attraverso l'applicazione dell'indice trofico TRIX "TRophic IndeX" (D.Lgs. 152/99; D.Lgs. 258/00). Questo indice, unito al giudizio relativo alle indagini sul sedimento e sul biota, fornisce un quadro complessivo dello stato chimico e biologico delle acque marine costiere.

Nella formulazione dell'indice TRIX sono stati presi in considerazione i parametri di stato trofico significativi in termini sia di produzione della biomassa fitoplanctonica e di dinamica della stessa (clorofilla "a" e ossigeno disciolto), sia quelli rappresentativi dei principali nutrienti (azoto minerale disciolto e fosforo totale) normalmente analizzati nell'ambito di campagne di monitoraggio costiero.

L'indice è stato calcolato per ciascuna campagna di monitoraggio eseguita dal 2006 al 2010 utilizzando sia i dati dei nutrienti totali (NT e PT) che i valori di nutrienti disciolti (DIN e DIP)²¹.

Valori dell'indice superiori a 4 che classificano lo stato delle acque come "basso" sono stati riscontrati solo in 2 campagne ed in particolare il 13/02/06 e il 12/10/09 nella stazione POL1. Di seguito vengono riportati i valori di TRIX espressi come valore medio annuo (Tabella 3-24). I risultati ottenuti classificano le acque antistanti alla diga foranea di qualità elevata sia sotto costa che al largo.

Andamento della trasparenza

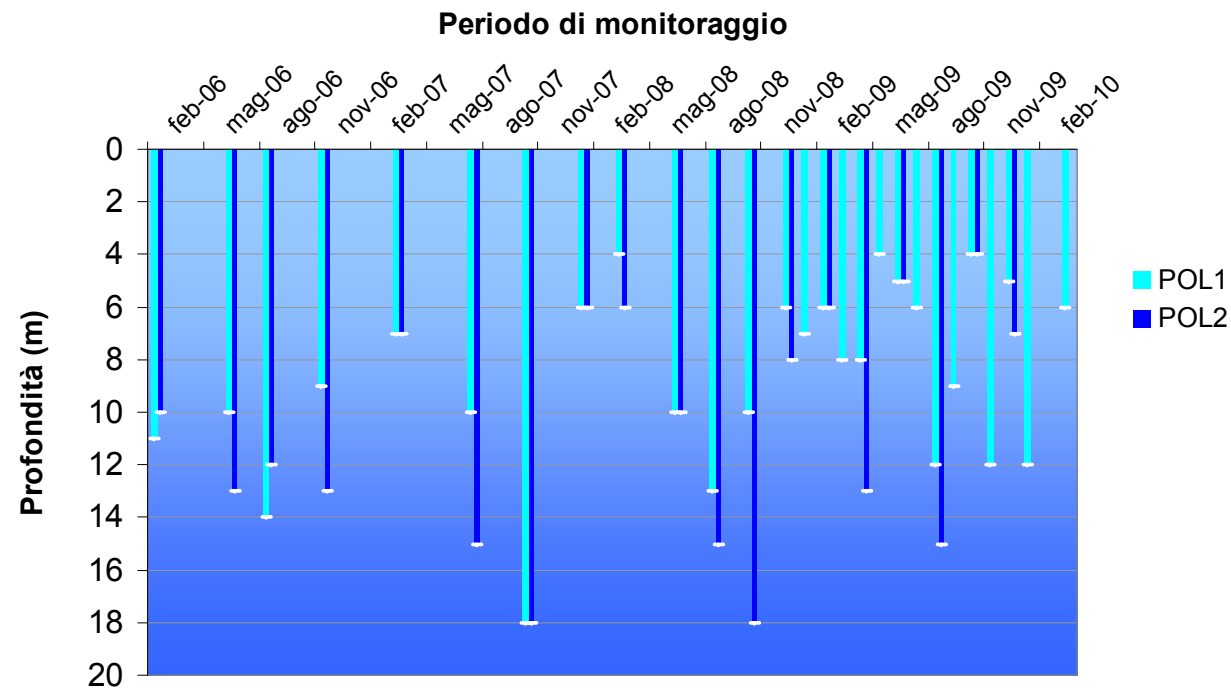


Figura 3-48 Andamento della trasparenza valutata con Disco di Secchi nelle stazioni di monitoraggio POL1 e POL2

3.2.2.5.3 Aspetti trofici

Le campagne di monitoraggio dell'ambiente costiero prevedono il prelievo di campioni d'acqua a -0,5 m per l'analisi dei principali nutrienti quali azoto e fosforo. Tali valori, unitamente a quelli di ossigeno e clorofilla "a" sono stati utilizzati per l'applicazione di due indici di qualità delle acque.

Tabella 3-24 Risultati dell'Indice TRIX nelle due stazioni di monitoraggio antistanti alla diga foranea di levante

Data	Indice TRIX			
	Stazione POL1		Stazione POL2	
	Valore*	Stato	Valore*	Stato
2006	2,6	■ ELEVATO	2,8	■ ELEVATO
2007	2,8	■ ELEVATO	2,4	■ ELEVATO
2008	3,2	■ ELEVATO	2,9	■ ELEVATO
2009	3,6	■ ELEVATO	3,4	■ ELEVATO

* Valore medio annuale ottenuto da TRIX calcolato con nutrienti totali (NT e PT) e nutrienti disciolti (DIN e DIP).

Le basse concentrazioni di clorofilla "a" e gli elevati valori di ossigeno disciolto lungo tutta la colonna d'acqua evidenziano il buono stato trofico delle acque in esame.

L'ossigeno presenta concentrazioni accettabili (> 80% saturazione), sempre tali da non porre problemi per le biocenosi acquatiche, sia in superficie che sul fondo con valori più elevati proprio nella zona di fondo (Figura 3-49).

²¹ APAT, Gli indicatori trofici per le acque marino costiere, 2002.

Stazione POL1: 16/03/09

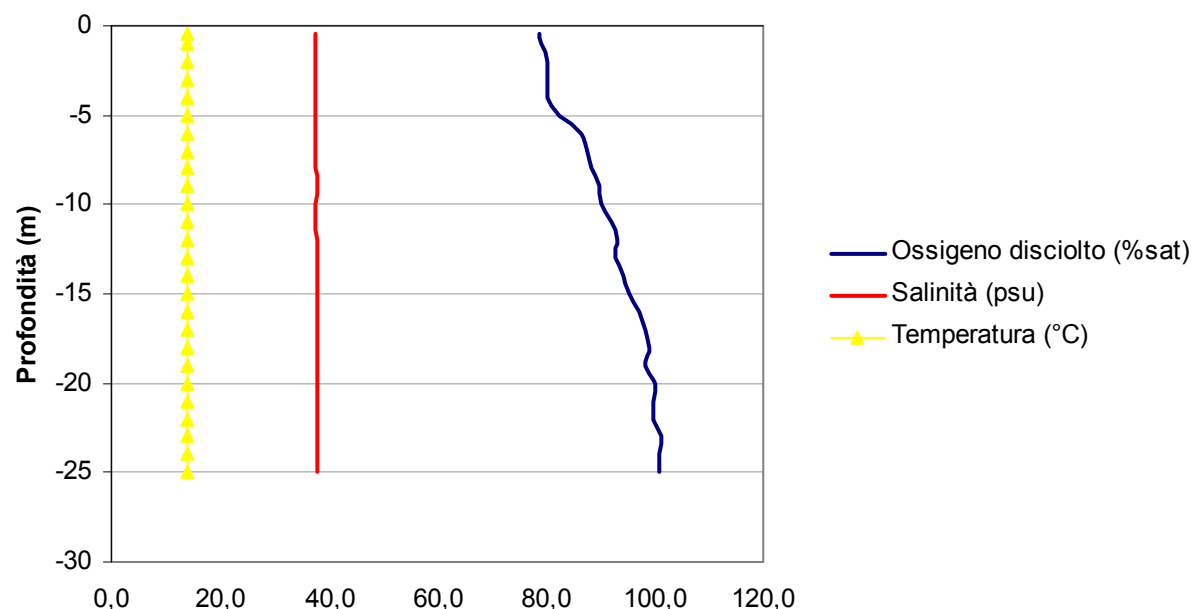


Figura 3-49 Andamento della concentrazione di ossigeno disciolto, salinità e temperatura in funzione della profondità, nella stazione monitoraggio POL1 in data 16/03/2008

Anche in questo caso le stazioni non sembrano risentire degli apporti di acque dolci provenienti dal torrente Polcevera; la differenza tra la salinità media valutata nello strato superficiale (da 0,5 a 2 m) e la salinità media valutata sull'intera colonna d'acqua (rispettivamente 0,5-25 m per il punto sottocosta e 0,5-50 m per il punto al largo) presenta variazioni nell'ordine di 1 psu²². È probabile che la presenza del Polcevera non sia in grado di influire negativamente sulla qualità delle acque in esame se non in caso di piene eccezionali che possono determinare un elevato trasporto di materiale a mare.

La grande quantità di dati disponibile nelle due stazioni di indagine consente di applicare anche il sistema di classificazione CAM (Classificazione Acque Marine), utilizzato dal Ministero dell'Ambiente in via sperimentale (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio – Programma di Monitoraggio per il controllo degli ambienti marino-costieri – Si.Di.Mar). La finalità del sistema di classificazione CAM è quella di fornire un giudizio di qualità delle acque intesa anche come rischio igienico sanitario basata su dati oceanografici di base. Le otto variabili utilizzate dall' algoritmo sono: salinità, trasparenza, fosfati, clorofilla "a", nitrati, nitriti, ammoniaca e silicati. I giudizi di qualità sono: alta (1-2), media (3-5), bassa (6).

Nella Tabella 3-25 sono riportati i risultati come media annua ottenuti attraverso i dati disponibili dal 2006 al 2009.

²² psu: unità pratica di salinità; corrisponde al rapporto tra la conduttività di un campione di acqua di mare e quella di una soluzione standard costituita da 32,4356 grammi di cloruro di potassio disciolti in 1 kg di acqua alla temperatura di 15 °C

Tabella 3-25 Risultati dell'Indice CAM nelle due stazioni di monitoraggio presenti davanti alla diga foranea di levante

Data	Indice CAM*			
	Stazione POL1		Stazione POL2	
	Valore	Qualità	Valore	Qualità
2006	3	■ MEDIA	3	■ MEDIA
2007	3	■ MEDIA	3	■ MEDIA
2008	4	■ MEDIA	3	■ MEDIA
2009	3	■ MEDIA	3	■ MEDIA

*Algoritmo originale sviluppato per il Mar Tirreno.

I livelli di qualità ottenuti risultano più bassi rispetto a quanto ottenuto dall'indice TRIX. In questo caso, infatti, la classe di qualità risulta "media". Ciò è dovuto al fatto che la classificazione CAM considera anche le informazioni provenienti dai livelli di trasparenza e dalle concentrazioni di silicati, dando inoltre un peso maggiore ai parametri relativi ai nutrienti rispetto a quanto non faccia l'indice TRIX, in cui il principale parametro responsabile della qualità delle acque è l'ossigeno. I bassi livelli di trasparenza determinano in molti casi un abbassamento del valore di qualità.

Livelli di qualità delle acque "bassi" si sono verificati solo il 18/12/08 in cui l'indice CAM ha raggiunto il valore 6.

Complessivamente ne risulta un valore di qualità media determinato da una situazione che tende ad un livello di eutrofizzazione più o meno marcato, sotto l'influsso di apporti terrigeni o di altre sorgenti di arricchimento - in termini trofici - delle acque marine costiere. Queste acque sono comunque in grado di produrre nuova biomassa con efficienza. L'arricchimento non determina uno squilibrio dell'assetto ecologico del sistema, che è in grado di metabolizzare l'eccesso di nutrienti.

3.2.2.5.4 Metalli pesanti e microinquinanti organici

Le concentrazioni delle principali sostanze contaminanti in mare sono riportate nelle successive tabelle (da Tabella 3-26 a Tabella 3-34). Tali dati si riferiscono alla sola stazione POL1 (la più vicina alla costa) in quanto le indagini sugli inquinanti inorganici e organici sono state eseguite esclusivamente su campioni d'acqua prelevati in questa stazione ad una profondità di -0,5 m. Tali indagini sono state eseguite tra il 2008 e il 2009. Per quanto riguarda le concentrazioni dei metalli nella colonna d'acqua, si può osservare che la maggior parte dei metalli è presente in concentrazioni inferiori al limite di quantificazione; gli unici metalli che presentano concentrazioni apprezzabili sono: arsenico, rame, nichel, piombo e vanadio.

L'immissione di arsenico nei corpi idrici è dovuta essenzialmente al suo rilascio dai minerali, agli effluenti industriali e soprattutto alla deposizione atmosferica, mentre per quanto concerne la presenza rame, l'origine può essere sia naturale (es. degradazione delle rocce) sia antropica. Da segnalare in particolare il suo utilizzo come agente biocida nelle vernici antifouling impiegate per la protezione degli scafi. Per quanto riguarda il nichel una significativa sorgente è rappresentata dai depositi rocciosi presenti nella zona; piombo e vanadio invece sono riconducibili alla presenza di sorgenti inquinanti di tipo industriale, soprattutto industria pesante (acciaierie, laminatoi ecc.), oltre che al traffico veicolare.

Per quanto riguarda l'arsenico il picco massimo è stato rilevato il 12/10/09 con un valore di 3,6 µg/l. Durante tutto il 2009, l'arsenico presenta una concentrazione media di 2,3 µg/l.

ben al di sotto del limite stabilito dal D.M. 56/09 che fissa uno standard di qualità ambientale medio annuale di 5 µg/l.

Si segnalano occasionali aumenti oltre il limite di quantificazione nella concentrazione di piombo che raggiunge 0,6 µg/l il 9/09/2009 e 1,7 µg/l il 19/11/2009. Durante il resto del 2009 i valori si mantengono inferiori ai limiti di quantificazione.

Analizzando i dati relativi al rame, si nota come nella campagna del 2009 si siano verificati ripetuti superamenti del limite di rilevabilità con un valore massimo di 6,3 µg/l riscontrato il 15/04/2009. Il valore medio annuo è risultato comunque basso, ossia pari a 2,6 µg/l. Il D.M. 56/09 non fornisce standard per il rame ma i valori riscontrati nella stazione di monitoraggio POL1 risultano di molto inferiori a quanto riportato nelle altre stazioni di monitoraggio presenti lungo le coste della Liguria²³.

Il nichel presenta un picco di concentrazione solo nella campagna di indagine del 13/10/2008 quando raggiunge 8,9 µg/l. Tutti gli altri campioni analizzati risultano inferiori al limite di quantificazione.

Il vanadio è stato rinvenuto con concentrazioni che vanno da 1,7 µg/l a 5,3 µg/l. Il D.M. 56/09, nella tab.2/B relativa alle risorse idriche destinate ad uso potabile, riporta un valore limite valutato come media annua pari a 50 µg/l: si nota pertanto che le concentrazioni rilevate nel mar Ligure sono notevolmente minori.

Per quanto riguarda i microinquinanti organici, nell'ambito del monitoraggio vengono rilevati diverse famiglie di composti: pesticidi clorurati, solventi clorurati, idrocarburi Policiclici Aromatici; tutti i risultati ottenuti dalle analisi sono inferiori al limite di quantificazione, ad eccezione di alcuni del benzene, del benzo(a)antracene, fluorantene e pirene. Per tali composti l'aumento di concentrazione non risulta in alcun caso significativo rispetto a quanto previsto dal D.M. 56/09.

Elevati picchi di concentrazioni si sono rilevati per i composti organostannici come nel caso dei campioni del 19/11/2008 in cui il tributilstagno (TBT) ha raggiunto i 17 µg/l, il monobutilstagno (MBT) i 34 µg/l mentre il dibutilstagno (DBT) ha raggiunto i 131 µg/l.

Mentre il TBT è legato fondamentalmente all'utilizzo nelle vernici antivegetative, il MBT e il DBT sono utilizzati come stabilizzanti termici nei prodotti in PVC rigido (tubi, pannelli) e soffici (arredi, tappezzerie, pavimentazioni, giocattoli). La loro presenza nell'ambiente marino può essere quindi dovuta al rilascio diretto in mare o indiretto, attraverso scarichi.

I valori di ftalato di bis 2-etilesele registrati tra il 2008 e il 2009 presentano concentrazioni costantemente sopra i limiti di quantificazione con un valore medio annuo nel 2009 pari a 0,17 µg/l e un picco di concentrazione pari a 0,43 µg/l. Gli ftalati sono tra gli inquinanti sintetici più abbondanti e diffusi poiché, in funzione della loro struttura chimica sono utilizzati in una vasta gamma di applicazioni, come ad esempio nei prodotti in PVC, nei composti di inchiostri, colle, vernici, sigillanti e rivestimenti. La loro presenza negli ambienti marini è legata soprattutto agli scarichi industriali. La normativa vigente prevede per tale composto un valore di 1,3 µg/l, ben superiore ai valori riscontrati nei dati di seguito riportati.

Complessivamente le analisi eseguite sui campioni di acqua raccolti tra il 2008 e il 2009 non presentano significative differenze con le altre stazioni di monitoraggio dell'ambiente marino costiero analizzate da ARPAL presenti nel mar Ligure²³.

Dai valori dei principali contaminanti nelle acque non si rivelano particolari condizioni di criticità. L'influenza del polo industriale costituito dall'area portuale di Genova, sia attuale che pregressa, è in realtà evidenziata più dall'analisi dei sedimenti e dall'utilizzo di

indicatori biologici che dall'analisi delle acque, in quanto, in esse, le sostanze contaminanti tendono ad essere presenti in ridotte concentrazioni.

²³ ARPAL, Programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino costiero ligure, 2010.

Tabella 3-26 Metalli pesanti nei campioni d'acqua prelevati nella stazione POL1 ad una profondità di 0,5 m

METALLI nelle acque (µg/l)											
Data	Alluminio	Arsenico	Cadmio	Cromo	Rame	Ferro	Mercurio	Nichel	Piombo	Vanadio	Zinco
13/10/2008	< l.q. (10)	2,7	< l.q. (0,05)	< l.q.(1)	< l.q. (1)	< l.q. (10)	< l.q. (0,5)	8,9	< l.q. (0,05)	3,7	< l.q. (10)
19/11/2008	< l.q. (10)	2,5	< l.q. (0,05)	< l.q.(1)	< l.q. (1)	< l.q. (10)	< l.q. (0,5)	< l.q. (1)	< l.q. (0,05)	4,2	< l.q. (10)
18/12/2008	< l.q. (10)	2,1	< l.q. (0,05)	< l.q.(1)	< l.q. (1)	< l.q. (10)	< l.q. (0,5)	< l.q. (1)	< l.q. (0,05)	2,8	< l.q. (10)
22/01/2009	< l.q. (10)	1,8	< l.q. (0,05)	< l.q.(1)	< l.q. (1)	< l.q. (10)	< l.q. (0,5)	< l.q. (1)	< l.q. (0,05)	2,5	< l.q. (10)
16/02/2009	< l.q. (10)	2,1	< l.q. (0,05)	< l.q.(1)	< l.q. (1)	< l.q. (10)	< l.q. (0,5)	< l.q. (1)	< l.q. (0,05)	2,8	< l.q. (10)
16/03/2009	< l.q. (10)	2,5	< l.q. (0,05)	< l.q.(1)	< l.q. (1)	< l.q. (10)	< l.q. (0,5)	< l.q. (1)	< l.q. (0,05)	3,5	< l.q. (10)
15/04/2009	< l.q. (10)	1,0	< l.q. (0,05)	< l.q.(1)	6,3	< l.q. (10)	< l.q. (0,5)	< l.q. (1)	< l.q. (0,05)	1,7	< l.q. (10)
05/05/2009	< l.q. (10)	1,2	< l.q. (0,05)	< l.q.(1)	4,7	< l.q. (10)	< l.q. (0,5)	< l.q. (1)	< l.q. (0,05)	2,3	< l.q. (10)
16/06/2009	< l.q. (10)	2,5	< l.q. (0,05)	< l.q.(1)	3,4	< l.q. (10)	< l.q. (0,5)	< l.q. (1)	< l.q. (0,05)	4,4	< l.q. (10)
19/07/2009	< l.q. (10)	1,8	< l.q. (0,05)	< l.q.(1)	5,4	< l.q. (10)	< l.q. (0,5)	< l.q. (1)	< l.q. (0,05)	2,8	< l.q. (10)
24/08/2009	< l.q. (10)	2,8	< l.q. (0,05)	< l.q.(1)	3,7	< l.q. (10)	< l.q. (0,5)	< l.q. (1)	< l.q. (0,05)	5,3	< l.q. (10)
09/09/2009	< l.q. (10)	2,5	< l.q. (0,05)	< l.q.(1)	4,8	< l.q. (10)	< l.q. (0,5)	< l.q. (1)	0,6	3,1	< l.q. (10)
12/10/2009	< l.q. (10)	3,6	< l.q. (0,05)	< l.q.(1)	< l.q. (1)	< l.q. (10)	< l.q. (0,5)	< l.q. (1)	< l.q. (0,05)	4,3	< l.q. (10)
19/11/2009	< l.q. (10)	2,5	< l.q. (0,05)	< l.q.(1)	< l.q. (1)	< l.q. (10)	< l.q. (0,5)	< l.q. (1)	1,7	3,5	< l.q. (10)
02/12/2009	< l.q. (10)	2,8	< l.q. (0,05)	< l.q.(1)	< l.q. (1)	< l.q. (10)	< l.q. (0,5)	< l.q. (1)	< l.q. (0,05)	4,1	< l.q. (10)

Tabella 3-27 Pesticidi clorurati nei campioni d'acqua prelevati nella stazione POL1 ad una profondità di 0,5 m

PESTICIDI CLORURATI nelle acque (µg/l)												
Data	4-4'-DDT	2-4'-DDT	4-4'-DDE	2-4'-DDE	4-4'-DDD	2-4'-DDD	α-HCH	β-HCH	δ-HCH	γ-HCH	Clorpyrifos	Clorfenvinfos
13/10/2008	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,008)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,006)	< l.q. (0,006)
19/11/2008	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,008)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,006)	< l.q. (0,006)
18/12/2008	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,008)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,006)	< l.q. (0,006)
22/01/2009	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,008)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,006)	< l.q. (0,006)
16/02/2009	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,008)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,006)	< l.q. (0,006)
16/03/2009	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,008)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,006)	< l.q. (0,006)
15/04/2009	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,008)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,006)	< l.q. (0,006)
05/05/2009	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,008)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,006)	< l.q. (0,006)
16/06/2009	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,008)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,006)	< l.q. (0,006)
19/07/2009	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,008)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,006)	< l.q. (0,006)
24/08/2009	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,008)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,006)	< l.q. (0,006)
09/09/2009	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,008)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,006)	< l.q. (0,006)
12/10/2009	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,008)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,006)	< l.q. (0,006)
19/11/2009	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,008)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,006)	< l.q. (0,006)
02/12/2009	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,008)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,006)	< l.q. (0,006)

Tabella 3-28 Pesticidi clorurati nei campioni d'acqua prelevati nella stazione POL1 ad una profondità di 0,5 m

PESTICIDI CLORURATI nelle acque (µg/l)											
Data	Alaclor	Atrazina	Simazina	Diuron	Isoproturon	α-endosulfan	Esaclorobenzene	Pentaclorobenzene	Trifuralin	Aldrin	Dieldrin
13/10/2008	< l.q. (0,018)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,2)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,01)	< l.q. (0,008)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,002)
19/11/2008	< l.q. (0,018)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,2)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,01)	< l.q. (0,008)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,002)
18/12/2008	< l.q. (0,018)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,2)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,01)	< l.q. (0,008)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,002)
22/01/2009	< l.q. (0,018)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,2)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,01)	< l.q. (0,008)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,002)
16/02/2009	< l.q. (0,018)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,2)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,01)	< l.q. (0,008)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,002)
16/03/2009	< l.q. (0,018)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,2)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,01)	< l.q. (0,008)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,002)
15/04/2009	< l.q. (0,018)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,2)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,01)	< l.q. (0,008)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,002)
05/05/2009	< l.q. (0,018)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,2)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,01)	< l.q. (0,008)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,002)
16/06/2009	< l.q. (0,018)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,2)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,01)	< l.q. (0,008)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,002)
19/07/2009	< l.q. (0,018)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,2)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,01)	< l.q. (0,008)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,002)
24/08/2009	< l.q. (0,018)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,2)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,01)	< l.q. (0,008)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,002)
09/09/2009	< l.q. (0,018)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,2)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,01)	< l.q. (0,008)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,002)
12/10/2009	< l.q. (0,018)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,2)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,01)	< l.q. (0,008)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,002)
19/11/2009	< l.q. (0,018)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,2)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,01)	< l.q. (0,008)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,002)
02/12/2009	< l.q. (0,018)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,2)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,4)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,01)	< l.q. (0,008)	< l.q. (0,004)	< l.q. (0,002)

Tabella 3-29 Composti organostannici nei campioni d'acqua prelevati nella stazione POL1 ad una profondità di 0,5 m

COMPOSTI ORGANOSTANNICI nelle acque (µg/l)			
Data	Monobutilstagno	Dibutilstagno	Tributilstagno
13/10/2008	< l.q. (10)	< l.q. (5)	3
19/11/2008	34	131	17
18/12/2008	< l.q. (10)	< l.q. (5)	< l.q. (2)
22/01/2009	< l.q. (10)	< l.q. (5)	< l.q. (2)
16/02/2009	< l.q. (10)	< l.q. (5)	5
16/03/2009	< l.q. (10)	< l.q. (5)	< l.q. (2)
15/04/2009	< l.q. (10)	6	< l.q. (2)
05/05/2009	< l.q. (10)	< l.q. (5)	< l.q. (2)
16/06/2009	< l.q. (10)	< l.q. (5)	< l.q. (2)
19/07/2009	13	6	< l.q. (2)
24/08/2009	< l.q. (10)	< l.q. (5)	< l.q. (2)
09/09/2009	< l.q. (10)	< l.q. (5)	< l.q. (2)
12/10/2009	< l.q. (10)	< l.q. (5)	< l.q. (2)
19/11/2009	< l.q. (10)	< l.q. (5)	< l.q. (2)
02/12/2009	< l.q. (10)	< l.q. (5)	< l.q. (2)
18/01/20010	-	-	< l. q. (2)

Tabella 3-30 Solventi clorurati nei campioni d'acqua prelevati nella stazione POL1 ad una profondità di 0,5 m

SOLVENTI CLORURATI nelle acque (µg/l)						
Data	1,2,4-triclorobenzene	1,2-dicloroetano	Esaclorobutadiene	Diclorometano	Triclorometano	Benzene
13/10/2008	< l.q. (0,2)	< l.q. (0,15)	< l.q. (0,02)	-	< l.q. (0,15)	< l.q. (0,15)
19/11/2008	< l.q. (0,2)	< l.q. (0,15)	< l.q. (0,02)	-	< l.q. (0,15)	0,16
18/12/2008	< l.q. (0,2)	< l.q. (0,15)	< l.q. (0,02)	-	< l.q. (0,15)	0,21
22/01/2009	< l.q. (0,2)	< l.q. (0,15)	< l.q. (0,02)	-	< l.q. (0,15)	< l.q. (0,15)
16/02/2009	< l.q. (0,2)	< l.q. (0,15)	< l.q. (0,02)	-	< l.q. (0,15)	< l.q. (0,15)
16/03/2009	< l.q. (0,2)	< l.q. (0,15)	< l.q. (0,02)	-	< l.q. (0,15)	< l.q. (0,15)
15/04/2009	< l.q. (0,2)	< l.q. (0,15)	< l.q. (0,02)	-	< l.q. (0,15)	< l.q. (0,15)
05/05/2009	< l.q. (0,2)	< l.q. (0,15)	< l.q. (0,02)	-	< l.q. (0,15)	< l.q. (0,15)
16/06/2009	< l.q. (0,2)	< l.q. (0,15)	< l.q. (0,02)	-	< l.q. (0,15)	< l.q. (0,15)
19/07/2009	< l.q. (0,2)	< l.q. (0,15)	< l.q. (0,02)	-	< l.q. (0,15)	< l.q. (0,15)
24/08/2009	< l.q. (0,2)	< l.q. (0,15)	< l.q. (0,02)	-	< l.q. (0,15)	< l.q. (0,15)
09/09/2009	< l.q. (0,2)	< l.q. (0,15)	< l.q. (0,02)	-	< l.q. (0,15)	< l.q. (0,15)
12/10/2009	< l.q. (0,2)	< l.q. (0,15)	< l.q. (0,02)	-	< l.q. (0,15)	< l.q. (0,15)
19/11/2009	< l.q. (0,2)	< l.q. (0,15)	< l.q. (0,02)	-	< l.q. (0,15)	< l.q. (0,15)
02/12/2009	< l.q. (0,2)	< l.q. (0,15)	< l.q. (0,02)	-	< l.q. (0,15)	< l.q. (0,15)

Tabella 3-31 Idrocarburi Policiclici Aromatici ad alto peso molecolare nei campioni d'acqua prelevati nella stazione POL1 ad una profondità di 0,5 m

HPAH nelle acque (µg/l)										
Data	Benzo(a) antracene	Benzo(a) pirene	Benzo(b) fluorantene	Benzo(g,h,i) pirilene	Benzo(k) fluorantene	Crisene	Dibenzo(a,h) antracene	Fluorantene	Indeno(1,2,3-c,d) pirene	Pirene
13/10/2008	0,01	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)
19/11/2008	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)
18/12/2008	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)
22/01/2009	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)
16/02/2009	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	0,01	< l.q. (0,001)	0,01
16/03/2009	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)
15/04/2009	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)
05/05/2009	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	0,01
16/06/2009	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)
19/07/2009	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)
24/08/2009	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)
09/09/2009	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)
12/10/2009	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	0,01
19/11/2009	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)
02/12/2009	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)

Tabella 3-32 Idrocarburi Policiclici Aromatici a basso peso molecolare nei campioni d'acqua prelevati nella stazione POL1 ad una profondità di 0,5 m

LPAH nelle acque (µg/l)						
Data	Acenaftene	Acenaftilene	Antracene	Fluorene	Naftalene	Phenantrene
13/10/2008	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,1)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	0,01	< l.q. (0,001)
19/11/2008	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,1)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	0,03	0,01
18/12/2008	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,1)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	0,02	< l.q. (0,001)
22/01/2009	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,1)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	0,01	0,01
16/02/2009	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,1)	< l.q. (0,001)	0,02	0,04	0,15
16/03/2009	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,1)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	0,02	0,02
15/04/2009	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,1)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	0,03	0,01
05/05/2009	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,1)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	0,01	0,02
16/06/2009	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,1)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	0,01	0,01
19/07/2009	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,1)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	0,01
24/08/2009	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,1)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)
09/09/2009	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,1)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	0,01
12/10/2009	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,1)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	0,01	0,01
19/11/2009	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,1)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	0,01
02/12/2009	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,1)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,001)	0,01	0,01

Tabella 3-33 Alchilfenoli, difenileteri e bromati-fenoli nei campioni d'acqua prelevati nella stazione POL1 ad una profondità di 0,5 m

Data	ALCHILFENOLI-DIFENILETERI BROMATI-FENOLI nelle acque (µg/l)			
	Alchilfenoli-		Difenileteribromati	Fenoli
	4-n-nonifenolo	4-terz-ottifenolo	Pentabromodifeniletere	Pentaclorofenolo
13/10/2008	< l.q. (0,01)	< l.q. (0,002)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,06)
19/11/2008	< l.q. (0,01)	< l.q. (0,002)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,06)
18/12/2008	< l.q. (0,01)	< l.q. (0,002)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,06)
22/01/2009	< l.q. (0,01)	< l.q. (0,002)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,06)
16/02/2009	< l.q. (0,01)	< l.q. (0,002)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,06)
16/03/2009	< l.q. (0,01)	< l.q. (0,002)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,06)
15/04/2009	< l.q. (0,01)	< l.q. (0,002)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,06)
05/05/2009	< l.q. (0,01)	< l.q. (0,002)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,06)
16/06/2009	< l.q. (0,01)	< l.q. (0,002)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,06)
19/07/2009	< l.q. (0,01)	< l.q. (0,002)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,06)
24/08/2009	< l.q. (0,01)	< l.q. (0,002)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,06)
09/09/2009	< l.q. (0,01)	< l.q. (0,002)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,06)
12/10/2009	< l.q. (0,01)	< l.q. (0,002)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,06)
19/11/2009	< l.q. (0,01)	< l.q. (0,002)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,06)
02/12/2009	< l.q. (0,01)	< l.q. (0,002)	< l.q. (0,001)	< l.q. (0,06)

Tabella 3-34 Ftalati nei campioni d'acqua prelevati nella stazione POL1 ad una profondità di 0,5 m

FTALATI nelle acque (µg/l)	
Data	Ftalato di bis 2-etilesile
13/10/2008	0,03
19/11/2008	0,07
18/12/2008	0,12
22/01/2009	0,12
16/02/2009	0,07
16/03/2009	0,43
15/04/2009	0,12
05/05/2009	0,15
16/06/2009	0,19
19/07/2009	0,13
24/08/2009	< l.q. (0,01)
09/09/2009	0,28
12/10/2009	0,34
19/11/2009	0,09
02/12/2009	0,13

3.2.2.5.5 Fenomeni di bioaccumulo

Il programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino-costiero ligure prevede una stazione di monitoraggio dei principali contaminanti accumulati nel mitilo bivalente

Mytilus galloprovincialis (cozza) di fronte alla diga foranea di levante, nei pressi della foce del Torrente Polcevera (Figura 3-44).

L'utilizzo di organismi bioindicatori per il monitoraggio della qualità dei corpi idrici è in linea con le più recenti normative europee e nazionali per la valutazione dello stato ambientale. Gli organismi bioaccumulatori in particolare consentono di valutare la presenza in acqua di microinquinanti difficilmente rilevabili dall'analisi della matrice acquosa. Ciò nonostante nella legislazione vigente non esistono dei precisi limiti di concentrazione dei contaminanti in questi organismi.

Le campagne di monitoraggio di ARPAL prevedono il posizionamento dei mitili a due diverse profondità: -0,5 m e -2,0 m.

Di seguito (da Tabella 3-35 a Tabella 3-41) vengono riportati i dati di bioaccumulo²⁴ dei principali contaminanti ottenuti nelle campagne di monitoraggio eseguite da ARPAL dal 2003 al 2006. I dati a cui ci si riferisce riguardano gli organismi posizionati a -2,0 m di profondità in quanto sono disponibili dati più recenti.

Dalla Tabella 3-35, relativa ai metalli pesanti, si constata che lo zinco, il ferro e l'alluminio sono presenti in alte concentrazioni. Ferro e alluminio sono tra i principali costituenti delle rocce locali e pertanto la loro presenza in mare è legata alla natura geologica della zona.

Tra le sostanze "pericolose prioritarie" (decisione n. 2455/2001/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 20/11/2001) si evidenziano le elevate concentrazioni di nichel, mercurio e piombo. Per il mercurio e il piombo vengono considerati come livelli limite quelli previsti rispettivamente:

- dallo standard di qualità del biota del D.M. 56/2009, che apporta modifiche all'allegato 1 della parte terza del D.Lgs. 152/06 e prevede per il mercurio un limite di concentrazione nei tessuti pari a 20 µg/kg s.f.²⁵;
- dallo standard di qualità delle acque per la vita dei molluschi del D.Lgs. 152/06 pari a 2 mg/kg s.f. misurato nei tessuti dei molluschi.

Le concentrazioni misurate su peso secco sono state convertite in peso fresco per poter essere confrontate con i limiti normativi sopracitati. Ciò è stato possibile considerando il contenuto medio di umidità nei mitili pari a 80% come riportato nella letteratura scientifica e in accordo con quanto stabilito dall'ICRAM in casi simili.

I valori riportati nella Tabella 3-36 mostrano concentrazioni superiori ai limiti previsti per il mercurio in tutte le campagne di monitoraggio con valori medi nel 2006 di 40 µg/kg s.f.

Il piombo, che nel 2003 superava il limite normativo di 2 mg/kg s.f., presenta nel 2006 una concentrazione media di 1,2 mg/kg s.f.

Nella Tabella 3-37 vengono riportati i risultati riferiti alle concentrazioni dei pesticidi clorurati. Come si può notare i valori dell'esaclorocicloesano, aldrin, dieldrin, 2-4'-DDT e 2-4'-DDD risultano inferiori ai limiti di quantificazione. Vengono riscontrati invece significative concentrazioni dell'isomero 4-4'-DDT e dei suoi metaboliti; in particolare il 4-4'-DDE ha raggiunto nel 2004 una concentrazione media di 23,25 µg/kg s.s. e 17,05 µg/kg s.s. nel 2006.

L'esaclorobenzene, valutato su peso fresco (Tabella 3-36), risulta invece sempre inferiore al limite previsto dal D.M. 56/2009 (standard di qualità biota) pari a 10 µg/kg s.f.

²⁴ Informazioni estratte dal sito cartografico della Regione Liguria: www.cartografia.regione.liguria.it

²⁵ s.f.: concentrazioni riferite al peso fresco; s.s.: concentrazioni riferite al peso secco; trattandosi di organismi con conchiglia, il peso solitamente è riferito alla sola polpa

Il valore del benzo(a)pirene, valutato su peso fresco (Tabella 3-36), risulta nel 2003 e 2004 superiore a quanto previsto dal Regolamento CE n.1881/2006 che definisce come tenore massimo di questo contaminante nei prodotti alimentari 0,01 mg/kg s.f. La concentrazione è poi diminuita nel 2006 raggiungendo il valore medio di 0,0054 mg/kg s.f. Tale composto viene ritenuto il marcatore della presenza e degli effetti degli idrocarburi policiclici aromatici cancerogeni.

Si riscontrano inoltre significative concentrazioni di policlorobifenili (PCB) sia nella concentrazione dei singoli congeneri che nella concentrazione di PCB totali che supera i 1000 µg/kg s.s. nel 2003 e nel 2004 (Tabella 3-38). Negli anni successivi i livelli di tali composti sono diminuiti e nel 2006 hanno raggiunto i 528,03 µg/kg s.s. Il congenere prevalente è risultato essere il 153 con concentrazioni che superano i 268 µg/kg s.s. nel 2006.

Anche il tributilstagno presenta concentrazioni particolarmente elevate (Tabella 3-39). La sua presenza è principalmente legata al traffico navale dal momento che veniva largamente utilizzato nelle vernici antivegetative; a causa della sua persistenza nell'ambiente acquatico l'organizzazione marittima mondiale (IMO) ne ha bandito l'uso dal 2003. Per quanto riguarda gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), a parte l'acenaftilene che risulta inferiore ai limiti di quantificazione in tutte le campagne di campionamento e il naftalene che presenta concentrazioni significative solo nell'ultima campagna di indagine, tutti gli altri composti indagati presentano concentrazioni superiori al limite di quantificazione. Le concentrazioni dei singoli composti sono riportate nelle Tabella 3-40 e Tabella 3-41 divisi in base al peso molecolare.

Tabella 3-35 Concentrazioni dei principali metalli nei tessuti di *Mytilus galloprovincialis*: campagne di monitoraggio eseguite dal 2003 al 2006

METALLI nei mitili (mg/kg s.s.)											
Data	Alluminio	Arsenico	Cadmio	Cromo	Ferro	Mercurio	Nichel	Piombo	Rame	Vanadio	Zinco
07/10/2003	131	9,0	0,60	2,0	366	0,20	4,0	11,0	9	2,0	192
30/03/2004	482	16,0	1,26	6,0	862	0,29	9,0	4,0	14	10,0	444
28/09/2004	232	<l.q.	0,58	3,6	923	0,34	3,1	2,6	31	1,6	164
05/03/2005	600	9,0	0,52	6,0	3187	0,29	7,0	1,0	15	4,0	150
30/08/2005	93	9,6	0,55	3,0	540	0,20	17,0	8,0	8	2,0	187
03/04/2006	266	11,5	1,20	3,0	443	0,17	45,0	6,0	12	5,0	443
24/09/2006	226	10,6	0,49	3,5	273	0,23	9,0	6,0	35	1,9	125

Tabella 3-36 Concentrazioni di alcuni contaminanti nei tessuti dell'organismo bioaccumulatore *Mytilus galloprovincialis* espressi su peso fresco

Data	Cadmio	Mercurio	Piombo	Benzo(a)pirene	Esaclorobenzene
	nei mitili (mg/kg s.f.)			nei mitili (µg/kg s.f.)	
07/10/2003	0,12	0,04	2,20	10,02	0,14
30/03/2004	0,25	0,06	0,80	16,74	<l.q.
28/09/2004	0,12	0,07	0,52	7,60	<l.q.
05/03/2005	0,10	0,06	0,20	35,92	0,31
30/08/2005	0,11	0,04	1,60	8,46	1,10
03/04/2006	0,24	0,03	1,20	3,82	0,34
24/09/2006	0,10	0,05	1,20	6,90	0,50

Tabella 3-37 Concentrazioni dei principali pesticidi clorurati nei tessuti di *Mytilus galloprovincialis*: campagne di monitoraggio eseguite dal 2003 al 2006

PESTICIDI nei mitili (µg/kg s.s.)													
Data	4-4'-DDT	2-4'-DDT	4-4'-DDE	2-4'-DDE	4-4'-DDD	2-4'-DDD	α-HCH	δ-HCH	γ-HCH	HCH	Aldrin	Dieldrin	Esaclorobenzene
07/10/2003	6,75	7,78	24,41	5,64	16,09	<l.q.	<l.q.	<l.q.	<l.q.	<l.q.	<l.q.	<l.q.	0,68
30/03/2004	1,60	3,10	14,00	2,10	13,60	<l.q.	<l.q.	<l.q.	<l.q.	<l.q.	<l.q.	<l.q.	<l.q.
28/09/2004	3,40	<l.q.	32,50	2,60	13,70	<l.q.	<l.q.	<l.q.	<l.q.	<l.q.	<l.q.	<l.q.	<l.q.
05/03/2005	5,69	<l.q.	7,91	<l.q.	6,90	<l.q.	<l.q.	<l.q.	<l.q.	<l.q.	<l.q.	<l.q.	1,56
30/08/2005	<l.q.	<l.q.	25,19	1,71	11,64	<l.q.	<l.q.	<l.q.	<l.q.	<l.q.	<l.q.	<l.q.	5,49
03/04/2006	5,59	<l.q.	6,71	<l.q.	9,75	<l.q.	<l.q.	<l.q.	<l.q.	<l.q.	<l.q.	<l.q.	1,69
24/09/2006	2,15	<l.q.	27,38	3,32	13,91	<l.q.	<l.q.	<l.q.	<l.q.	<l.q.	<l.q.	<l.q.	2,49

Tabella 3-38 Concentrazioni di alcuni PCB nei tessuti di *Mytilus galloprovincialis*

PCB nei mitili (µg/kg s.s.)								
Data	52	77	81	128	138	153	169	PCB tot
07/10/2003	24,47	212,41	39,55	22,38	163,33	264,92	<l.q.	1086,89
30/03/2004	39,20	327,90	39,80	11,10	119,00	136,00	<l.q.	1014,70
28/09/2004	57,60	300,70	47,80	12,50	132,00	335,30	<l.q.	1195,80
05/03/2005	16,73	134,43	27,16	7,14	92,12	150,34	<l.q.	427,92
30/08/2005	29,49	94,23	14,40	15,89	84,86	205,91	<l.q.	444,78
03/04/2006	21,86	86,63	15,75	7,09	98,93	135,04	<l.q.	365,30
24/09/2006	31,92	210,37	36,18	16,72	127,04	268,53	<l.q.	690,76

Tabella 3-39 Concentrazione del tributilstagno nei tessuti di *Mytilus galloprovincialis*

COMPOSTI ORGANOSTANNICI nei mitili (ng/g s.f.)	
Data	Tributilstagno
07/10/2003	495
30/03/2004	510
28/09/2004	250
05/03/2005	390
30/08/2005	290
03/04/2006	200
24/09/2006	336

Tabella 3-40 Concentrazioni dei principali idrocarburi policiclici aromatici a basso peso molecolare (LPAH) nei tessuti di *Mytilus galloprovincialis*

LPAH nei mitili (IPA - Basso Peso Molecolare) (mg/kg s.s.)						
Data	Acenaftene	Acenaftilene	Antracene	Fluorene	Naftalene	Phenantrene
07/10/2003	0,0330	<l.q.	0,0173	0,0138	<l.q.	0,1007
30/03/2004	0,0279	<l.q.	0,0183	0,0159	<l.q.	0,1009
28/09/2004	0,0463	<l.q.	0,0337	0,0554	<l.q.	0,2101
05/03/2005	0,0635	<l.q.	0,1064	0,1782	<l.q.	0,5134
30/08/2005	0,0071	<l.q.	0,0080	0,0088	<l.q.	0,0489
03/04/2006	0,0198	<l.q.	0,0084	0,0277	<l.q.	0,1406
24/09/2006	0,2325	<l.q.	0,0514	0,0549	0,1469	0,2324

Tabella 3-41 Concentrazioni dei principali idrocarburi policiclici aromatici ad alto peso molecolare (HPAH) nei tessuti di *Mytilus galloprovincialis*

HPAH nei mitili (IPA ad Alto Peso Molecolare) (mg/kg s.s.)										
Data	Benzo(a) antracene	Benzo(a) pirene	Benzo(b) fluorantene	Benzo(g,h,i) pirlene	Benzo(k) fluorantene	Crisene	Dibenzo(a,h) antracene	Fluorantene	Indeno(1,2,3-c,d) pirene	Pirene
07/10/2003	0,0340	0,0501	0,0883	0,0266	0,0381	0,0379	0,0045	0,1947	0,0145	0,1804
30/03/2004	<l.q.	0,0837	0,1298	0,0511	0,0671	0,0602	0,0096	0,2111	0,0404	0,2767
28/09/2004	<l.q.	0,0380	0,0716	0,0183	0,0300	0,0711	0,0094	0,2030	0,0188	0,2072
05/03/2005	0,0888	0,1796	0,2763	0,0857	0,0826	0,3334	0,0178	0,6108	0,0936	0,6830
30/08/2005	0,0340	0,0423	0,0649	0,0249	0,0268	0,0559	0,0035	0,0661	0,2310	0,0849
03/04/2006	0,0243	0,0191	0,0356	0,0166	0,0152	0,0313	0,0027	0,1136	0,0160	0,0985
24/09/2006	0,1375	0,0345	0,0744	0,0168	0,0295	0,1944	0,0030	0,9103	0,0142	0,6841

3.2.2.5.6 Quadro complessivo

Dall'analisi dei dati derivanti dalle attività di monitoraggio, si può osservare che la zona antistante la diga foranea non presenta anomalie trofiche che la caratterizzano negativamente rispetto al panorama dell'intera Regione; in particolare l'indice TRIX, utilizzato per definire il livello trofico delle acque marine, presenta valori medi sempre inferiori a 5.

Anche se l'altro parametro utilizzato (CAM) evidenzia qualche problema legato alla trasparenza, si può concludere che le acque si mantengono su valori buoni e non presentano significativi rischi di eutrofizzazione o deficit di ossigeno anche grazie alle favorevoli condizioni idrodinamiche.

Diverso è il quadro che si presenta considerando la presenza di sostanze contaminanti; i valori di alcuni parametri si mantengono su valori superiori a quelli degli standard di legge; in particolare i risultati sugli organismi bioindicatori evidenziano un'accentuata contaminazione chimica delle acque tali da portare il complessivo valore di stato di qualità a "scadente".

Al riguardo si segnala che la stazione citata presenta valori in linea con quelli riscontrati presso la stazione di Voltri, la quale è considerata una delle stazioni più contaminate della regione Liguria²⁶.

Ciò è probabilmente riconducibile al fatto che le emissioni inquinanti di origine industriale e/o portuale avvenute soprattutto in passato continuano a condizionare significativamente le caratteristiche attuali delle acque limitrofe alle zone portuali.

3.2.2.6 Qualità delle acque portuali

3.2.2.6.1 Introduzione

Dati specifici sulla qualità delle acque nel canale di calma sono stati ricavati mediante una apposita campagna di indagine condotta nel mese di Ottobre 2010 nelle tre stazioni riportate nella Figura 3-50.

I campioni sono stati prelevati ad una profondità di 5 m e su di essi sono state condotte le determinazioni analitiche relative ai principali nutrienti (azoto, fosforo e carbonio), ai principali inquinanti inorganici (metalli pesanti), organici di sintesi (IPA) e idrocarburi. L'analisi di ciascun composto è stata eseguita secondo le metodiche EPA riportate nella Tabella 3-42.



Figura 3-50 Stazioni di prelievo dei campioni di acqua sottoposti ad analisi ambientale

²⁶ ARPAL, Programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino costiero ligure, 2010.

Tabella 3-42 Metodiche analitiche applicate

Parametro	Metodo
METALLI	
Arsenico	EPA 6020A 2007
Cadmio	EPA 6020A 2007
Cromo totale	EPA 6020A 2007
Ferro	EPA 6020A 2007
Mercurio	EPA 6020A 2007
Nichel	EPA 6020A 2007
Piombo	EPA 6020A 2007
Rame	EPA 6020A 2007
Vanadio	EPA 6020A 2007
Zinco	EPA 6020A 2007
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI	
Naftalene	EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 2007
Acenaftilene	EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 2007
Acenaftene	EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 2007
Fluorene	EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 2007
Fenantrene	EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 2007
Antracene	EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 2007
Fluorantene	EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 2007
Pirene	EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 2007
Benzo(a)antracene	EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 2007
Crisene	EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 2007
Benzo(b)fluorantene (A)	EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 2007
Benzo(k)fluorantene (B)	EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 2007
Benzo(ghi)perilene (C)	EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 2007
Benzo(a)pirene	EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 2007
Indeno(1,2,3-cd)pirene (D)	EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 2007
Dibenzo(a,h)antracene	EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 2007
Somm. policiclici aromatici (A,B,C,D)	EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 2007
Carbonio organico (TOC)	EPA 9060A 2004
Idrocarburi leggeri (C<12)	EPA 5021A 2003 + EPA 8015D 2003
ALTRE SOSTANZE	
Fosforo totale (come P)	POM 792 Rev. 9 2009
Ortofosfati (ione fosfato)	UNI EN ISO 10304-1:2009
Azoto nitrico (come N)	UNI EN ISO 10304-1:2009
Azoto nitroso (come N)	APAT CNR IRSA 4050 Man 29 2003
Azoto ammoniacale (come N)	POM 021 Rev. 12 2009
Torbidità	APAT CNR IRSA 2110 Man 29 2003

profondità di 4 e 10 m), la 008, la 002, la 023 (foce del T. Polcevera) e la 802, che è anche l'unica stazione di ponente per la quale sono disponibili alcuni dati.

Queste stazioni fisse sono visitate con cadenza periodica per prelievi d'acqua, sedimenti ed altre matrici ambientali ai fini del controllo a medio e lungo termine dello stato ambientale e nella fattispecie:

- le analisi chimiche, sia su campioni di acqua che di sedimento, sono svolte da ARPAL e riguardano granulometria, metalli, idrocarburi pesanti (C > 12), IPA, Nutrienti, Carbonio Organico Totale, Solidi sospesi, ed Organostannici. Tali campioni vengono prelevati con strumentazione rappresentata da bottiglie Niskin e benna Van Veen da operatori DIPTERIS (ex Geologia) durante opportune uscite in mare con natanti seguendo prescrizioni ARPAL come da opportuno protocollo;
- le analisi ecotossicologiche, di bioaccumulo e della comunità bentonitica sono svolte da ISPRA (ex ICRAM) e riguardano campioni di acqua ed organismi bentonici presenti nel sedimento oltre ad organismi filtratori (mitili) appositamente collocati nell'area portuale.

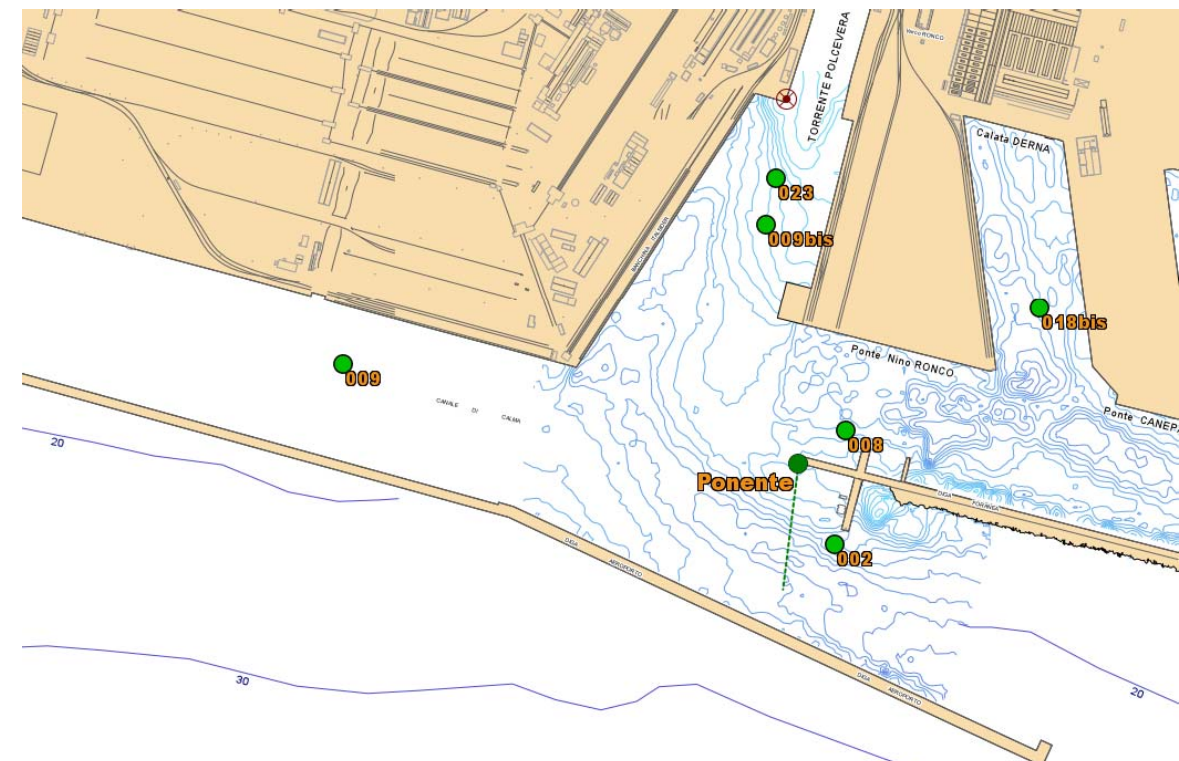


Figura 3-51 Stazioni di monitoraggio presenti nei pressi del canale di calma, area di levante del porto di Genova

Oltre a queste informazioni, sono stati considerati in questa sede anche i dati raccolti da ARPAL e da altri Enti nell'ambito delle attività di dragaggio del porto di Genova, con particolare riferimento alle stazioni appartenenti alla rete fissa di monitoraggio ubicata in prossimità del canale di calma, sia sul lato di ponente che sul lato di levante.

Le stazioni di interesse, la cui ubicazione è illustrata nelle due Figure seguenti (Figura 3-51 e Figura 3-52), sono la 009 (in prossimità della zona di attracco delle navi a servizio delle acciaierie di Cornigliano, interessata da prelievi tra Giugno e Ottobre 2008 ad una

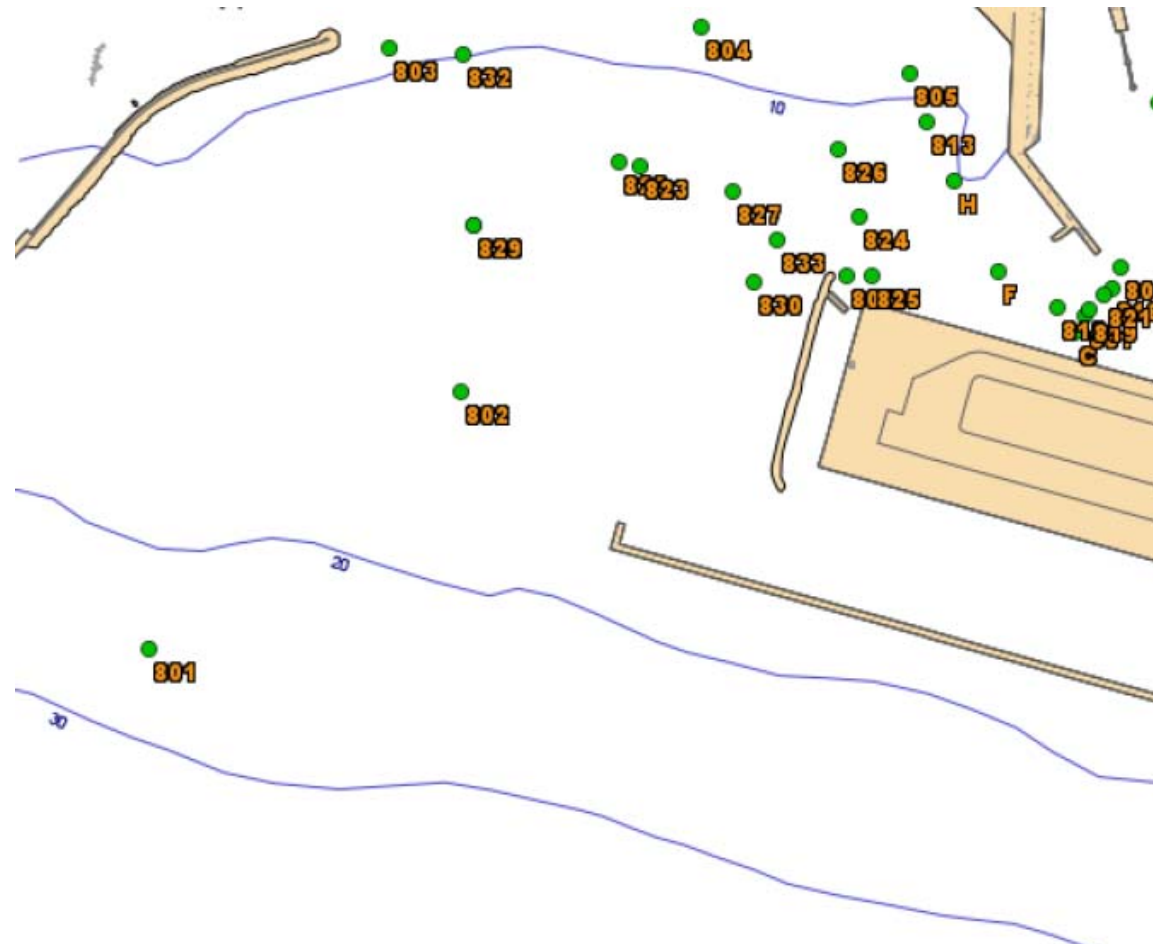


Figura 3-52 Stazioni di monitoraggio presenti nei pressi del canale di calma, area di ponente del porto di Genova

I risultati delle indagini considerate sono illustrati nei paragrafi seguenti, suddividendo tra parametri trofici, metalli pesanti e microinquinanti organici.

3.2.2.6.2 Aspetti trofici e parametri di base

A differenza di quanto visto per le stazioni a mare, non è possibile il calcolo di indici sintetici (es. CAM) a causa della mancanza di alcuni dei parametri necessari; per tale motivo l'analisi dei dati viene effettuata con riferimento ai singoli parametri.

Nella Tabella 3-43 vengono riportate le concentrazioni di nutrienti misurati nel canale di calma e nelle zone portuali limitrofe.

Tabella 3-43 Concentrazioni dei principali nutrienti, nei campioni d'acqua prelevati in ambito portuale e nel canale di calma (in rosso)

Stazione	Data	Prof. Prelievo (m)	Nutrienti (µg/l)					
			N-NH4	N-NO3	N-NO2	N tot	P tot	P-PO3
002	25/06/2008	6,0	27	11	< l.r. (10)	-	< l.r. (30)	< l.r. (10)
	23/10/2008	6,0	46	22	-	129	-	-
008	25/06/2008	6,0	34	12	< l.r. (10)	-	< l.r. (30)	< l.r. (10)
	23/10/2008	6,0	65	23	-	145	-	14
	06/07/2009	6,0	65	27	< l.r. (10)	-	< l.r. (30)	< l.r. (10)
	14/07/2009	6,0	48	24	< l.r. (10)	-	< l.r. (30)	< l.r. (10)
	15/07/2009	6,0	35	-	-	-	-	-
009	25/06/2008	4,0	49	19	-	-	-	-
	23/10/2008	4,0	218	27	-	275	-	-
		10,0	20	-	-	200	-	-
023	03/06/2009	2,5	84	23	-	-	-	-
802	-	-	-	-	-	-	-	-
SJ1	26/10/10	5,0	109	81,8	11	-	50	106
SJ5	26/10/10	5,0	70,7	67,8	5,7	-	27,8	14,5
SJ9	26/10/10	5,0	102	69,7	5,7	-	31,6	44,7

Per quanto concerne i composti azotati, l'esame dei dati relativi al canale di calma evidenzia una presenza significativa di composti ridotti (ammoniaca e azoto nitroso), soprattutto se rapportati alle concentrazioni di azoto nitrico, che sono inferiori ai 100 microg/l.

Considerando i valori di azoto totale inorganico (ottenuto per sommatoria dei vari composti azotati) si ottengono valori che si avvicinano ai 200 microg/l, superiori ai valori riscontrati nelle acque costiere e che si avvicinano a quelli propri di situazioni compromesse.^{27, 28, 29}

Anche il confronto con le stazioni adiacenti evidenzia che le concentrazioni si attestano su valori mediamente più elevati di quelli circostanti.

Anche le concentrazioni di fosforo si mantengono su valori piuttosto elevati, tipici di condizioni eutrofiche, anche se la differenza fra i risultati ottenuti fra la stazione SJ1 e le altre ed il numero limitato di campioni impediscono la formulazione di un giudizio definitivo; da segnalare che le concentrazioni di fosforo totale sono, in due campioni su tre, inferiori a quelle di orto fosfato, il che è comunque un indice che le frazioni organiche e quelle inorganiche complesse (es. polifosfati) del fosforo siano assai limitate.

Nella Tabella 3-44 sono presentati i dati disponibili relativamente alla concentrazione di sostanze organiche e di solidi sospesi totali.

Per quanto riguarda le sostanze organiche, espresse come carbonio organico totale, si ricorda che le stesse sono presenti in mare in forma disciolta (DOC) o come particolato

²⁷ Giovanardi F. Russo S. (2008) Il monitoraggio delle acque marino-costiere in applicazione della direttiva europea 2000/60: tipologie e condizioni di riferimento. Condizioni e siti di riferimento per le tipologie di corpi idrici nel bacino del fiume Po, (05-06/02/2008, Autorità di bacino del fiume Po – Parma).

²⁸ ICRAM (2007) Guida alla tipizzazione dei corpi idrici di transizione ed alla definizione delle condizioni di riferimento ai sensi della direttiva 2000/60/CE Giugno 2007

²⁹ ICRAM (2009) Implementazione della direttiva 2000/60/CE. Classificazione dello stato ecologico dei corpi idrici delle acque marino costiere e di transizione.

vivente o non vivente (POC). Il rapporto tra DOC, POC non vivente e POC vivente è spesso empiricamente assunto pari a 100:10:2.³⁰

I dati ottenuti nel canale di calma mostrano concentrazioni piuttosto omogenee, dell'ordine dei 2,5-3 mg/l, generalmente superiori a quelle riscontrate nelle zone adiacenti.

Considerando il TOC eseguito sul campione filtrato come rappresentativo del DOC ed applicando il rapporto di cui sopra, risulterebbe una concentrazione di biomassa planctonica pari a circa 60 microg/l.

Per quanto riguarda i solidi sospesi, si riscontrano valori piuttosto contenuti, solitamente inferiori a 10 mg/l; è probabile comunque che si verifichino incrementi anche consistenti di tale parametro durante gli eventi piovosi, per effetto degli apporti terrigeni.

Per il canale di calma non sono stati inseriti i dati di SST in quanto le misure di torbidità (espresse come NTU) non possono essere convertite in solidi sospesi senza la costruzione di una curva di taratura che permetta la conversione.

Tabella 3-44 Concentrazioni di Carbonio organico totale e solidi sospesi totali nei campioni d'acqua prelevati nelle stazioni in ambito portuale e canale di calma (in rosso)

Stazione	Data	Prof. Prelievo (m)	TOC (mg/l)	SST (mg/l)
002	25/06/2008	6,0	1,3	11,7
	23/10/2008	6,0	0,5	
008	25/06/2008	6,0	1,3	10,8
	23/10/2008	6,0	0,7	1
	06/07/2009	6,0	1,8	10
	14/07/2009	6,0	1,3	15,6
	15/07/2009	6,0	-	1
009	25/06/2008	4,0	1,8	6,6
	23/10/2008	4,0	0,8	4
		10,0	0,7	-
023	03/06/2009	2,5	1,4	10
802	-	-	-	-
SJ1	26/10/10	5.0	3,3	*
SJ5	26/10/10	5.0	2,7	*
SJ9	26/10/10	5.0	2,5	*

(*) Torbidità espressa come NTU e non come solidi sospesi totali

3.2.2.6.3 Metalli pesanti e microinquinanti organici

I dati raccolti all'interno del canale di calma non evidenziano la presenza di superamenti dei limiti previsti dalla normativa vigente in merito alla qualità delle acque costiere (D.M. 56/2009). I valori degli idrocarburi (Tabella 3-46, Tabella 3-47 e Tabella 3-48) si mantengono sempre al di sotto dei limiti di rilevanza. I metalli pesanti (Tabella 3-45) presentano concentrazioni paragonabili a quanto descritto per la qualità delle acque al di fuori della diga foranea, con presenza apprezzabile dei metalli con una significativa origine naturale (es. nichel) o legati alle attività portuali (es. rame). In generale gli andamenti sono caratteristici delle acque nei pressi di stazioni portuali di grandi dimensioni, secondo

³⁰ <http://dipbau.bio.uniroma1.it/web/Docenti/Docente358/Dispensa-del-corso-di-Ecologia-Marina---I-parte/Ecologia-Marina---parte-1.pdf>

quanto riportato nei monitoraggi dell'ambiente ligure³¹. In particolar modo i bassi valori dei metalli pesanti e dei composti organici di sintesi sono probabilmente da attribuirsi alla bassa solubilità di tali composti che tendono ad accumularsi in altri comparti ambientali, come ad esempio il sedimento.

Anche nelle stazioni situate in prossimità del canale di calma, le concentrazioni dei principali contaminanti organici e inorganici (metalli pesanti e idrocarburi policiclici aromatici) sono risultate estremamente basse e in molti casi al di sotto dei limiti di quantificazione (da Tabella 3-49 a Tabella 3-52).

Superamenti dei limiti normativi si sono verificati sporadicamente e solo in una stazione (009) per il cromo, che presenta nel campione prelevato il 23/10/2008 una concentrazione di 5,4 µg/l rispetto al limite previsto dal D.M 56/09 pari a 5 µg/l.

3.2.2.6.4 Quadro complessivo

Le informazioni disponibili sulle caratteristiche delle acque all'interno del canale di calma evidenziano una situazione tutto sommato soddisfacente per quanto attiene ai livelli di microinquinanti organici ed inorganici presenti in fase disciolta, che si mantengono entro i limiti di legge; i metalli riscontrati in concentrazioni analiticamente apprezzabili sono i medesimi già riscontrati nelle altre stazioni portuali e nella stazione situata in mare. Nel caso dei parametri trofici, l'assenza di alcuni parametri ha impedito la definizione di indici complessivi come nel caso della stazione a mare; l'esame dei nutrienti ha evidenziato, nel caso dell'azoto, una presenza anomala di composti ridotti rispetto alle forme ossidate.

Sia i valori di azoto che quelli di fosforo si attestano su valori più elevati di quelli rilevati nelle aree portuali circostanti e nella stazione costiera, come desumibili dalla classe trofica attribuita.

³¹ ARPAL, Programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino costiero ligure, 2010.

Tabella 3-45 Concentrazioni dei principali metalli nei campioni d'acqua prelevati all'interno del canale di calma

26/10/2010	Metalli nelle acque (µg/l)									
Stazione	Arsenico	Cadmio	Cromo totale	Ferro	Mercurio	Nichel	Piombo	Rame	Vanadio	Zinco
SJ5	2,1	0,1	0,5	< l.r. (5)	< l.r. (0,1)	1	0,1	1,2	3,3	20,1
SJ2	1,9	< l.r. (0,1)	1,6	< l.r. (5)	< l.r. (0,1)	4,5	0,1	0,7	3,4	18,6
SJ9	2	0,1	1,5	< l.r. (5)	< l.r. (0,1)	2,5	0,1	0,8	4	19,8
DM 56/09										

Tabella 3-46 Concentrazioni dei principali idrocarburi policiclici aromatici a basso peso molecolare nei campioni d'acqua prelevati all'interno del canale di calma

26/10/2010	LPAH nelle acque (µg/l)					
Stazione	Naftalene	Acenaftilene	Acenaftene	Fluorene	Fenantrene	Antracene
SJ1	< l.r. (0,1)	< l.r. (0,1)	< l.r. (0,1)	< l.r. (0,1)	< l.r. (0,1)	< l.r. (0,1)
SJ5	< l.r. (0,1)	< l.r. (0,1)	< l.r. (0,1)	< l.r. (0,1)	< l.r. (0,1)	< l.r. (0,1)
SJ9	< l.r. (0,1)	< l.r. (0,1)	< l.r. (0,1)	< l.r. (0,1)	< l.r. (0,1)	< l.r. (0,1)

Tabella 3-47 Concentrazione dei principali idrocarburi policiclici aromatici ad alto peso molecolare nei campioni d'acqua prelevati all'interno del canale di calma

26/10/2010	HPAH nelle acque (µg/l)									
Stazione	Fluorantene	Pirene	Benzo(a) antracene	Crisene	Benzo(b) Fluorantene*	Benzo(k) Fluorantene*	Benzo(g,h,i) Perilene*	Benzo(a) pirene	Indeno(1,2,3-cd) Pirene*	Dibenzo(a,h) antracene
SJ1	< l.r. (0,1)	< l.r. (0,1)	< l.r. (0,01)	< l.r. (0,1)	< l.r. (0,01)	< l.r. (0,005)	< l.r. (0,001)	< l.r. (0,001)	< l.r. (0,01)	< l.r. (0,001)
SJ5	< l.r. (0,1)	< l.r. (0,1)	< l.r. (0,01)	< l.r. (0,1)	< l.r. (0,01)	< l.r. (0,005)	< l.r. (0,001)	< l.r. (0,001)	< l.r. (0,01)	< l.r. (0,001)
SJ9	< l.r. (0,1)	< l.r. (0,1)	< l.r. (0,01)	< l.r. (0,1)	< l.r. (0,01)	< l.r. (0,005)	< l.r. (0,001)	< l.r. (0,001)	< l.r. (0,01)	< l.r. (0,001)

*Idrocarburi Policiclici Aromatici utilizzati per la sommatoria riportata nella Tabella 3-48.

Tabella 3-48 Sommatoria degli IPA e idrocarburi leggeri (C<12) nei campioni d'acqua prelevati all'interno del canale di calma

26/10/2010	Somma policiclici aromatici	Idrocarburi leggeri (C<12)
Stazione	µg/l	µg/l
SJ1	< l.r. (0,01)	< l.r. (1)
SJ5	< l.r. (0,01)	< l.r. (1)
SJ9	< l.r. (0,01)	< l.r. (1)

Tabella 3-49 Concentrazioni dei principali metalli pesanti nei campioni d'acqua prelevati nelle stazioni in prossimità del canale di calma

Metalli (µg/l)														
Stazione	Data	Prof. Prelievo (m)		Alluminio	Arsenico	Cadmio	Cromo	Ferro	Mercurio	Nichel	Piombo	Rame	Vanadio	Zinco
002	23/10/2008	6,0	Disciolto	-	3,5	-	-	-	-	4,6	-	8,3	4	-
			Particellato	17,9	0,5	-	0,6	5,2	-	0,8	0,7	1,9	0,5	7,4
	25/06/2008	6,0	Disciolto	1,4	1,5	-	21,9	-	-	6,6	-	12,3	2,2	-
			Particellato	23,8	-	0,7	0,3	-	-	-	7,1	-	-	-
008	25/06/2008	6,0	Disciolto	11,9	1,5	-	20,9	-	-	5,4	-	13,6	2,4	-
			Particellato	92,2	-	-	0,4	34,4	-	-	-	-	-	0,2
	23/10/2008	6,0	Disciolto	-	2,4	-	7	-	-	4,2	-	9,1	3,1	-
			Particellato	26,2	0,4	-	1,5	13,3	-	1	-	1,7	0,8	9,4
	06/07/2009	6,0	Disciolto	-	2,9	-	-	-	-	-	0,8	1,9	4,5	-
			Particellato	71,4	-	-	2	35,5	-	0,5	0,6	1,4	-	11,8
	14/07/2009	6,0	Disciolto	-	2,6	-	-	-	-	-	-	3,2	4,3	-
			Particellato	73,2	-	-	2,2	42	-	0,8	0,8	1	0,2	8
009	25/06/2008	4,0	Disciolto	34	1,5	-	19,9	-	-	6,4	0,8	12,9	2,7	-
			Particellato	58,4	-	-	0,4	23,7	0,5	-	-	-	-	-
023	03/06/2009	2,5	Disciolto	-	2,4	2,57	8,7	-	-	12,2	42,8	-	3	-
			Particellato	905	1,1	0,38	1,5	110	0,14	2	23	14,2	1,1	16,9

Tabella 3-50 Concentrazione dei principali idrocarburi policiclici aromatici a basso peso molecolare nei campioni d'acqua prelevati nelle stazioni in prossimità del canale di calma

LPAH (µg/l)								
Stazione	Data	Prof. Prelievo (m)	Acenaftene	Acenaftilene	Antracene	Fluorene	Naftalene	Fenantrene
002	25/06/2008	6,0	0,003	< l.r. (0,2)	< l.r. (0,00003)	0,007	0,002	0,007
	23/10/2008	6,0	0,001	< l.r. (0,2)	0,001	0,001	0,004	0,006
008	25/06/2008	6,0	< l.r. (0,00004)	< l.r. (0,2)	0,001	0,004	0,002	0,005
	23/10/2008	6,0	0,003	< l.r. (0,2)	0,001	0,003	0,008	0,019
	06/07/2009	6,0	0,003	< l.r. (0,2)	0,001	0,002	0,006	0,005
	14/07/2009	6,0	0,003	< l.r. (0,2)	0,001	0,002	0,01	0,009
	15/07/2009	6,0	0,01	< l.r. (0,2)	0	0	0,01	0,02
009	25/06/2008	4,0	0,003	-	-	-	0,002	0,001
	23/10/2008	4,0	0,003	-	0,001	0,001	0,006	0,005
023	03/06/2009	2,5	0	< l.r. (0,2)	0	0	-	0,01
802	15/06/2009	8,0	0	< l.r. (0,2)	0	0	0,01	0,01

Tabella 3-51 Concentrazione dei principali idrocarburi policiclici aromatici ad alto peso molecolare nei campioni d'acqua prelevati nelle stazioni in prossimità del canale di calma

HPAH (µg/l)												
Stazione	Data	Prof. Prelievo (m)	Benzo(a)antracene	Benzo(a)pirene	Benzo(b)fluorantene	Benzo(g,h,i)perilene	Benzo(k)fluorantene	Crisene	Dibenzo(a,h)antracene	Fluorantene	Indeno(1,2,3-c,d)pirene	Pirene
002	25/06/2008	6,0	0,001	0,001	0,001	0,001	< l.r. (00003)	0,001	< l.r. (0,00003)	0,002	0,002	0,002
	23/10/2008	6,0	< l.r. (0,0001)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	< l.r. (0,00003)	0,002	< l.r. (0002)	0,001
008	25/06/2008	6,0	0,001	0,001	0,001	0,001	< l.r. (00003)	0,001	< l.r. (0,00003)	0,002	0,001	0,002
	23/10/2008	6,0	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	< l.r. (0,00003)	0,004	0,001	0,006
	06/07/2009	6,0	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,003
	14/07/2009	6,0	0,007	0,005	0,015	0,006	0,007	0,009	0,002	0,009	0,007	0,009
	15/07/2009	6,0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0	0,01
009	25/06/2008	4,0	0,001	-	-	0,001	-	-	-	-	-	0,001
	23/10/2008	4,0	0,001	0,001	-	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	-	0,009
023	03/06/2009	2,5	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0
802	15/06/2009	8,0	-	-	0	-	-	-	-	0	-	0

Tabella 3-52 Sommatoria degli idrocarburi pesanti (C>12), solidi sospesi totali e tributilstagno nei campioni d'acqua prelevati nelle stazioni in prossimità del canale di calma

Stazione	Data	Idrocarburi pesanti (C>12)(µg/l)	SST (mg/l)	Tributilstagno (µg/l)
002	25/06/2008	-	11,7	-
	23/10/2008	-		
008	25/06/2008	-	10,8	-
	23/10/2008	-	1	0,009
	06/07/2009	74	10	0,01
	14/07/2009	-	15,6	0
	15/07/2009	-	1	0,004
009	25/06/2008	-	6,6	-
	23/10/2008	-	4	0,005
023	03/06/2009	53	10	
802	15/06/2009	141		

3.2.2.7 Capacità di ricambio idrico del canale di calma

La valutazione della capacità di ricambio di un corpo idrico, intesa come la capacità di ricambiare le proprie acque, è un aspetto di interesse dal punto di vista ambientale perché è un indicatore della vulnerabilità del sistema agli apporti inquinanti esterni.

Nel seguito il tempo di ricambio del sistema viene definito come il tempo necessario affinché il flusso d'acqua immesso nel sistema, supposto composto da acqua "pulita", riduca, in un punto, la concentrazione di una sostanza conservativa, inizialmente uniformemente distribuita nell'area (cioè con una concentrazione iniziale uguale in ogni punto del corpo idrico), di un fattore pari al numero di Eulero "e" (~ 2,718281...).

In termini analitici, se si considera una sostanza con decadimento del primo ordine, si può scrivere che:

$$C(t) = C_0 e^{-t/\tau}$$

Pertanto viene definito come tempo di ricambio il tempo τ che è necessario per far diminuire, in quel punto, la concentrazione iniziale C_0 alla concentrazione:

$$\frac{C_0}{e} \cong 0.3679 \times C_0$$

Per definire tale parametro si impone una concentrazione di un tracciante passivo in tutto il sistema da studiare. Viene quindi a determinarsi una situazione iniziale in cui la concentrazione di tale tracciante è uniforme (Figura 3-53).

A partire da tale situazione, vengono attivate le forzanti caratteristiche del sito, dove gli afflussi (marea, scarichi, ecc.) sono imposti con concentrazione entrante pari a 0, e si seguono quindi le variazioni di concentrazione all'interno dell'area di studio.

Naturalmente l'evoluzione delle concentrazioni non è uniforme, ma risente dell'apporto della marea e delle altre forzanti esterne, mostrando delle oscillazioni più accentuate nelle aree dove il ricambio è maggiore e oscillazioni minori nelle aree a minore ricambio.

Per meglio evidenziare il fenomeno, la concentrazione iniziale uniforme viene imposta pari a 1 unità/m³, anche se si deve tenere conto che, essendo la sostanza considerata conservativa, il tempo di ricambio è invariante rispetto alla concentrazione iniziale.

Per la zona del canale di calma, per cui è stata approntata questa analisi, sono stati identificati due diversi scenari di forzanti esterne: un primo scenario in cui come forzanti sono state assunte solo l'oscillazione di marea e le correnti litoranee, con gli stessi valori caratteristici utilizzati per le simulazioni riportate al paragrafo 3.2.2.4.1, ed un secondo dove sono stati considerati anche i flussi medi annui dei corsi d'acqua, con gli stessi valori adottati per la valutazione della distribuzione della salinità (par. 3.2.2.4.4).

I risultati dell'analisi del tempo di ricambio, limitatamente alla zona oggetto di studio, sono riportati, espressi in ore, nella Figura 3-54, per quanto riguarda lo scenario con sola marea e correnti litoranee, e nella Figura 3-55, per lo scenario a cui sono stati aggiunti i deflussi medi annui del torrente Polcevera e dei rii Secco e Roncallo.

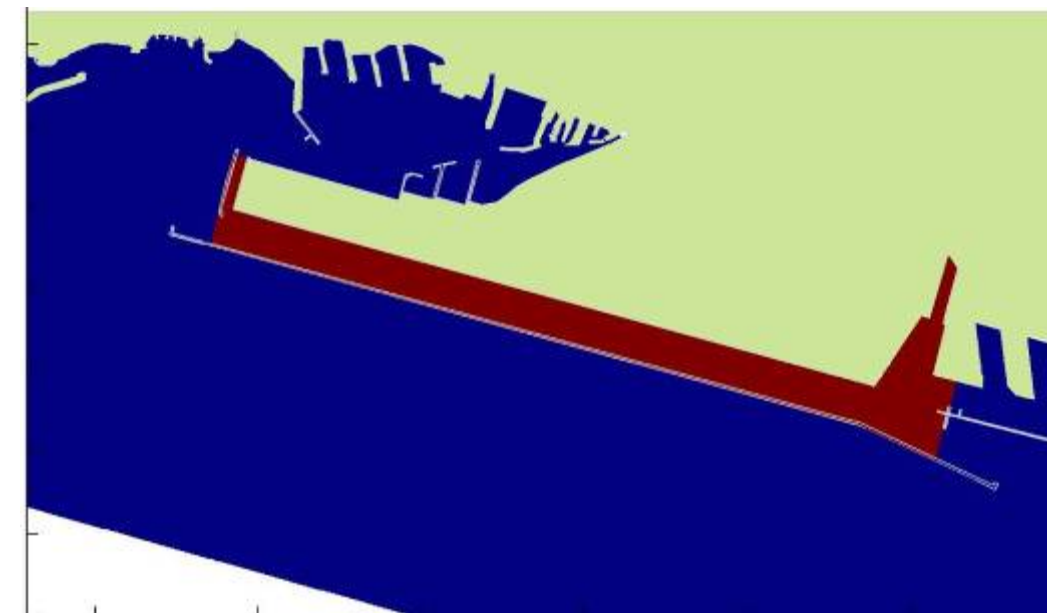


Figura 3-53 Area considerata per la valutazione del tempo di ricambio

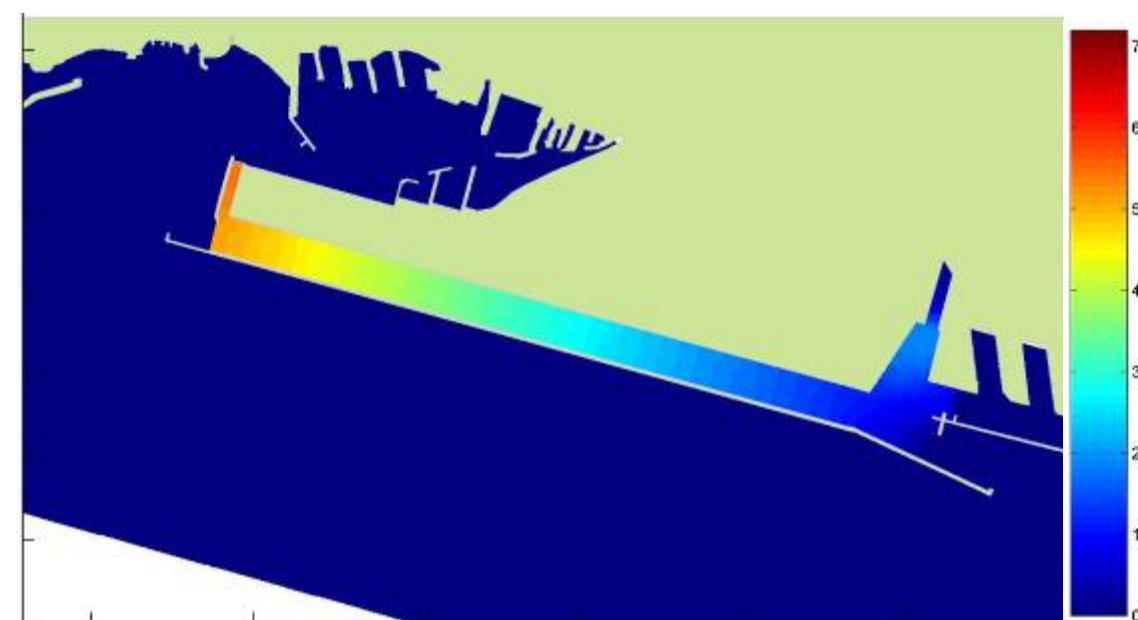


Figura 3-54 Tempo di ricambio, in ore, nel canale di calma quando sottoposto a marea media e a correnti litoranee

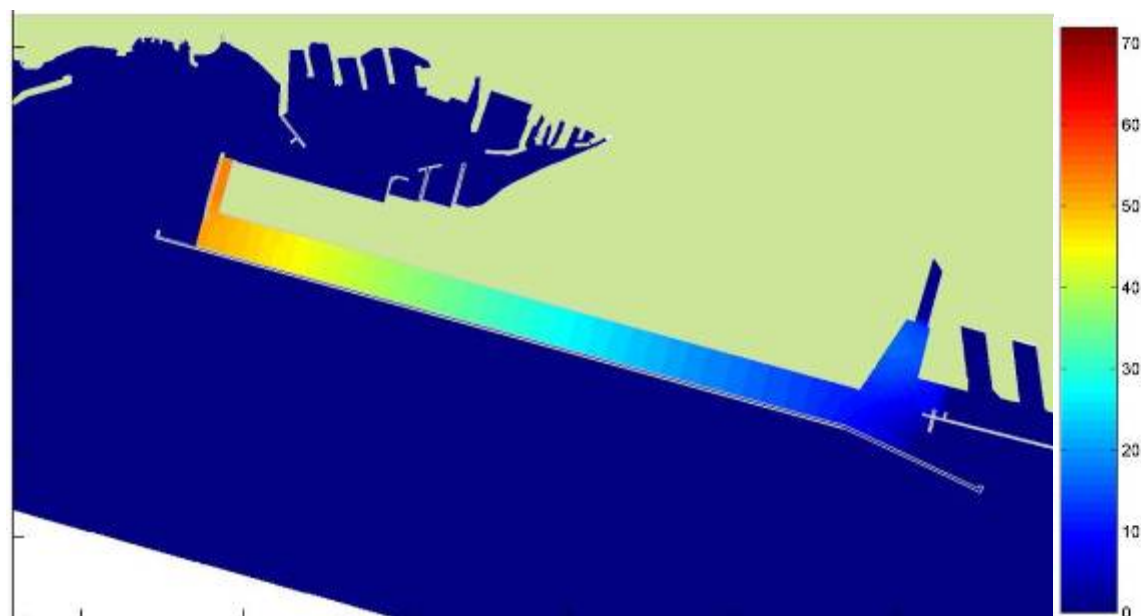


Figura 3-55 Tempo di ricambio, in ore, nel canale di calma quando sottoposto a marea media, a correnti litoranee e ai deflussi medi annui dei principali corsi d'acqua

In accordo con i risultati evidenziati per le diverse condizioni idrodinamiche, e ricordando che il flusso del canale di calma procede normalmente da est verso ovest, si può notare che i maggiori tempi di ricambio sono presenti, nella situazione attuale, all'estremità di ponente del canale stesso.

Questo è dovuto principalmente al fatto che, non essendo presente un flusso trasversale ma solo longitudinale, prima che il corpo idrico nella zona a ovest sia in grado di ridurre in modo significativo le concentrazioni di riferimento, tutto il resto del canale deve aver avuto la possibilità di sostituire una parte ragguardevole dell'acqua che lo compone e, dati i flussi contenuti, questo richiede un tempo stimabile tra le 60 e le 70 ore.

Naturalmente molto più rapido è il ricambio nella zona orientale del canale dove l'afflusso di acqua direttamente dal mare riduce velocemente le concentrazioni in tali aree, con tempi di ricambio stimabili in circa 10 ore.

Sempre nello scenario senza afflussi dai fiumi, un punto a ridotto ricambio è la zona della foce del Polcevera dove, in mancanza di apporti dal corso d'acqua, si evidenzia un'area di accumulo con ricambi stimabili in circa 25 ore.

Nello scenario con gli afflussi medi annui dai corsi d'acqua principale, la situazione non si modifica in modo significativo, anche se si nota un leggero decremento dei tempi di ricambio che permangono, comunque, agli stessi livelli del caso precedente.

Ovviamente, almeno ad una valutazione visiva, si nota un decremento più marcato nella zona della foce dei Polcevera dove l'apporto di $5 \text{ m}^3/\text{s}$ contribuisce a velocizzare il ricambio di quell'area.

3.2.2.8 Trasporto solido

Come evidenziato nei paragrafi precedenti, lo stato attuale del canale di calma è determinato dalla bassa energia del moto ondoso e dalla presenza degli apporti dei tre corsi d'acqua che sfociano nei pressi.

Poiché i dati disponibili sul trasporto solido di questi tre torrenti non erano sufficientemente dettagliati per procedere ad un'analisi della distribuzione dei sedimenti, si è ritenuto di procedere alla valutazione della distribuzione in via indiretta, basandosi sulle seguenti considerazioni:

- il canale di calma, come dimostrato anche con le analisi idrodinamiche, dispersive e del ricambio, può essere assimilato ad un bacino di sedimentazione in cui le onde e le correnti, sia mareali che litoranee, hanno effetti estremamente modesti;
- sulla base di tali considerazioni, e con il conforto dei dati relativi ai sedimenti di fondo, si può presumere che l'eventuale materiale grossolano (sabbia grossa, ghiaia o materiale di granulometria ancora maggiore) eventualmente recapitato al canale di calma dai corsi d'acqua, anche se in piena, si sedimenterebbe immediatamente a valle dei relativi sbocchi, senza interferire con il canale in senso generale;
- si può quindi presumere che i soli sedimenti in grado di costituire un trasporto solido nel canale di calma possano essere costituiti soprattutto da sabbie medio fini e da materiali fini come limi e argille;
- al fine di studiare il potenziale fato di queste tipologie di sedimenti, è stato messo a punto un modello di trasporto solido che, utilizzando i risultati del modello idrodinamico sopra descritto, consentisse di verificare la capacità di trasporto in sospensione di questi sedimenti e la loro probabilità di sedimentare nel sistema oggetto di studio.

In particolare sono stati definiti tre diversi sedimenti codificati come IM1, IM2 e IM3, le cui caratteristiche, in termini sedimentologici, sono riportate in Tabella 3-53.

In particolare si è concentrato lo studio su sedimenti fini definendo le caratteristiche per un'argilla media (IM1), un limo grossolano (IM2) ed una sabbia fine (IM3).

Per ognuno di essi sono stati reperiti, sulla base di dati di letteratura³², dei valori di velocità di sedimentazione (espressa in m/giorno) e di tensione critica di sedimentazione e di risospensione (Pascal) che, inseriti nel modulo morfologico del modello utilizzato, consentissero di valutare, per ognuno di essi, la distribuzione delle concentrazioni nel tempo e la densità di sedimentazione sul fondo.

³² U.S. Army Corps of Engineers - Coastal Engineering Research Center _ EM 1110-2-1100 (Part III) 30 Apr. 02.

Tabella 3-53 Caratteristiche dei sedimenti utilizzati per le analisi parametriche di trasporto solido

Codice Sedimenti	Dimensione delle particelle (μm)	Velocità di sedimentazione (m/giorno)	τ_{critico} di sedimentazione (pascal)	τ_{critico} di risospensione (Pascal)
IM1	10	5,0	0,02	0,20
IM2	40	20,0	0,02	0,20
IM3	100	500,0	0,03	0,32

3.2.2.8.1 Le analisi effettuate

Su tali basi è stato definito uno scenario in grado di rappresentare questo fenomeno e, quindi, valutare in modo parametrico il comportamento del sistema.

Lo scenario si basa sui seguenti parametri:

- durata della simulazione: 40 giorni;
- immissione costante, per i primi 7 giorni, di una concentrazione, per ogni tipologia di sedimento, pari a 100 g/m^3 , con un campo idrodinamico corrispondente al deflusso massimo annuale dei corsi d'acqua considerati;
- transizione dal settimo al nono giorno, con progressiva riduzione dell'immissione di solidi sospesi fino al loro annullamento e riduzione dei flussi idrici dei corsi d'acqua fino ai valori corrispondenti al deflusso medio annuo;
- ultimazione della simulazione con queste caratteristiche al fine di consentire una completa sedimentazione dei solidi immessi in sospensione.

Nella seguenti figure sono illustrati i campi di concentrazione dei solidi sospesi, in g/m^3 , per le tre frazioni di sedimenti considerati, alla fine del periodo di rilascio e, quindi, nel momento di massima concentrazione.

Per quanto riguarda la frazione IM1 (Figura 3-56), si nota che le concentrazioni in sospensione sono elevate in corrispondenza della foce del Polcevera, con valori compresi tra 70 e 100 g/m^3 , e che anche nel canale di calma si sviluppa un pennacchio torbido abbastanza intenso, con valori di concentrazioni di solidi sospesi prossimi ai 60 g/m^3 .

Nel bacino occidentale del porto, inoltre, è evidente un pennacchio che si sviluppa in senso antiorario e che va a lambire la costa in prossimità di Pegli. Tale fenomeno è probabilmente da imputare sia alla geometria della diga foranea, sia all'andamento delle correnti che si incuneano nello specchio acqueo libero all'estremità occidentale della diga foranea a valle della diga foranea.

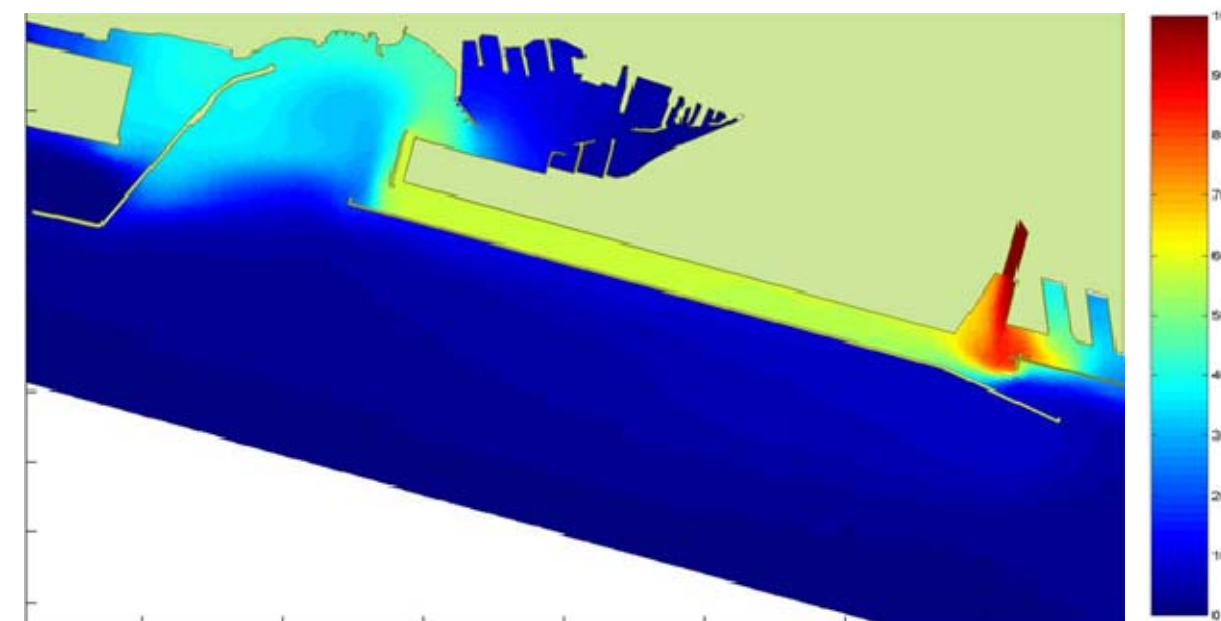


Figura 3-56 Situazione attuale – Materiale IM1 – Concentrazione di solidi sospesi alla fine del rilascio

La situazione che si presenta per la frazione IM2 nello scenario di concentrazione massima in sospensione è del tutto simile a quella della frazione IM1, anche se con concentrazioni meno elevate, almeno al di fuori dell'area di foce del torrente Polcevera (Figura 3-57).

Infatti in questo caso le concentrazioni massime nel canale di calma raggiungono i 50 g/m^3 , mentre il pennacchio di torbida nello specchio acqueo a ovest del canale stesso, pur presentandosi con forma analoga, si mostra in questo caso meno sviluppato e con concentrazioni minori.

Questi effetti si spiegano con la diversità di velocità di sedimentazione caratteristica associata a questa seconda frazione che consente di ridurre, a parità di condizione idrodinamiche, la quantità di materiale in sospensione.

Questo fenomeno risulta ancora più evidente per la frazione IM3 che, grazie ad una velocità di sedimentazione molto più elevata rispetto alle precedenti, consente al materiale di sedimentare prima di formare il pennacchio e, quindi, di indurre concentrazioni di sedimenti in sospensione molto più contenute rispetto alle altre due frazioni.

Come si può notare nella Figura 3-58, infatti, sono visibili concentrazioni significative, seppur contenute, solo nella parte orientale del canale di calma e comunque con valori inferiori ai 20 g/m^3 , mentre è del tutto non rilevabile la concentrazione di frazione IM3 sia nella parte occidentale del canale di calma, che nel bacino ad ovest.

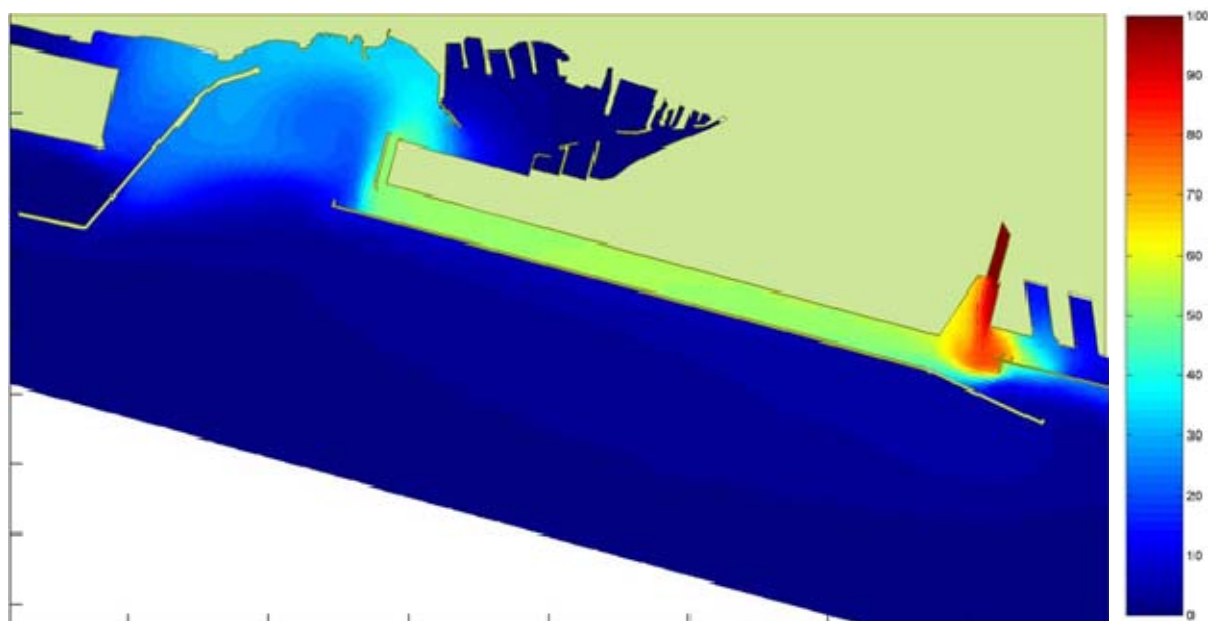


Figura 3-57 Situazione attuale – Materiale IM2 – Concentrazione di solidi sospesi alla fine del rilascio

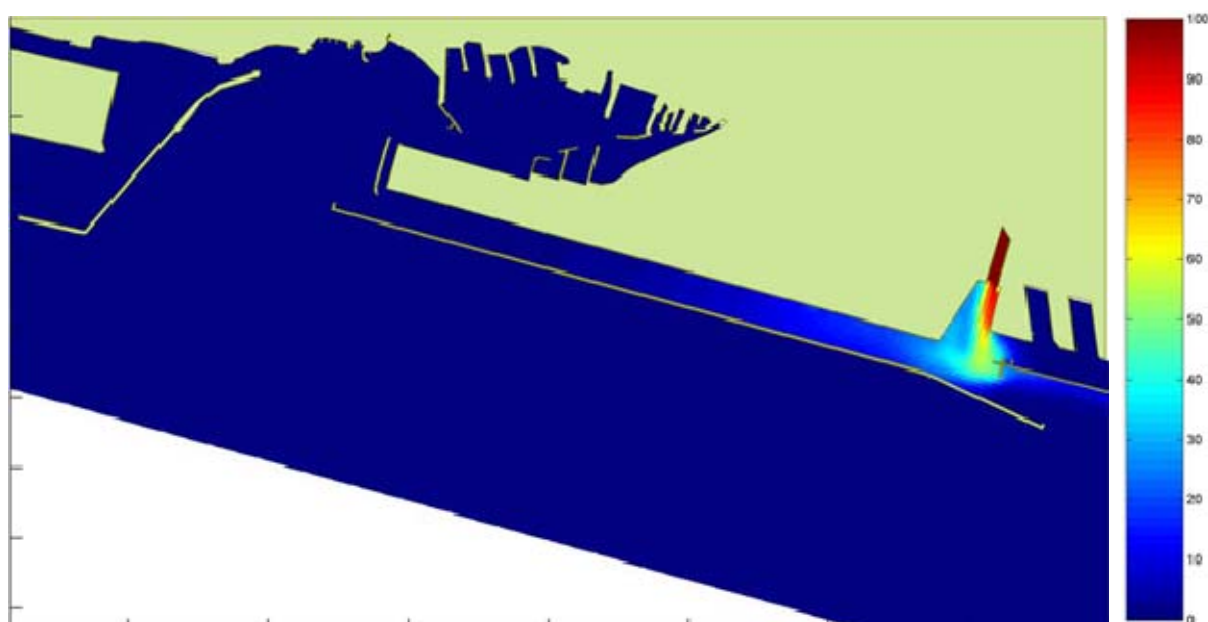


Figura 3-58 Situazione attuale – Materiale IM3 – Concentrazione di solidi sospesi alla fine del rilascio

Polcevera, nel canale portuale ad est della stessa, nella parte ovest del canale di calma e nei due grandi bacini ad occidente del canale stesso.
 Le densità di materiale sono comunque relativamente contenute, con densità significative inferiori a 4000 g/m^2 .

La situazione determinata dalla frazione IM2, illustrata nella Figura 3-60, presenta densità di sedimentazione più elevate e concentrate, oltre che nella foce del Polcevera e nel canale ad est della stessa, dove si raggiungono densità di circa 8000 g/m^2 , anche all'estremità occidentale del canale di calma, dove i valori si attestano su circa 6000 g/m^2 .
 Un altro punto di concentrazione della sedimentazione si nota a nord del terrapieno dell'aeroporto, dove si raggiungono valori prossimi ai 5000 g/m^2 .

La situazione della sedimentazione determinata dalla frazione IM3 e riportata in Figura 3-61 è invece completamente diversa.

In questo caso, infatti, si hanno ampie aree attorno alla foce del Polcevera con valori di densità di sedimentazione molto elevati, superiori ai 10.000 g/m^2 , ma che raggiungono anche valori massimi di 25.000 g/m^2 .

In quest'ultimo scenario risulta interessante notare come l'aumento locale delle velocità, indotte dagli scarichi dei rii Secco e Roncallo, impedisca la sedimentazione in prossimità degli scarichi stessi, consentendo in quell'area una limitata sedimentazione solo in prossimità della diga foranea, dalla parte opposta del canale.

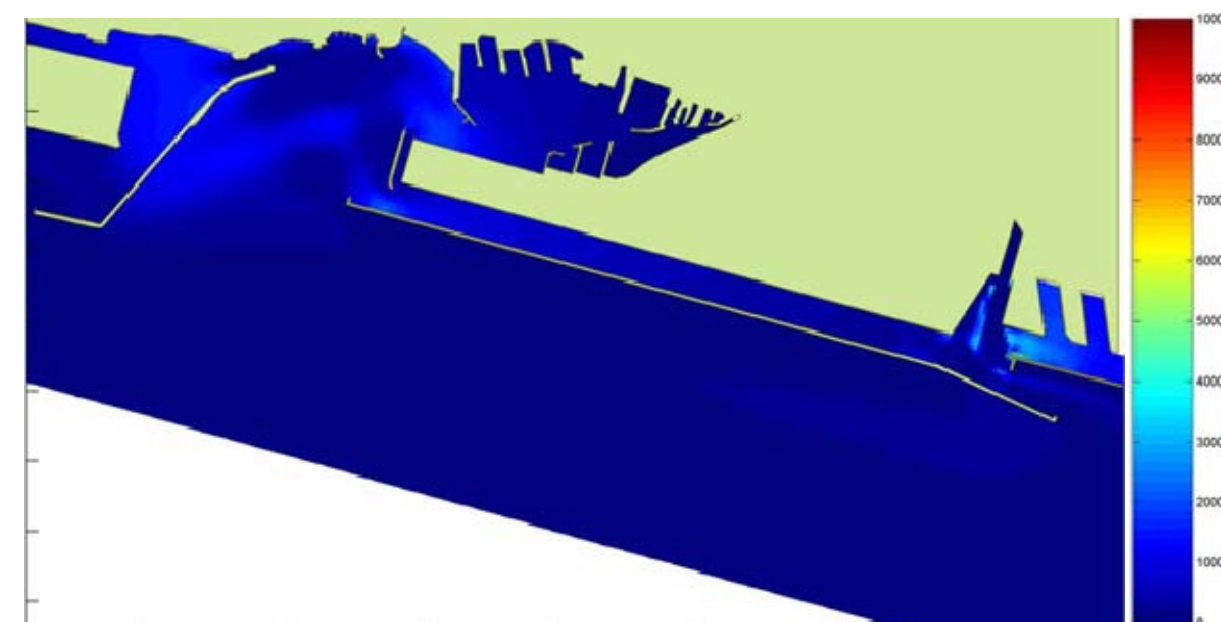


Figura 3-59 Situazione attuale – Materiale IM1 – Densità di sedimentazione (g/m^2) di solidi in sospensione alla fine del processo

Al fine di valutare l'effetto finale dei fenomeni di trasporto di materiale solido in sospensione, è stata valutata, per ogni frazione considerata, la densità di sedimentazione, espressa in g/m^2 . Tale valore si attenua interrompendo l'apporto di sedimenti e lasciando sedimentare tutto il materiale trasportato dal campo di moto applicato.

In Figura 3-59 viene riportata la densità di materiale sedimentato per la frazione IM1. Come si può notare, proprio grazie al grande trasporto che si è verificato, il materiale sedimentato si concentra in quantità significative, solo in corrispondenza della foce del

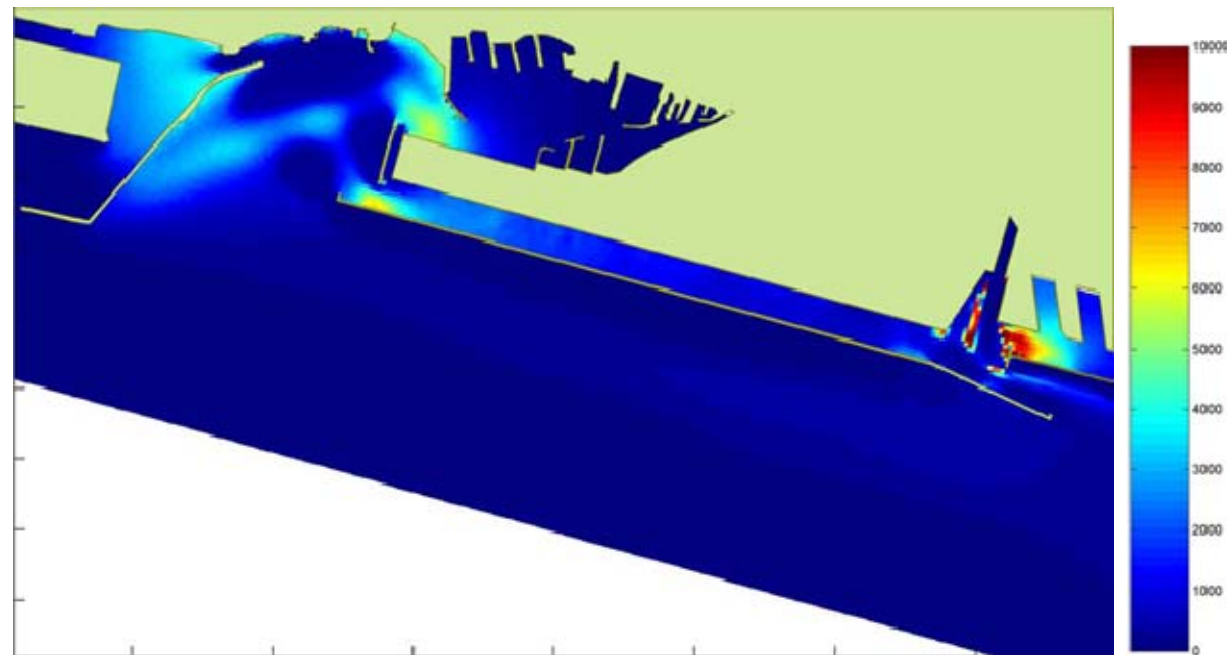


Figura 3-60 Situazione attuale – Materiale IM2 – Densità di sedimentazione (g/m²) di solidi in sospensione alla fine del processo

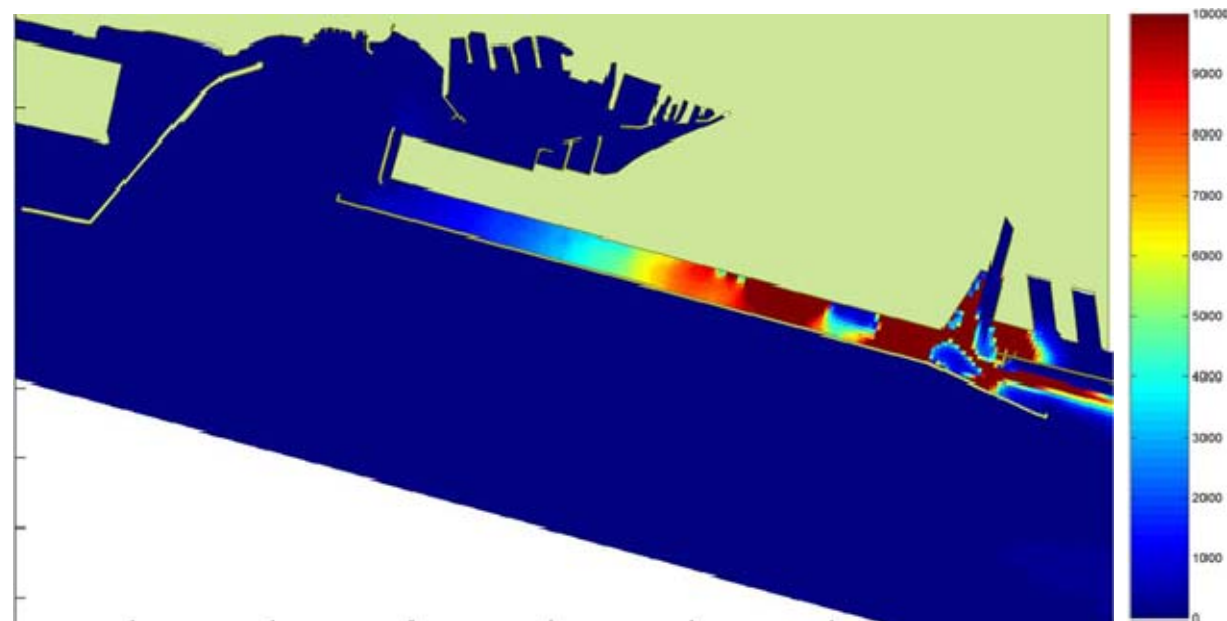


Figura 3-61 Situazione attuale – Materiale IM3 – Densità di sedimentazione (g/m²) di solidi in sospensione alla fine del processo

3.2.2.8.2 Considerazioni conclusive

Sulla base di quanto sopra riportato, è evidente che il comportamento dei sedimenti immessi nel sistema cambia in modo significativo in funzione delle caratteristiche dei sedimenti considerati.

In particolare per sedimenti molto fini (argilla e limo), l'energia presente è in grado di determinare una dispersione dei sedimenti in sospensione fino a distribuirli su tutto il dominio considerato, mentre per sedimenti più grossolani, comunque limitati alle sabbie sottili, la sedimentazione è il processo che è maggiormente efficace sui sedimenti stessi.

In termini di comportamento globale, è particolarmente significativo analizzare l'andamento della massa di sedimenti presente nel sistema in termini di:

- Quantità di sedimenti in sospensione;
- Quantità di sedimenti sedimentati sul fondo;
- Quantità di sedimenti scambiati con l'esterno del sistema.

Il confronto di questi tre parametri consente di interpretare il bilancio di massa dell'intero sistema per le frazioni di sedimenti considerate e, quindi, la dinamica generale di questo tipo di processi.

È da ricordare, a livello generale, che la quantità e la dislocazione di materiale immesso per le tre diverse frazioni di sedimenti sono le stesse per ognuna di esse (concentrazioni di 100 g/m³ per ogni frazione di sedimento e per ognuno dei principali corsi d'acqua che sfociano nel sistema).

Come si può notare in Figura 3-62, la massa in sospensione per le tre frazioni IM1, IM2 e IM3 ha un andamento nel tempo molto diverso in funzione delle caratteristiche di ogni sedimento.

In particolare la frazione più fine IM1 mantiene in sospensione una quantità di sedimenti molto più elevata rispetto alla IM2 e alla IM3 e raggiunge anche la massa di equilibrio più tardi rispetto alle altre due componenti.

Viceversa, la sedimentazione della frazione IM3 (Figura 3-63) è molto più elevata rispetto alle altre due componenti. In linea generale, nel momento in cui si interrompe l'immissione di sedimenti in sospensione, la frazione più grossolana sedimenta quasi immediatamente, come si nota anche dal rapido esaurimento della massa in sospensione.

La frazione più grossolana viene quasi tutta mantenuta all'interno del dominio di analisi (Figura 3-64), mentre la frazione IM1 disperde nell'ambiente esterno circa il 70% del materiale immesso e la frazione IM2 circa il 40%.

Da questa analisi si può quindi desumere, come peraltro confermato dalle analisi dei sedimenti del fondale del canale di calma, che in prossimità degli scarichi vi è un'elevata probabilità di trovare sul fondo sedimenti sabbiosi, anche se di granulometria fine, sempre che i corsi d'acqua siano in grado di recapitarli.

Nella rimanente parte del canale invece, specialmente verso ovest, è da presupporre una più probabile presenza di materiali fini trasportati in sospensione e qui sedimentati, anche se, specialmente per quelli argillosi, è da supporre una forte dispersione verso il mare.

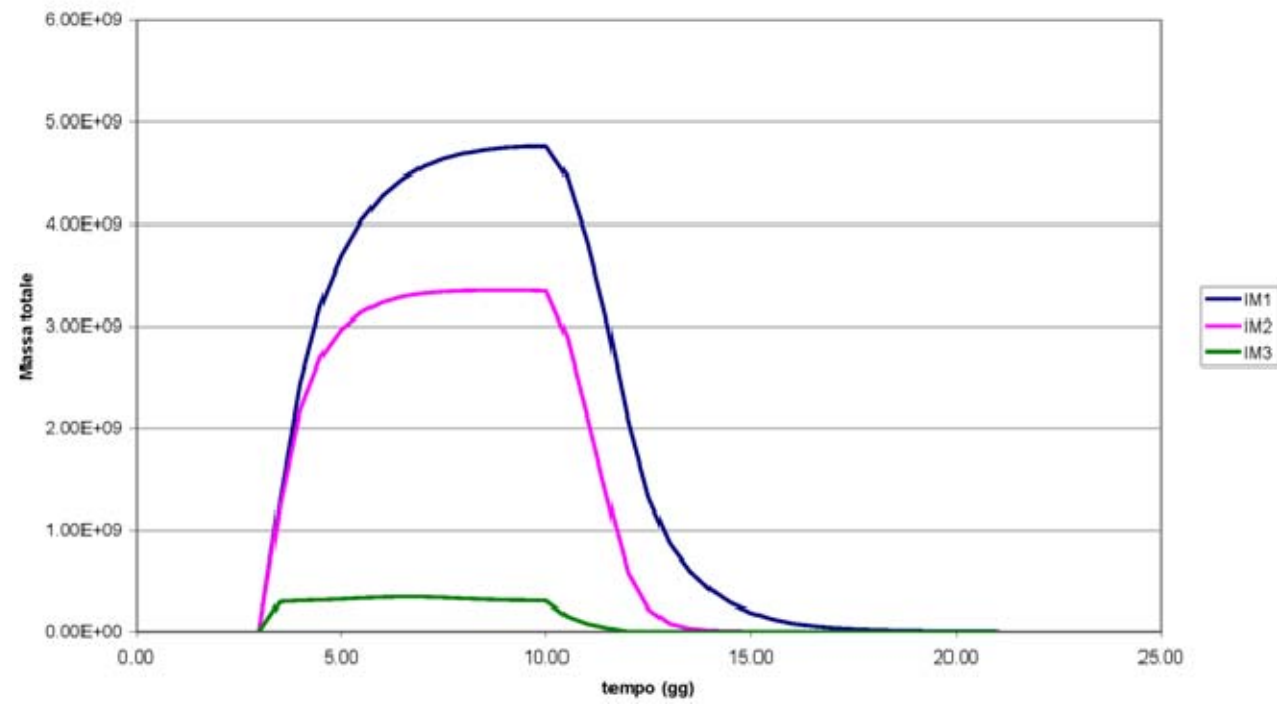


Figura 3-62 Andamento nel tempo della massa totale (g) di sedimenti in sospensione nel sistema

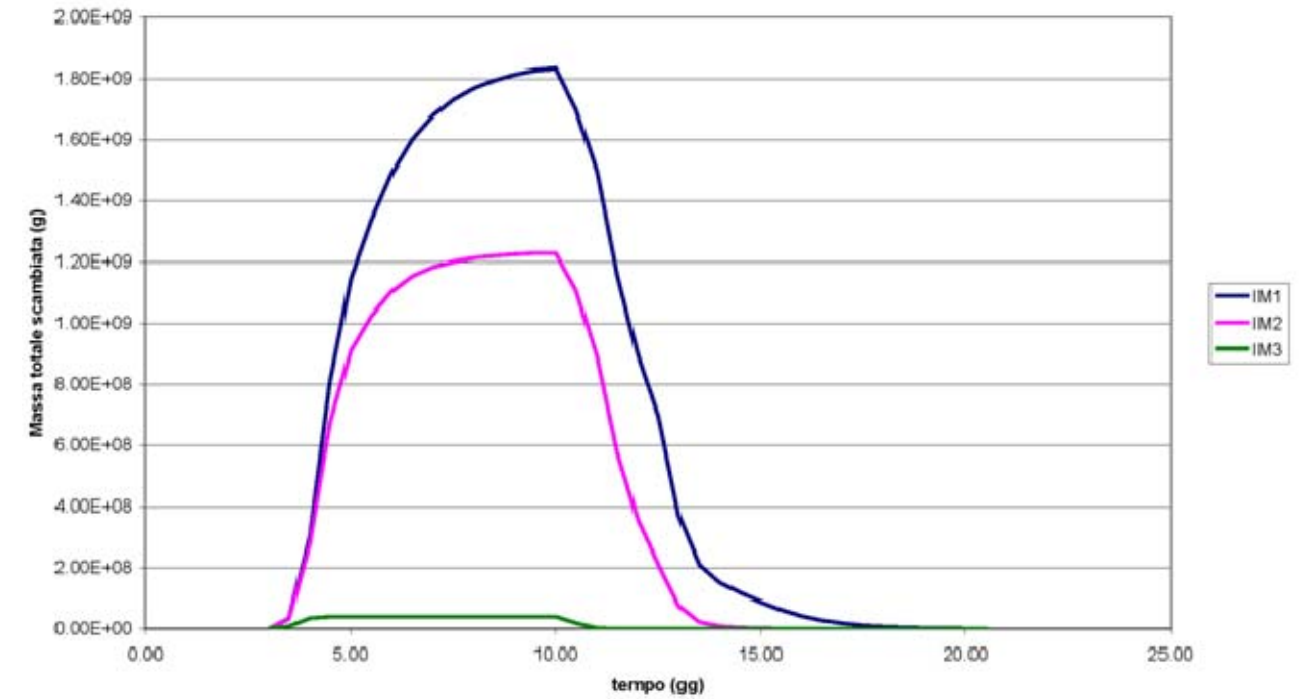


Figura 3-64 Andamento nel tempo della massa totale (g) scambiata con l'esterno del sistema

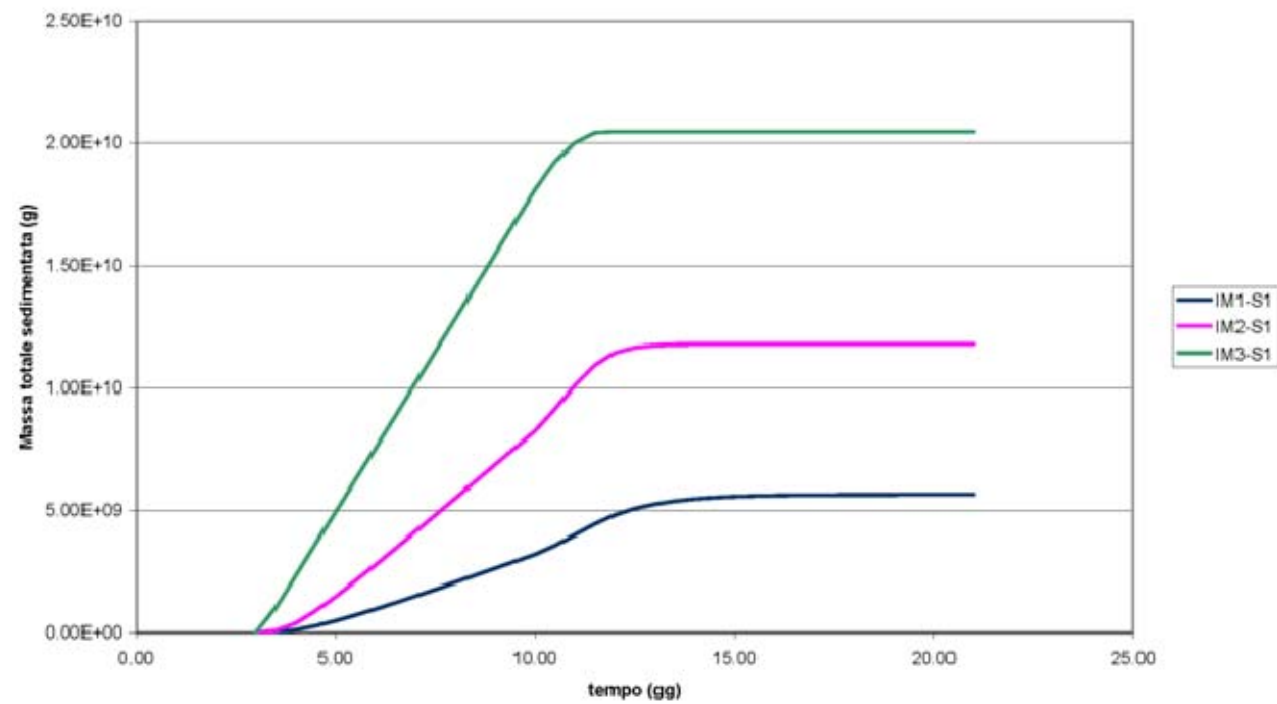


Figura 3-63 Andamento nel tempo della massa totale (g) sedimentata nel sistema

3.3 ANALISI DELLE INTERAZIONI OPERA AMBIENTE

3.3.1 Modificazione delle condizioni di deflusso superficiale delle acque di versante

Le modificazioni delle condizioni di deflusso delle acque di versante possono essere considerate trascurabili visto che l'opera si svolge per circa il 90% del suo sviluppo in sotterraneo, che gli imbocchi delle gallerie e relative opere di sistemazione idraulica determinano solo una deviazione locale al defluire delle acque verso valle e che i cantieri solo in un caso (Cantiere CI15 - Stoccaggio conci) comportano una riprofilatura del versante. Inoltre tutti i cantieri prevedono idonee sistemazioni idrauliche con l'asfaltatura delle superfici e il drenaggio delle acque provenienti dai piazzali e dai parcheggi mediante canalette e tubazioni in c.a.v.

3.3.2 Modificazione delle condizioni di deflusso delle acque superficiali

Le possibili modificazioni delle condizioni di deflusso delle acque superficiali sono limitate alle aree e piste di cantiere e alle zone di imposta delle pile dei viadotti, laddove questi elementi strutturali ricadono in alveo o in aree inondabili, così come individuate dai Piani di Bacino (PdB) Stralcio per la Tutela dal Rischio Idrogeologico per idiversi ambiti.

La maggior parte delle aree di cantiere comporta l'occupazione di aree pianeggianti adibite finora ad altro uso o completamente abbandonate. Solo in tre cantieri gli apprestamenti necessari investono impluvi o corsi d'acqua comportando una modifica della condizioni di deflusso delle acque superficiali e determinando la necessità di opere di regimazione idraulica:

- nel cantiere CI 02 (Viadotti Vesima), dove è previsto un ritombamento dell'impluvio esistente;
- nel cantiere CI 06 (Campursone), dove è previsto il ritombamento della valle esistente nel tratto a monte dell'imbocco lato sud della galleria Campursone esistente;
- nel cantiere CI 25 (Varenna), dove è prevista la realizzazione di un rilevato temporaneo, atto a far transitare la TBM attraverso la Val Varenna.

I cantieri sono posti al di fuori di zone inondabili. Fa eccezione la Pista Polcevera che parte dalla linea di costa e arriva fino alla zona del viadotto Genova. La pista correrà in destra idraulica del corso d'acqua immediatamente a ridosso dell'alveo attuale dal quale verrà protetta tramite la realizzazione di un argine di presidio. Nella zona del viadotto Genova la pista corre al limite tra l'alveo attuale e la fascia fluviale C (aree perfluvioli inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo corrispondente a periodo di ritorno T=500 anni, o aree storicamente inondate, ove più ampie, laddove non si siano verificate modifiche definitive del territorio tali da escludere il ripetersi dell'evento), mentre nella zona prossima alla foce corre al limite tra l'alveo attuale e la fascia fluviale A (aree perfluvioli inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo corrispondente a periodo di ritorno T=50 anni).

Le pile dei viadotti, ad eccezione del Viadotto Secca sud, si trovano esterne all'alveo. Va segnalata la situazione del Viadotto Genova, dove è prevista la realizzazione di pile provvisorie in alveo. Le opere di cantierizzazione funzionali alla realizzazione del viadotto (costituite da due coppie di pile di diametro pari a 9.0 m allineate longitudinalmente tra di

loro), malgrado ricadano nell'alveo del corso d'acqua, non inducono un peggioramento delle condizioni di deflusso per tempo di ritorno elevato tale da modificare le fasce fluviali vigenti. Tali valutazioni scaturiscono da calcoli e verifiche idrauliche, riportati nella Relazione idrologica e idraulica del Progetto, in cui si rappresentano gli scenari di piena per vari tempi di ritorno in termini di rigurgito indotto a monte delle opere provvisorie; il sovrizzo di livello garantisce un adeguato franco di sicurezza idraulico rispetto alle sommità arginali esistenti.

Nel viadotto Cerusa, sia nella carreggiata Ovest che in quella Est, la pila in sponda destra non ricade in aree inondabili, mentre la pila in sponda sinistra si trova al limite di un'area classificata in fascia fluviale A ("aree perfluvioli inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo corrispondente a periodo di ritorno T=50 anni"), ma in una posizione tale da non perturbare idraulicamente il deflusso dell'alveo di piena.

Nel viadotto Leiro le pile in sponda sinistra non ricadono in aree inondabili mentre quelle in sponda destra si trovano, nel caso della carreggiata ovest, al limite di un'area classificata come fascia fluviale C ("aree perfluvioli inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo corrispondente al periodo di ritorno T=500 anni, o aree storicamente inondate, ove più ampie, laddove non si siano verificate modifiche definitive del territorio tali da escludere il ripetersi dell'evento") e, nel caso della carreggiata est, all'interno di un'area classificata come fascia fluviale C. L'intervento è stato progettato in maniera tale da non influire sul regime del corso d'acqua.

Per tutti gli altri viadotti previsti nel progetto le pile non ricadono in aree inondabili, pertanto non comportano alcuna interferenza sulle condizioni di deflusso.

3.3.3 Modificazione dei parametri fisico-chimici delle acque interne superficiali

Le modificazioni dei parametri chimico-fisici delle acque superficiali possono essere considerate trascurabili visto che tutte le aree di cantiere saranno opportunamente delimitate da recinzioni, le superfici saranno completamente asfaltate e il drenaggio delle acque provenienti dai piazzali e dai parcheggi avviene mediante canalette e tubazioni in c.a.v. che recapitano in appositi impianti di depurazione.

3.3.4 Modifica dei parametri idrodinamici nel canale di calma

3.3.4.1 Correnti e fenomeni dispersivi nella configurazione di progetto

Nel Capitolo 3.2 è stato descritto, sulla base dei dati disponibili e delle analisi modellistiche svolte, lo stato dell'ambiente per quanto riguarda le correnti idrodinamiche ed i fenomeni dispersivi nell'area interessata dalla nuova opera a mare.

Al fine di valutare le interazioni tra opera ed ambiente, è stato necessario ripetere quelle analisi, inserendo nel modello la configurazione della nuova opera e, quindi, per ognuno dei parametri considerati, valutare le differenze indotte nel sistema idrodinamico e dispersivo.

Nei successivi paragrafi vengono descritte le attività svolte per creare la nuova schematizzazione (essenzialmente l'inserimento delle strutture di separazione tra l'area

dell'opera a mare ed il canale di calma) ed i principali risultati ottenuti per quanto riguarda i campi di moto, i pattern di dispersione, la salinità media e la capacità di trasporto solido.

Tali analisi sono state svolte per la sola fase di realizzazione finita dell'opera, in quanto, dato il tipo di opera, questa è la situazione in cui si identificano le maggiori differenze rispetto alla situazione attuale, mentre nel corso di realizzazione le variazioni dei campi di moto e dei processi dispersivi in generale sono inferiori.

3.3.4.1.1 Schematizzazione della configurazione di progetto

Come è noto il progetto prevede la conterminazione di un'area di circa 3600 m di lunghezza e 180 m di larghezza nella quale verrà refluito il materiale di smarino proveniente dalle gallerie della gronda autostradale di Genova.

Al fine di poter valutare le modifiche ai principali parametri idrodinamici e dispersivi che la realizzazione di tale opera comporta, è stata approntata una schematizzazione che includa l'opera stessa.

In Figura 3-65 è riportata la griglia di calcolo del modello idrodinamico e dispersivo, descritto in precedenza e già utilizzato per le valutazioni della situazione attuale, in cui è stata inserita la colmata nella sua forma finale, mentre nella Figura 3-66 è riportata la batimetria ad essa associata.

Come si può notare la schematizzazione e la batimetria rimangono le medesime utilizzate per la situazione attuale ed è stata solamente interdetta al flusso l'area interessata dalla colmata.

Nella Figura 3-67 e nella Figura 3-68, invece, viene mostrato il dettaglio della schematizzazione del canale di calma con la rispettiva batimetria.

Risulta importante sottolineare che l'aver mantenuto la stessa schematizzazione, sia per la situazione attuale che per quella con gli interventi previsti, consente un diretto confronto dei risultati che si sono ottenuti nei due casi, sia da un punto di vista di confronto diretto visuale, sia per una valutazione quantitativa degli effetti.

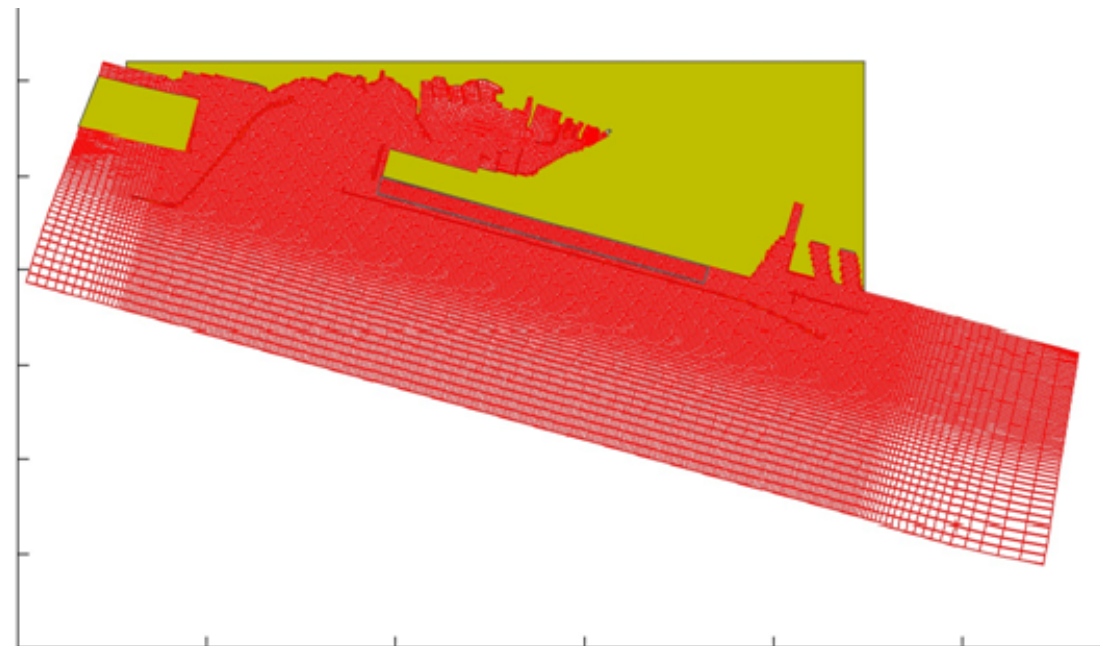


Figura 3-65 Stato di progetto - Schematizzazione generale con interventi

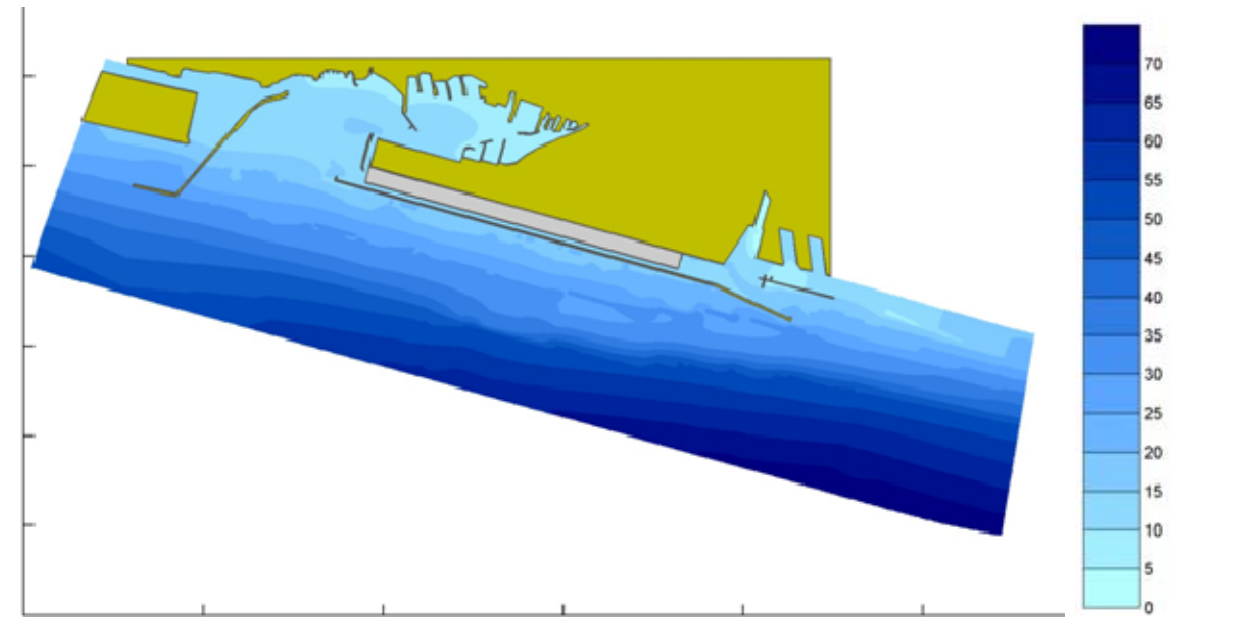


Figura 3-66 Stato di progetto - Batimetria associata alla schematizzazione generale con interventi

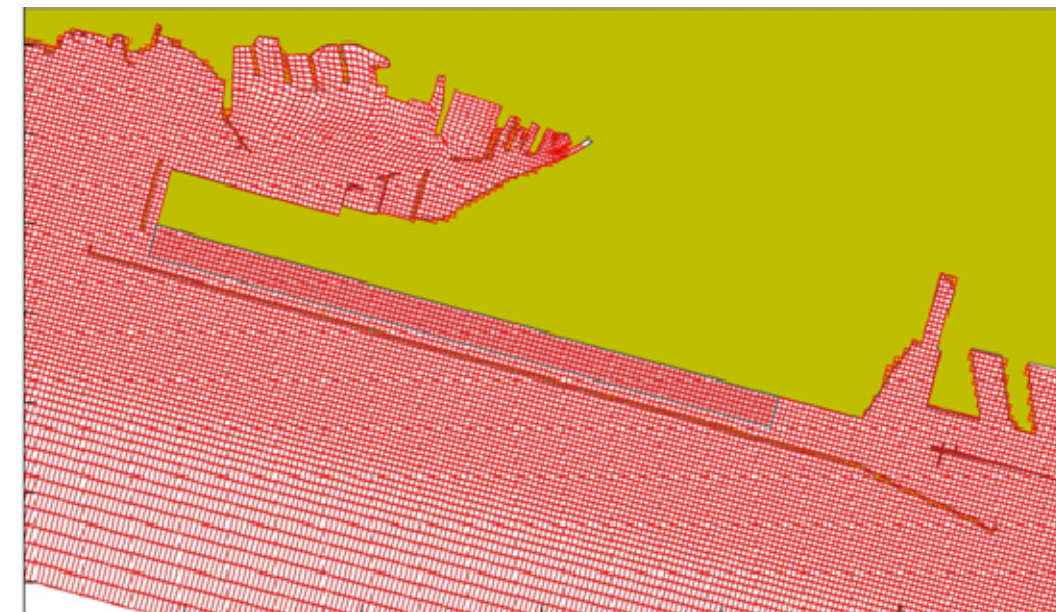


Figura 3-67 Stato di progetto - Dettaglio della schematizzazione con interventi

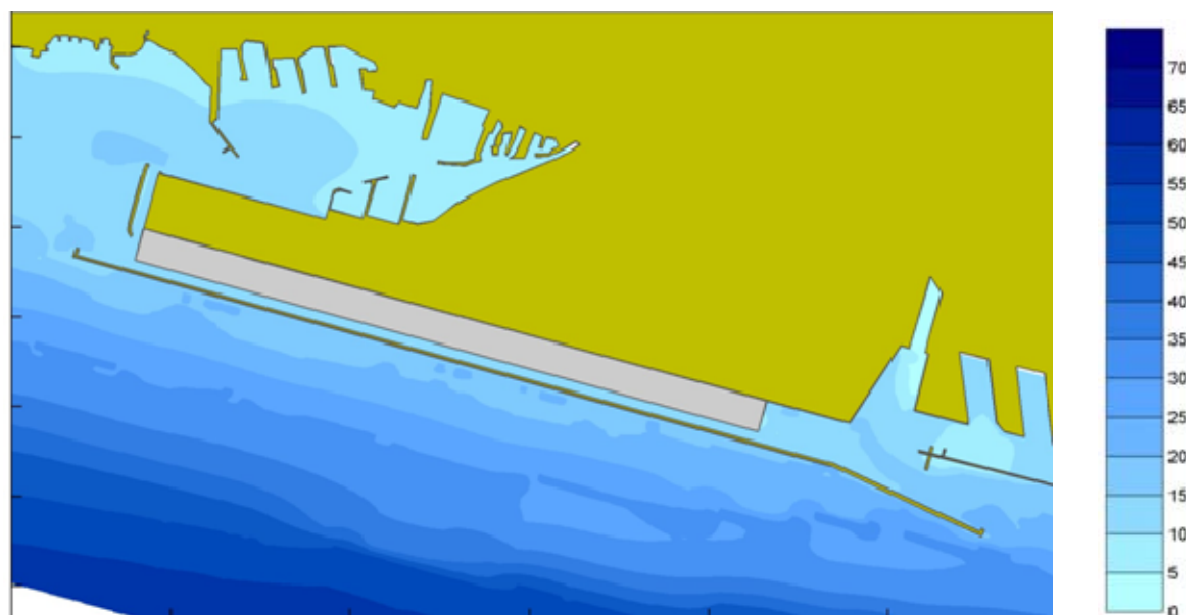


Figura 3-68 Stato di progetto - Batimetria associata al dettaglio della schematizzazione di Figura 3-67

3.3.4.1.2 Le condizioni al contorno applicate

In questa parte dello studio vengono valutate le modifiche indotte dagli interventi sui principali parametri idrodinamici e dispersivi e, pertanto, al fine di consentire un confronto diretto delle variazioni di tali parametri indotte sul sistema, si sono ripetute, per la configurazione di progetto, le medesime analisi già sviluppate per la situazione attuale. Queste analisi sono state dettagliatamente descritte nel Capitolo 3.2.2.2.4 della fase conoscitiva e vengono nuovamente riportate nella seguente Tabella 3-54 per comodità di lettura.

Tabella 3-54 Quadro sinottico delle simulazioni effettuate per lo studio del campo di correnti e della dispersione

Simulazione	Marea	Correnti litoranee	Deflussi acque dolci	Velocità del vento
1	Ciclostazionaria sinusoidale Ampiezza ± 12 cm Periodo 12 ore	Costante da Est con intensità di 10 cm/s	Condizione di secca	Calma di vento
2				Scirocco 12 m/s
3				Libeccio 10 m/s
4			Piena annuale	Calma di vento
5				Scirocco 12 m/s
6				Libeccio 10 m/s

In particolare si ricorda che per la parte idrodinamica due forzanti vengono mantenute attive per tutte le analisi svolte: la marea ciclo stazionaria con ampiezza di 12 cm e 12 ore di periodo e le correnti litoranee da est verso ovest con intensità di 10 cm/s.

Le altre forzanti (deflussi d'acqua dolce e velocità del vento) variano in funzione dello scenario da analizzare.

Nei paragrafi seguenti vengono riportati per ogni simulazione, codificate da 1 a 6, i principali risultati ottenuti. In particolare vengono illustrati i campi di moto indotti dalla configurazione con gli interventi, mentre per i "patterns" di dispersione vengono riportate, oltre alle distribuzioni delle concentrazioni, anche le differenze di concentrazione tra la situazione con interventi e quella attuale, al fine di evidenziare le modifiche intervenute.

Simulazione 1

La prima simulazione è caratterizzata dalle seguenti forzanti esterne:

- Oscillazione mareale di ± 12 cm
- Correnti litoranee da est verso ovest di 10 cm/s
- Deflussi nulli dai corsi d'acqua
- Calma di vento

I risultati in termini di campo di moto sono riportati in Figura 3-69 dove si nota un andamento molto simile a quello evidenziato per la situazione attuale, con velocità estremamente contenute all'interno del canale di calma, con direzione da est verso ovest, e inferiori a quelle dovute alle correnti litoranee e, in ogni caso, simili a quelle che si verificano lungo la diga foranea lato mare.

Le intensità delle velocità sono stimabili in pochi centimetri al secondo (mediamente circa 5 cm/s). Queste velocità tendono a mantenersi costanti nel tempo in quanto la componente del moto dovuta alla presenza delle correnti litoranee usualmente ha il sopravvento sulla componente pulsante dovuta alla marea.

Nello sbocco verso ponente, anche in questo caso come nella situazione attuale, si verifica una divergenza del flusso in uscita dal canale di calma, che in parte si dirige verso nord-ovest, all'imboccatura nord-occidentale del porto (verso Pegli), e in parte viene riportato dalla diga foranea verso sud-ovest e, quindi, verso il mare aperto.

Per questa prima simulazione si è stimato che la portata media attraverso il canale di calma modificato come da progetto, da est verso ovest, sia di circa 28 m³/s rispetto agli 86 m³/s della situazione attuale.

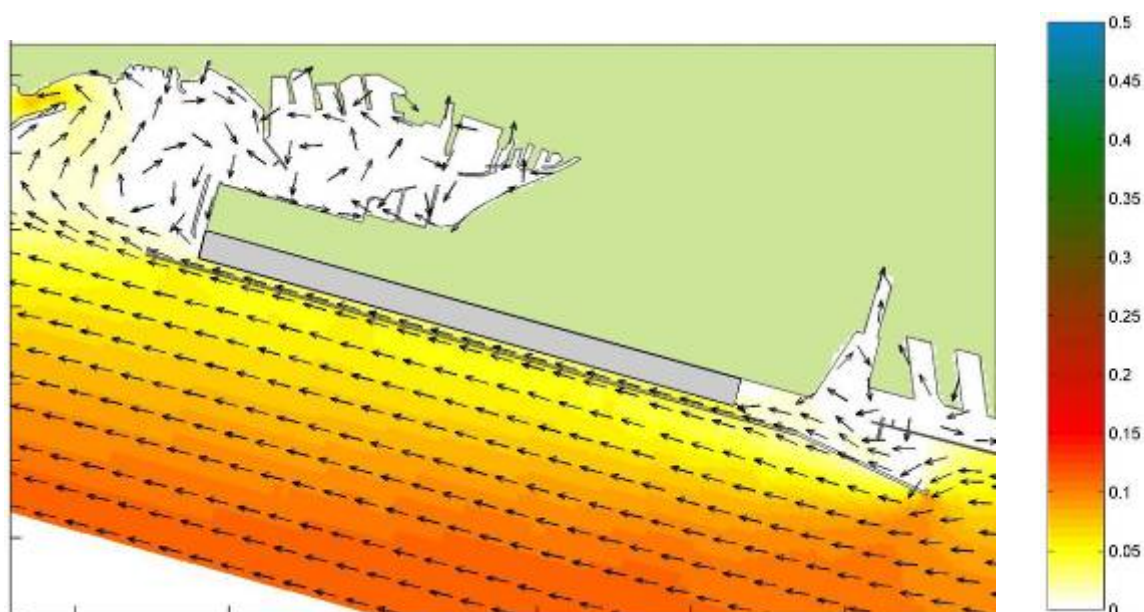


Figura 3-69 Stato di progetto - Campo di moto (m/s) generato nel canale di calma dalle forzanti applicate nella simulazione 1

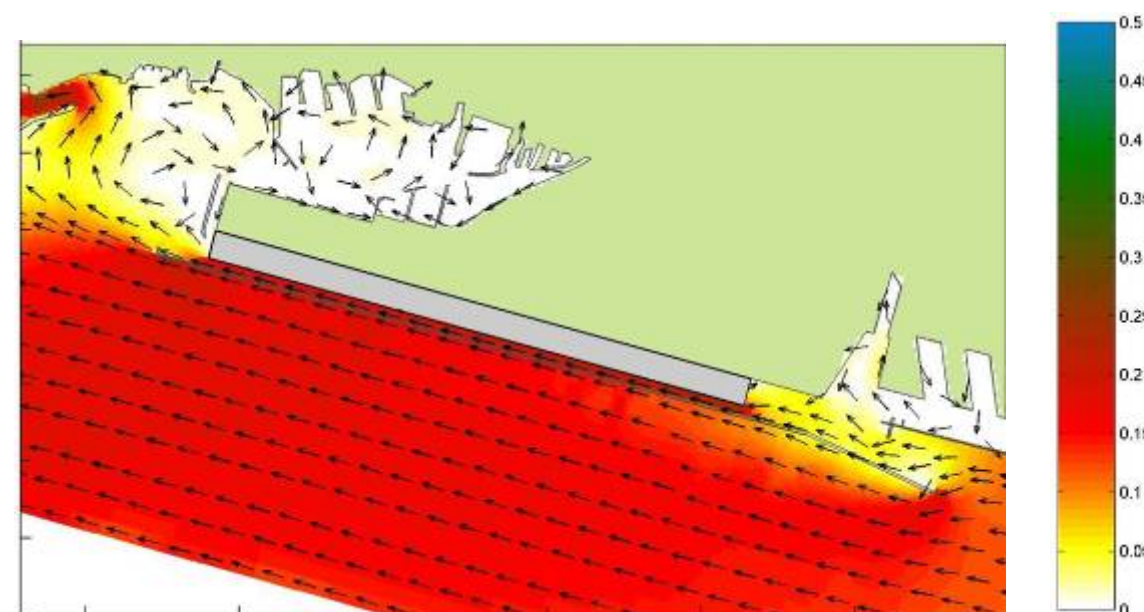


Figura 3-70 Stato di progetto - Campo di moto (m/s) generato nel canale di calma dalle forzanti applicate nella simulazione 2

Simulazione 2

La seconda simulazione, conformemente a quanto già analizzato per la situazione attuale, è caratterizzata dalle seguenti forzanti:

- Oscillazione mareale di ± 12 cm
- Correnti litoranee da est verso ovest di 10 cm/s
- Deflussi nulli dai corsi d'acqua
- Vento di scirocco di 12 m/s

Anche nella configurazione con interventi si rileva che in presenza di un vento di scirocco abbastanza intenso il sistema modifica il suo comportamento idrodinamico.

Nella Figura 3-70 si nota infatti come il campo di moto indotto dal vento tenda a rafforzare l'effetto indotto dalle correnti litoranee: anche in questo caso, ovviamente, le velocità in mare aumentano fino ad oltre 20 cm/s e nel canale di calma si producono velocità anche superiori ai 25 cm/s.

È da notare, in particolare, l'accelerazione che il flusso subisce passando dal canale con la larghezza originale, in corrispondenza della banchina ILVA, al canale ristretto, in corrispondenza dell'inizio dell'opera a mare. Nel canale ristretto vengono identificate velocità del flusso prossime a 30 cm/s.

Anche nell'area di sbocco del canale di calma ad ovest si nota un incremento dei fenomeni con flussi in aumento verso nord-ovest e il generarsi di circolazioni secondarie in corrispondenza della testata dell'aeroporto.

Il flusso nel canale di calma ristretto si mantiene in direzione da est verso ovest con una portata media di circa 151 m³/s rispetto ai circa 480 m³/s che si verificano nella situazione attuale.

Simulazione 3

La terza simulazione è caratterizzata dalle seguenti forzanti esterne:

- Oscillazione mareale di ± 12 cm
- Correnti litoranee da est verso ovest di 10 cm/s
- Deflussi nulli dai corsi d'acqua
- Vento di libeccio di 10 m/s

Come già verificatosi per la situazione attuale, anche nello scenario con gli interventi si presenta una situazione completamente diversa dalle precedenti.

Anche in questo caso, infatti, si nota come l'energia indotta dal vento sia in grado di opporsi sotto costa agli effetti delle correnti litoranee e di indurre, sia nel canale di calma che in prossimità della diga foranea lato mare, una circolazione da ovest verso est.

Pertanto, come riportato in Figura 3-71, il flusso dominante entra dall'imboccatura ovest del canale di calma e ritorna al mare dall'imboccatura orientale. Il restringimento del canale di calma induce una velocità maggiore rispetto quella valutata per l'area di mare aperto immediatamente prospiciente la diga foranea, con velocità, nel canale, stimabili fino a circa 10 cm/s rispetto ai circa 5 cm/s che si sviluppano in mare.

In questo caso il flusso nel canale di calma procede da ovest verso est con una portata media che si attesta su circa 55 m³/s rispetto ai circa 194 m³/s valutati per la situazione attuale.

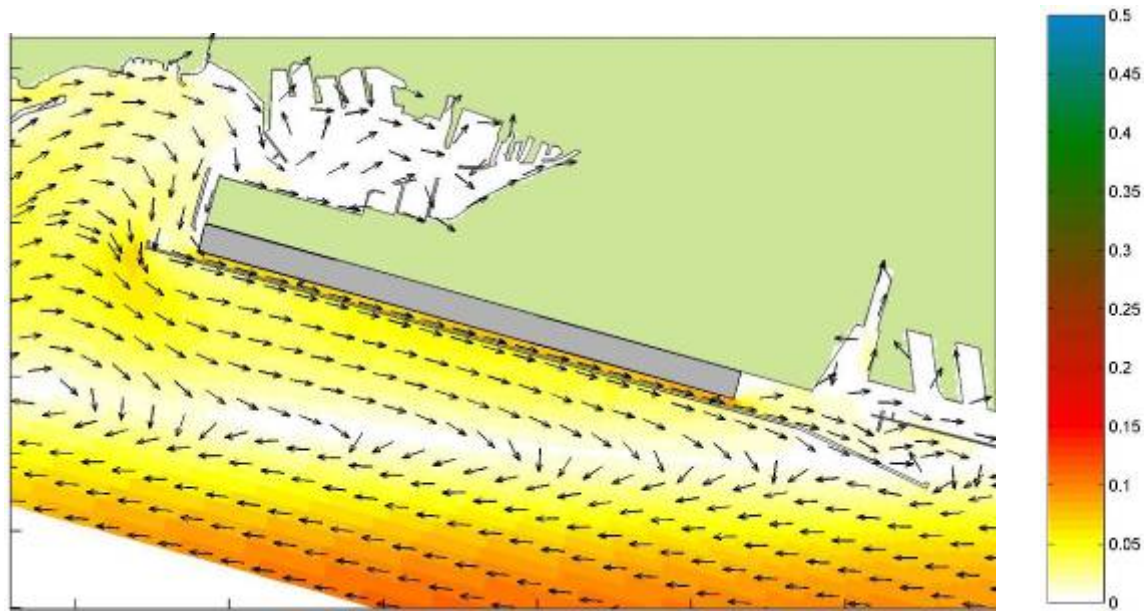


Figura 3-71 Stato di progetto - Campo di moto generato nel canale di calma dalle forzanti applicate nella simulazione 3

Simulazione 4

Anche in questo caso, come per i risultati ottenuti dalla simulazione della situazione attuale, vengono analizzate le condizioni di moto che si instaurano con i principali corsi d'acqua (T. Polcevera, R. Roncallo e R. Secco) che recapitano le portate caratteristiche di un tempo di ritorno di 1 anno.

Le condizioni al contorno applicate per questo scenario sono:

- Oscillazione mareale di ± 12 cm
- Correnti litoranee da est verso ovest di 10 cm/s
- Deflussi dai corsi d'acqua di $300 \text{ m}^3/\text{s}$ per il Torrente Polcevera e di $5 \text{ m}^3/\text{s}$ e $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ rispettivamente per i rii Roncallo e Secco
- Calma di vento

Nella Figura 3-72 viene riportato il campo di moto corrispondente a tale scenario.

Come si può notare, il flusso nel canale di calma inverte la propria direzione rispetto alla simulazione senza scarichi dei corsi d'acqua e la portata che si genera, da ovest verso est, si attesta sui $16 \text{ m}^3/\text{s}$ rispetto ai $42 \text{ m}^3/\text{s}$ della situazione senza interventi. Inoltre, risulta evidente come il Polcevera formi un flusso che si convoglia direttamente nella bocca di comunicazione con il mare aperto, mentre di fronte alla banchina ILVA si nota una zona di ristagno dovuta all'allargamento della vena fluida proveniente dal canale di calma.

Anche nello scenario con gli interventi si sono studiati i processi dispersivi che si instaurano quando i corsi d'acqua recapitano a mare portate consistenti, associando al deflusso di ogni rio considerato un tracciante conservativo, con concentrazione unitaria, al fine di verificarne la dispersione sia nel canale di calma che nei corpi idrici adiacenti.

Nella Figura 3-73 viene riportato il campo di concentrazione relativo al tracciante associato al T. Polcevera con il campo idrodinamico sopra ricordato, mentre nella Figura 3-74 sono riportate le differenze di concentrazioni tra la situazione con interventi e la situazione attuale.

Come si può notare le maggiori concentrazioni si manifestano, ovviamente, nel canale di foce del torrente e, quindi, si nota una doppia dispersione con concentrazioni analoghe, di cui una si dirige verso il canale di comunicazione verso il mare aperto a sud-est, mentre un'area di concentrazione elevata si manifesta anche nel canale di calma, in corrispondenza della banchina ILVA, nonostante la corrente ovest-est proveniente dal canale di calma stesso che dovrebbe tendere a contrastare tale dispersione. Le differenze mettono in evidenza come la presenza dell'opera a mare costituisca un ostacolo alla dispersione del tracciante rilasciato dal Polcevera, con un incremento della concentrazione in corrispondenza della banchina ILVA, mentre in tutto il resto del dominio di calcolo non si notano variazioni di rilievo.

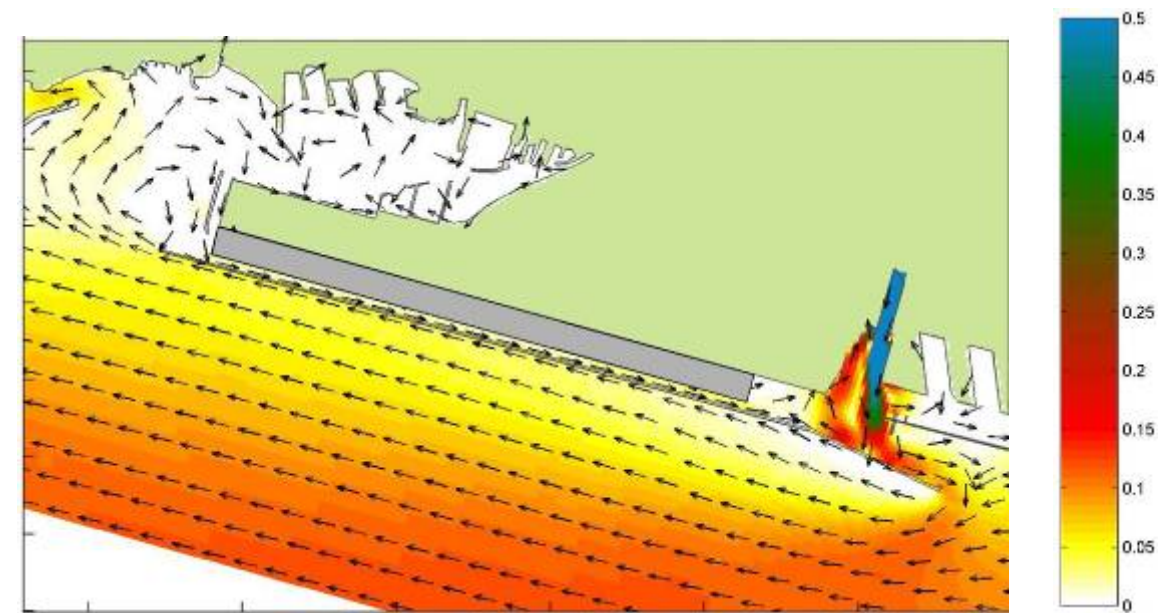


Figura 3-72 Stato di progetto - Campo di moto generato nel canale di calma dalle forzanti applicate nella simulazione 4

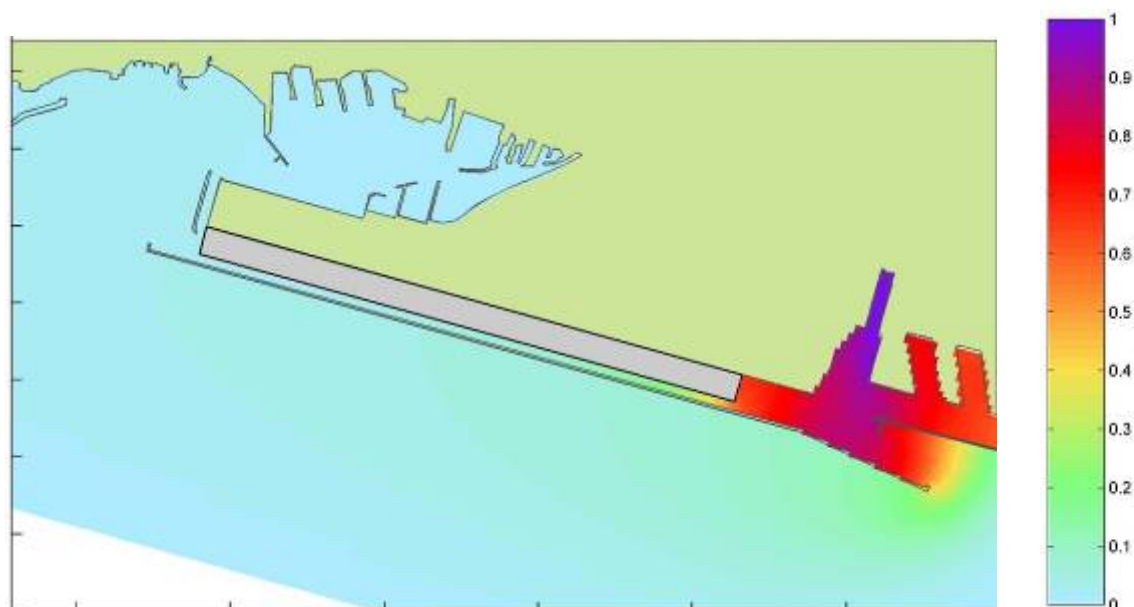


Figura 3-73 Stato di progetto - Campo di concentrazione (u.i./l) generato nel canale di calma da un tracciante conservativo unitario rilasciato dal Polcevera nella simulazione 4

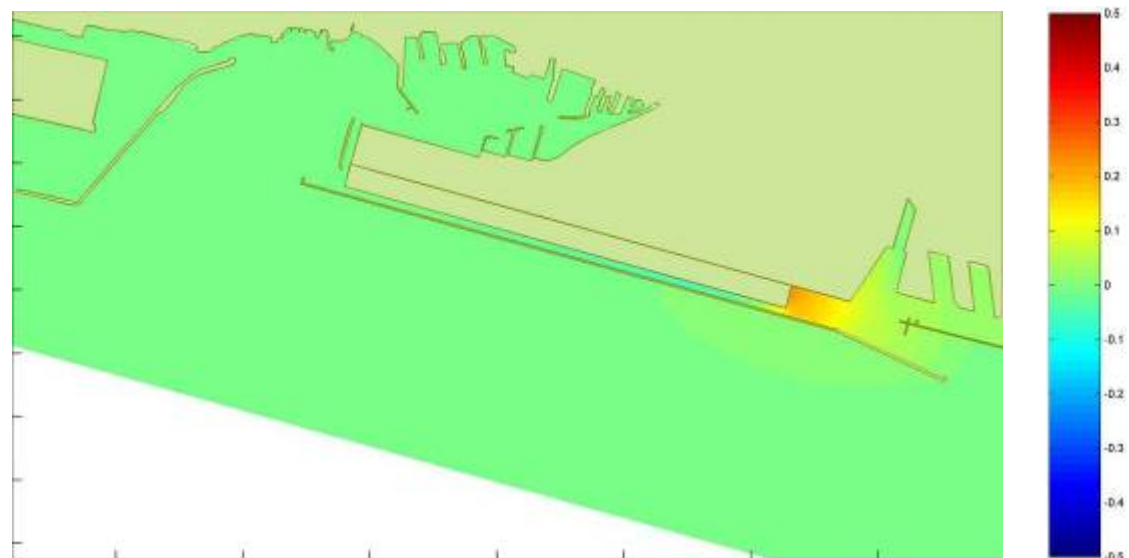


Figura 3-74 Differenza tra il campo di concentrazione (u.i./l) generato dal tracciante unitario rilasciato dal T. Polcevera nella situazione con interventi e nella situazione attuale per la simulazione 4

Simulazione 5

Nella quinta simulazione sono stati analizzati il campo di moto ed i processi dispersivi indotti dalle medesime forzanti applicate per la simulazione 2, a cui sono stati aggiunti i deflussi dei corsi d'acqua dolce con portate aventi tempi di ritorno di 1 anno.

Le condizioni al contorno applicate sono quindi le seguenti:

- Oscillazione mareale di ± 12 cm
- Correnti litoranee da est verso ovest di 10 cm/s

- Deflussi dai corsi d'acqua di $300 \text{ m}^3/\text{s}$ per il Torrente Polcevera e di $5 \text{ m}^3/\text{s}$ e $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ rispettivamente per i rii Roncallo e Secco
- Vento di scirocco con intensità di 12 m/s

Per quanto riguarda la parte strettamente idrodinamica, il cui campo di moto è riportato in Figura 3-75, si può notare come venga confermato il rafforzamento del flusso in direzione est-ovest nel canale di calma, tanto che l'andamento della corrente proveniente dal Polcevera che, in condizione di calma di vento tendeva a defluire direttamente verso il mare aperto, in questo caso viene maggiormente indirizzata verso il canale di calma stesso.

In questo caso le portate fluenti nel canale di calma, da est verso ovest, si attestano su valori di circa $141 \text{ m}^3/\text{s}$ rispetto ai circa $491 \text{ m}^3/\text{s}$ della situazione attuale.

Di questa situazione risente anche il campo delle concentrazioni del tracciante conservativo rilasciato dal Polcevera che presenta un campo di concentrazione completamente sviluppato all'interno del canale di calma, con una distribuzione sostanzialmente uniforme delle concentrazioni, che determinano, allo sbocco di ponente, un pennacchio di dispersione verso la parte nord del bacino di Multedo - Pegli.

Risulta interessante l'analisi delle differenze di concentrazione tra la configurazione con interventi e la situazione attuale riportata in Figura 3-77. Si nota infatti come nel canale di calma le concentrazioni tendano a rimanere più elevate nella situazione con interventi, ma che tale differenza si instaura anche nella zona di foce del Polcevera e nel canale orientale del porto.

Questa differenza è un sintomo di ridotto ricambio nell'area di interesse dovuta, principalmente, all'effetto di contenimento della dispersione nella bocca di porto ad oriente del canale di calma e dal ridotto flusso nel canale stesso.

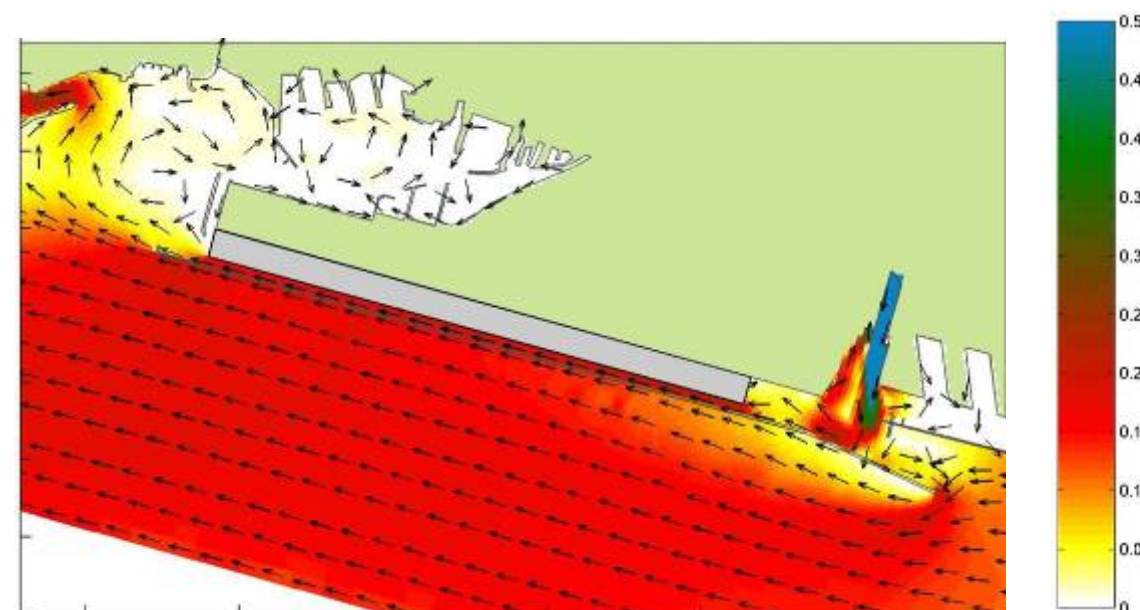


Figura 3-75 Stato di progetto - Campo di moto (m/s) generato nel canale di calma dalle forzanti applicate nella simulazione 5

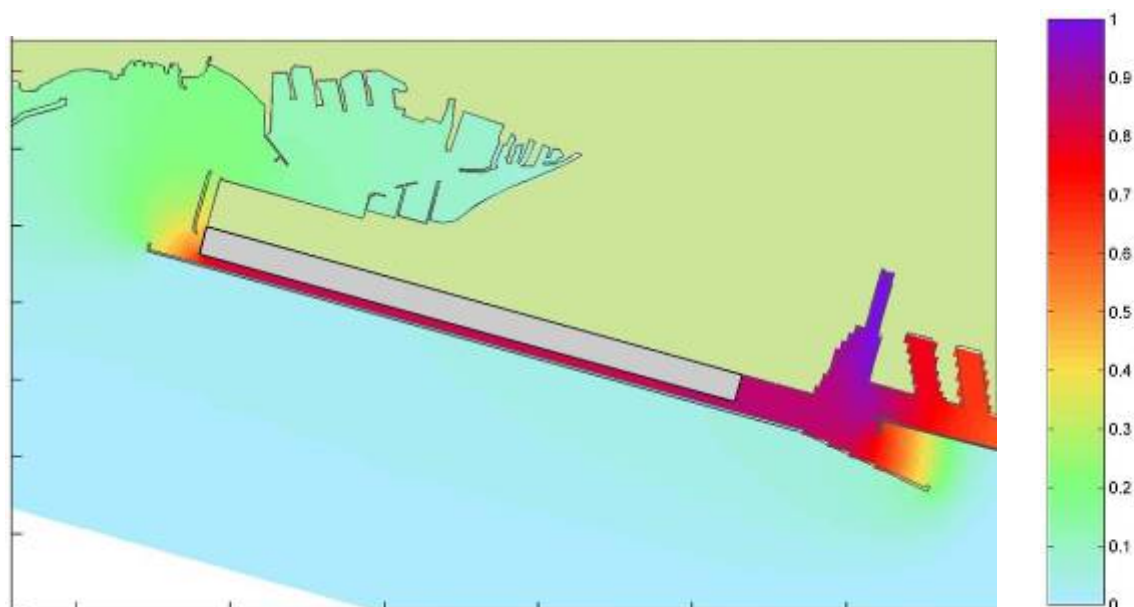


Figura 3-76 Stato di progetto - Campo di concentrazione (u.i./l) generato nel canale di calma da un tracciante conservativo unitario rilasciato dal Polcevera nella simulazione 5

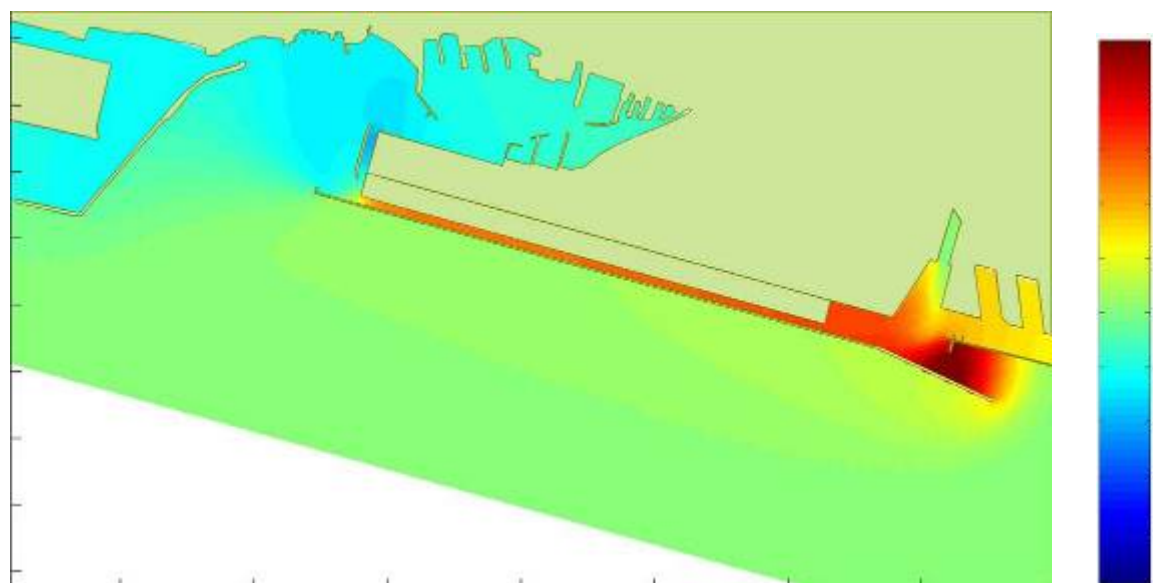


Figura 3-77 Differenza tra il campo di concentrazione (u.i./l) generato dal tracciante unitario rilasciato dal T. Polcevera nella situazione con interventi e nella situazione attuale per la simulazione 5

Simulazione 6

Nella sesta simulazione dello scenario con interventi sono stati analizzati il campo di moto ed i processi dispersivi indotti dalle medesime forzanti applicate per la simulazione 3 a cui sono stati aggiunti i deflussi dei corsi d'acqua dolce con portate aventi tempi di ritorno di 1 anno, come nelle simulazioni 4 e 5.

In sintesi le condizioni al contorno applicate sono:

- Oscillazione mareale di ± 12 cm

- Correnti litoranee da est verso ovest di 10 cm/s
- Deflussi dai corsi d'acqua di 300 m³/s per il Torrente Polcevera e di 5 m³/s e 1,5 m³/s rispettivamente per i rii Roncallo e Secco
- Vento di libeccio con intensità di 10 m/s

Per quanto riguarda la parte strettamente idrodinamica, il cui campo di moto è riportato in Figura 3-78, si può notare come le velocità nel canale di calma siano sostanzialmente più elevate rispetto alla situazione senza scarichi.

Infatti, anche ad un'analisi quantitativa, i flussi idrici nel canale di calma passano dai 55 m³/s della situazione senza deflussi ai 70 m³/s della situazione considerata nel presente paragrafo, con un aumento percentuale di oltre il 25%, pur mantenendosi molto al di sotto del flusso della situazione attuale con i deflussi dei fiumi (simulazione 6 della situazione attuale) dove le portate si attestavano a circa 188 m³/s.

La direzione del flusso rimane da ovest verso est, contribuendo a deformare il pennacchio di velocità della foce del Polcevera verso est, tanto che il deflusso dal fiume avviene quasi direttamente nella bocca di comunicazione con il mare aperto.

Questo comportamento è confermato dalla distribuzione delle concentrazioni del tracciante conservativo rilasciato sempre dal Polcevera (Figura 3-79) che, in queste condizioni, creano un pennacchio quasi completamente sviluppato verso est, anche se le concentrazioni all'interno del canale di calma sono prossime allo zero.

Le differenze rispetto alla situazione attuale (Figura 3-80) dimostrano, anche in questo caso, come la presenza dell'opera a mare generi un'area di aumento delle concentrazioni in corrispondenza della banchina ILVA dovuta alla diminuzione del flusso attraverso la sezione ristretta del canale di calma modificato.

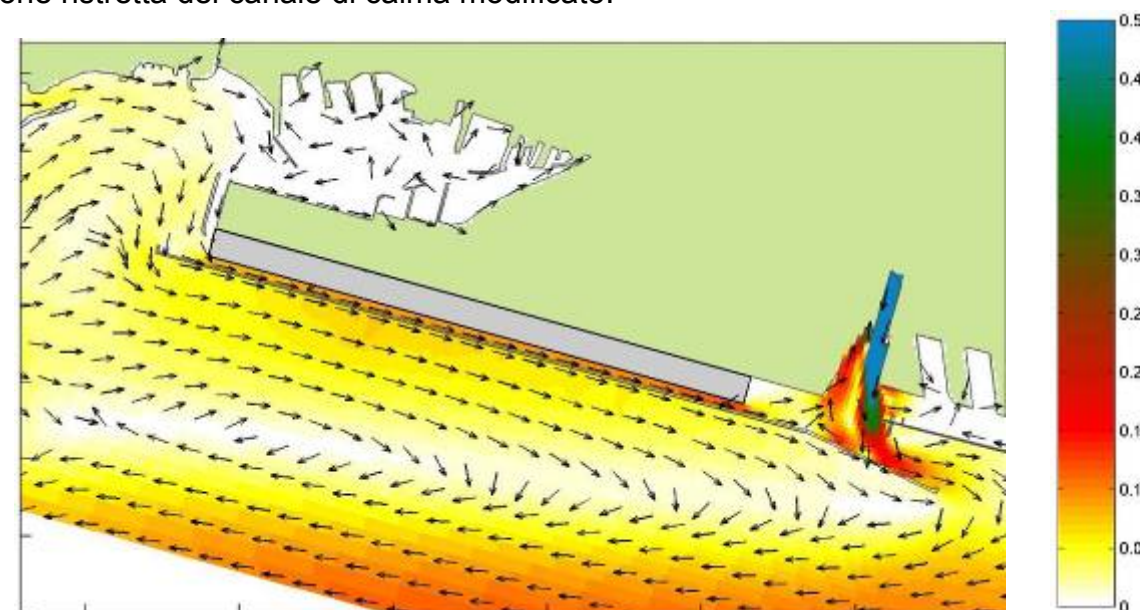


Figura 3-78 Stato di progetto - Campo di moto (m/s) generato nel canale di calma dalle forzanti applicate nella simulazione 6

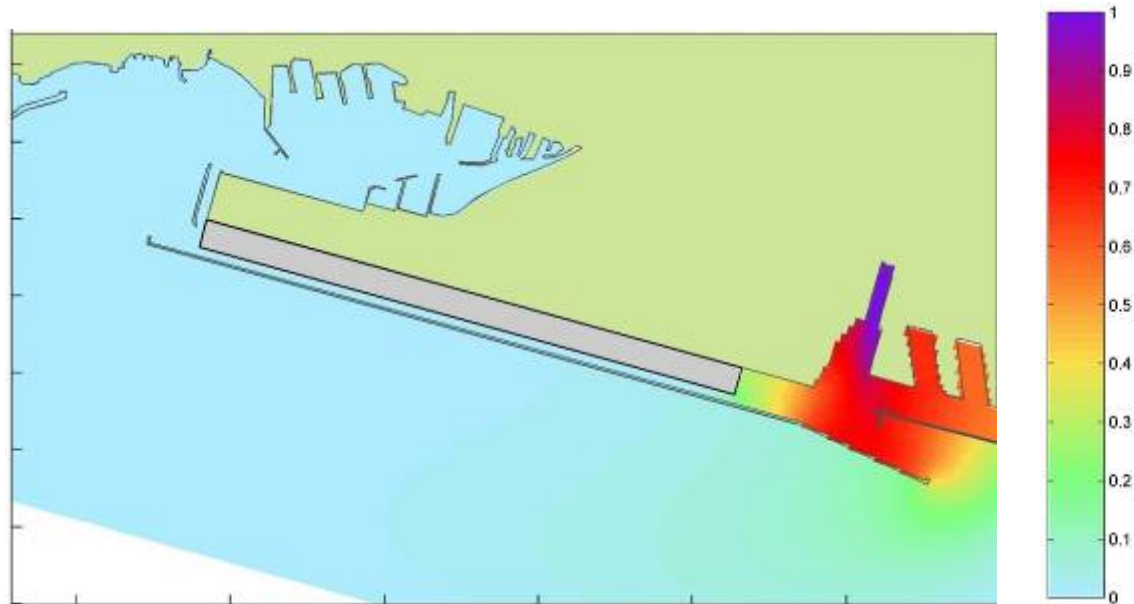


Figura 3-79 Stato di progetto - Campo di concentrazione (u.i./l) generato nel canale di calma da un tracciante conservativo unitario rilasciato dal Polcevera nella simulazione 6

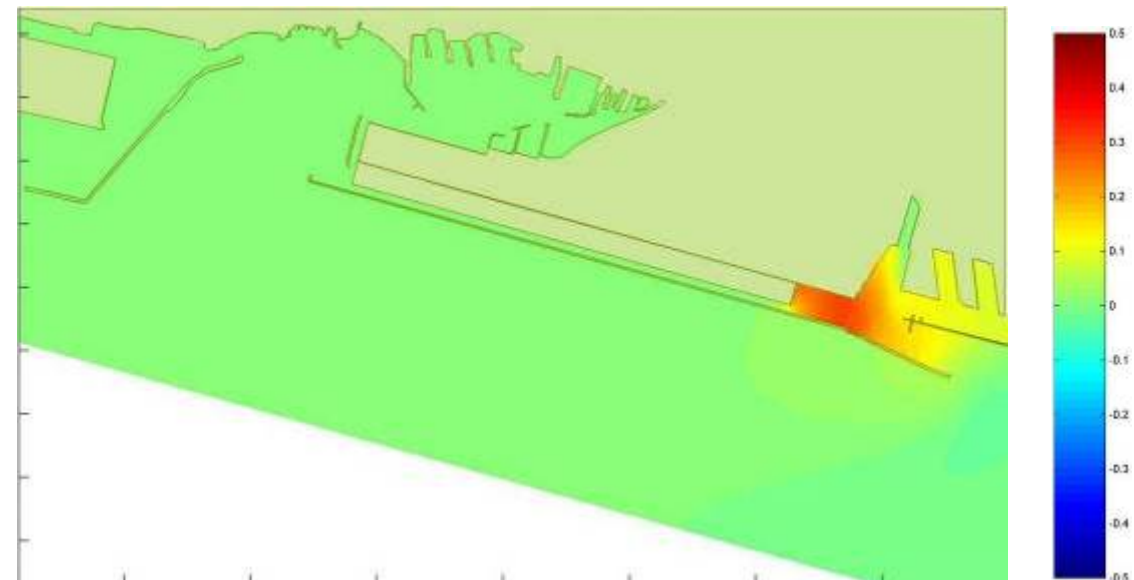


Figura 3-80 Differenza tra il campo di concentrazione (u.i./l) generato dal tracciante unitario rilasciato dal T. Polcevera nella situazione con interventi e nella situazione attuale per la simulazione 6

3.3.4.1.3 La dispersione dei rii minori (rio Roncallo e rio Secco) nella configurazione di progetto

Analogamente a quanto fatto per la situazione attuale, anche nello scenario di progetto l'analisi della dispersione dei corsi d'acqua minori (Rio Secco e Rio Roncallo), data l'esiguità delle concentrazioni rispetto a quelle indotte dal Polcevera, viene presentata con i grafici delle concentrazioni nel tempo nei due punti considerati per la situazione attuale,

punto (166,43) e punto (215,43), e presentati in Figura 3-81 (già riportata per lo studio del quadro conoscitivo).

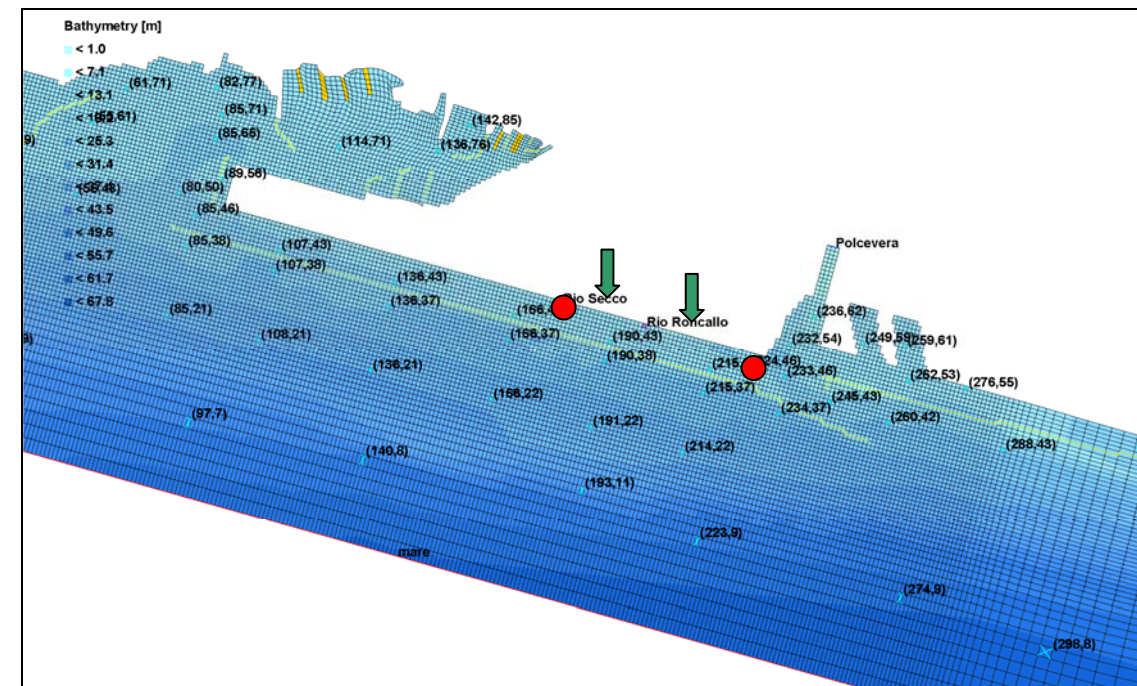


Figura 3-81 Collocazione dei punti per la visualizzazione dell'andamento delle concentrazioni dei traccianti rilasciati dai corsi d'acqua minori

È da ricordare come nella configurazione con gli interventi sia previsto che gli sbocchi dei due corsi d'acqua vengano riportati in corrispondenza della nuova conterminazione dell'opera a mare, cioè circa 180 m a sud dell'attuale margine dell'aeroporto, e che il loro scarico sia direttamente nel canale di calma ridotto (larghezza circa 60 m).

Per ognuno degli scenari meteo marini considerati, è stato diagrammato l'andamento nel tempo delle concentrazioni determinate dai traccianti, rilasciati con una concentrazione unitaria, associati ai deflussi dei due rii.

Come si può notare, nello scenario con calma di vento (Figura 3-82), nonostante la differenza di portata caratteristica dei due corsi d'acqua ($5 \text{ m}^3/\text{s}$ per il Rio Roncallo e $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ per il rio Secco), nel punto più a est le concentrazioni sostanzialmente si equivalgono mostrando valori medi di circa 4×10^{-2} u.i./l il Rio Secco e 5×10^{-2} il Rio Roncallo, mentre per il punto più a ovest la concentrazione del Rio Roncallo (7×10^{-1}) è sensibilmente maggiore di quella del tracciante associata al Rio Secco ($1,9 \times 10^{-1}$).

Questo si spiega tenendo in conto sostanzialmente 2 fattori:

- il flusso prevalente è in direzione ovest-est e, quindi, la concentrazione a ovest delle foci dei due rii è fondamentalmente dovuta a processi dispersivi e non avvezzati;
- ad est dei due punti, in questo caso a valle dei rilasci, dove l'avvezione diventa preponderante, è maggiormente influente la quantità di tracciante rilasciato in termini di massa dai due rii, con il Rio Roncallo più di 3 volte maggiore rispetto al Rio Secco e, inoltre, più vicino al punto di rilevamento.

Ragionamento analogo vale per lo scenario con il vento di scirocco (Figura 3-83) nel quale, peraltro, dato il maggior flusso nel canale di calma e in direzione opposta rispetto alla situazione con calma di vento, le concentrazioni sono molto minori: dell'ordine di

grandezza massimo di $3,5 \times 10^{-2}$, per il Rio Roncallo nel punto a ovest del rilascio, e concentrazioni trascurabili, nel punto a est (il Rio Secco è addirittura non rilevabile nel punto (215,43)).

Per quanto riguarda lo scenario con vento di libeccio (flusso nel canale di calma da ovest a est) si nota, come riportato in Figura 3-84, che per il punto ad ovest (166,43) diventa predominante la vicinanza della foce del Rio Secco, anche se con concentrazioni assolutamente contenute (max $3,0 \times 10^{-3}$ dopo una prima punta di concentrazione dovuta al transitorio indotto dall'avvio dei flussi in condizione di rii con portate rilevanti, con concentrazioni di circa $6,0 \times 10^{-3}$), mentre per il punto a est (215,43) la maggiore portata e la direzione favorevole del flusso fanno sì che le concentrazioni dovute allo scarico del Rio Roncallo tornino ad essere decisamente preponderanti rispetto a quelle del Rio Secco e con valori in assoluto più significativi (mediamente $5,0 \times 10^{-2}$).

Il confronto rispetto alla situazione attuale evidenzia come la presenza della nuova opera a mare abbia un effetto sensibile, almeno per quanto riguarda la condizione senza vento; è infatti evidente che, nei due punti considerati, sia le concentrazioni del tracciante rilasciato dal rio Roncallo, che quelle rilasciate dal rio Secco, aumentano nella configurazione di progetto, di circa 10 volte, passando da valori mediamente di circa 0.05 u.i./l della situazione attuale, a 0.5 u.i./l per quella con gli interventi.

Tale risultato è in linea con le altre simulazioni effettuate che dimostrano una diminuzione della capacità di ricambio del sistema rispetto a quella attuale.

Per quanto riguarda gli scenari in presenza di vento, è da notare come i valori di concentrazione dei rilasci dei due corsi d'acqua si mantengano, anche nella situazione con interventi, su valori prossimi a quelli attuali, anche in questo caso a dimostrazione del fatto che all'aumento dei flussi attraverso il canale di calma, la situazione tende a ristabilizzarsi in una condizione prossima a quella attuale. È comunque da rilevare che situazioni con vento significativo si manifestano, statisticamente, con una frequenza molto inferiore rispetto alle situazioni di calma o di vento debole.

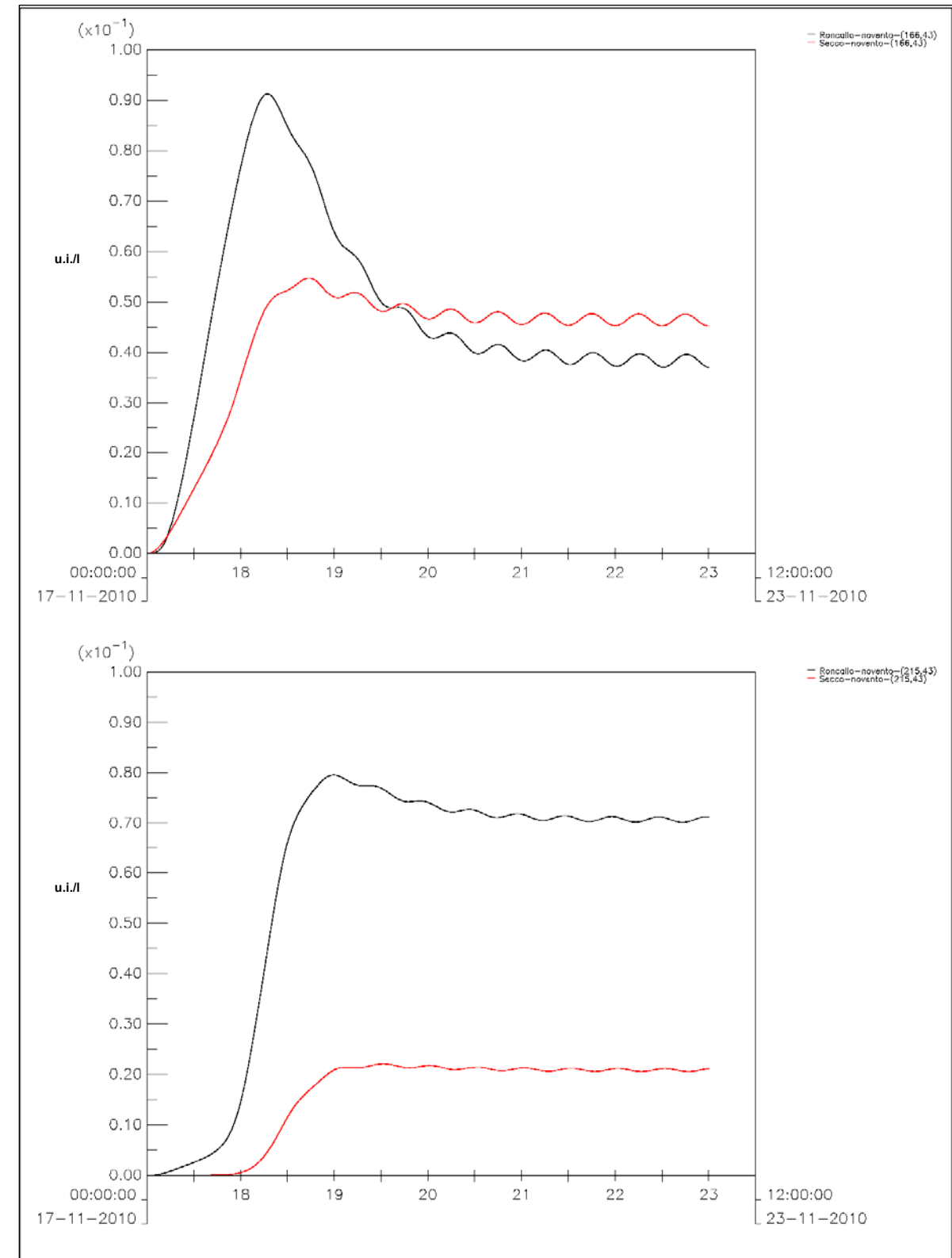


Figura 3-82 Configurazione di progetto - Andamento delle concentrazioni dei traccianti rilasciati dal Rio Secco e dal Rio Roncallo per lo scenario di calma di vento – punto (166,43) sopra e (215,43) sotto

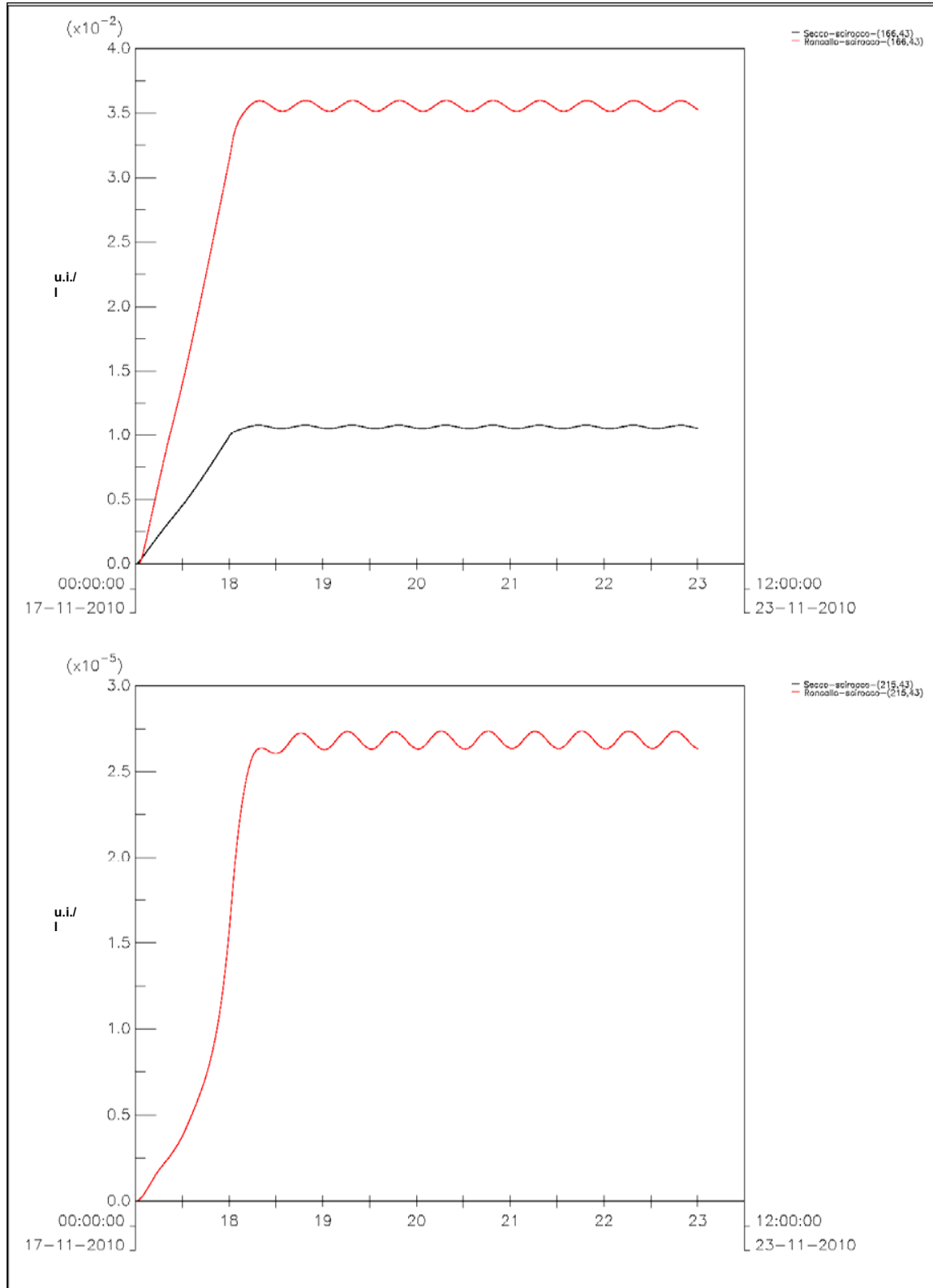


Figura 3-83 Configurazione di progetto - Andamento delle concentrazioni di traccianti rilasciati dal Rio Secco e dal Rio Roncallo per lo scenario con vento di scirocco – punto (166,43) sopra e (215,43) sotto

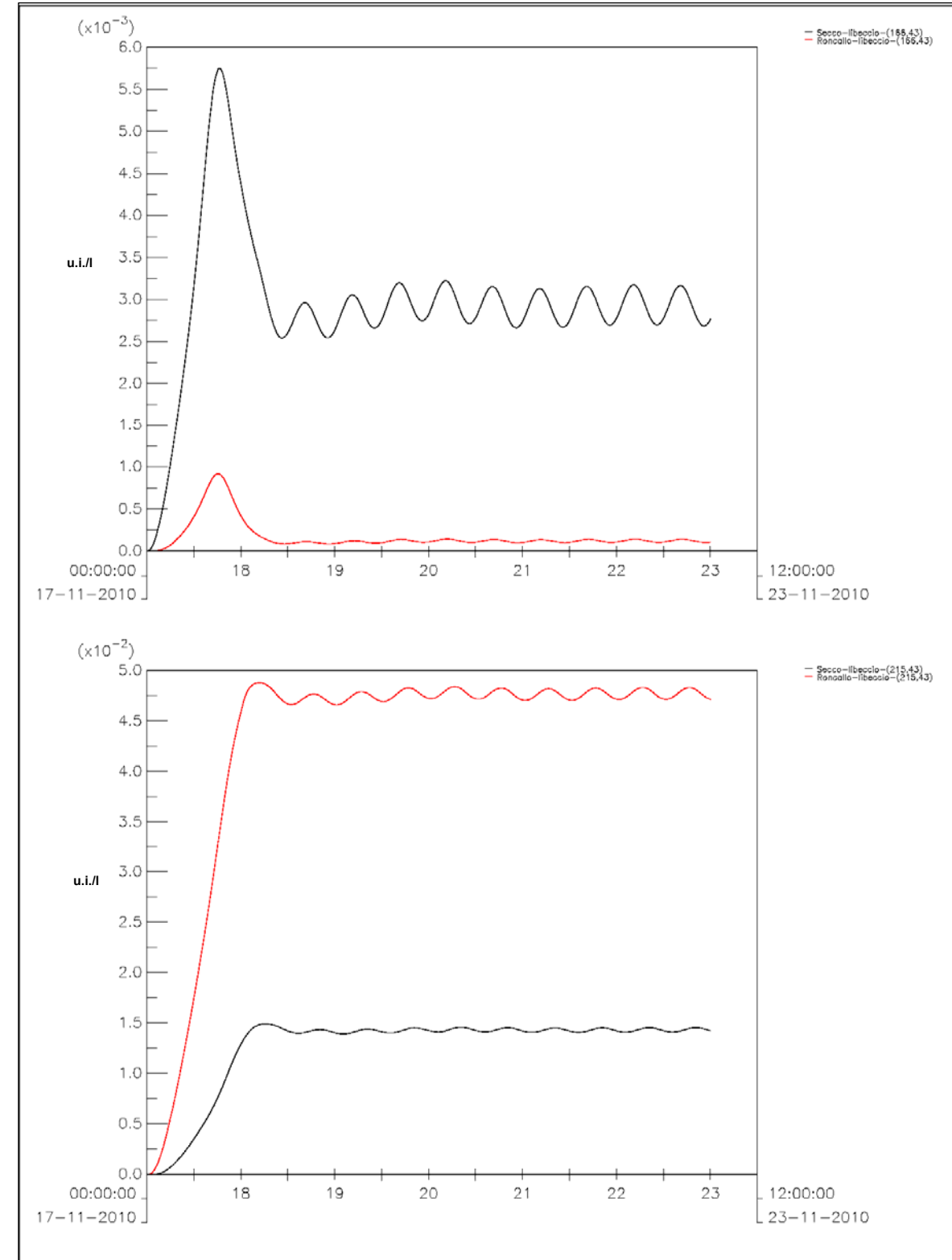


Figura 3-84 Configurazione di progetto - Andamento delle concentrazioni di traccianti rilasciati dal Rio Secco e dal Rio Roncallo per lo scenario con vento di libeccio – punto (166,43) sopra e (215,43) sotto

3.3.4.2 Il moto ondoso

3.3.4.2.1 Il moto ondoso nel canale di calma per effetto della penetrazione attraverso le imboccature

L'analisi della propagazione del moto ondoso all'interno del canale di calma, in riferimento alla configurazione planimetrica che si determinerà in seguito alla realizzazione dell'opera a mare oggetto dell'intervento, è stata effettuata con il modello matematico Diffrac descritto in precedenza.

Il layout considerato nelle simulazioni, che presenta un canale di calma di larghezza pari a 60 m, è riportato nella Figura 3-85.

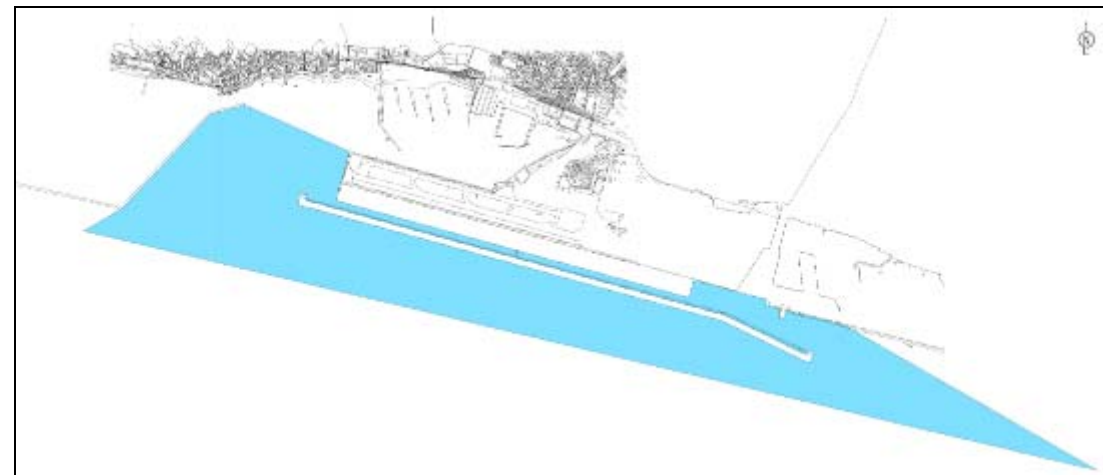


Figura 3-85 Layout 2: Configurazione di progetto

Le condizioni ondose di input per il modello sono le medesime utilizzate per lo studio della situazione attuale.

I risultati delle simulazioni eseguite sono relativi a condizioni con un tempo di ritorno di 200 anni, come già fatto per l'analisi delle condizioni ante operam.

Anche in questo caso i risultati sono espressi in termini di coefficiente di riduzione da applicare all'altezza d'onda incidente.

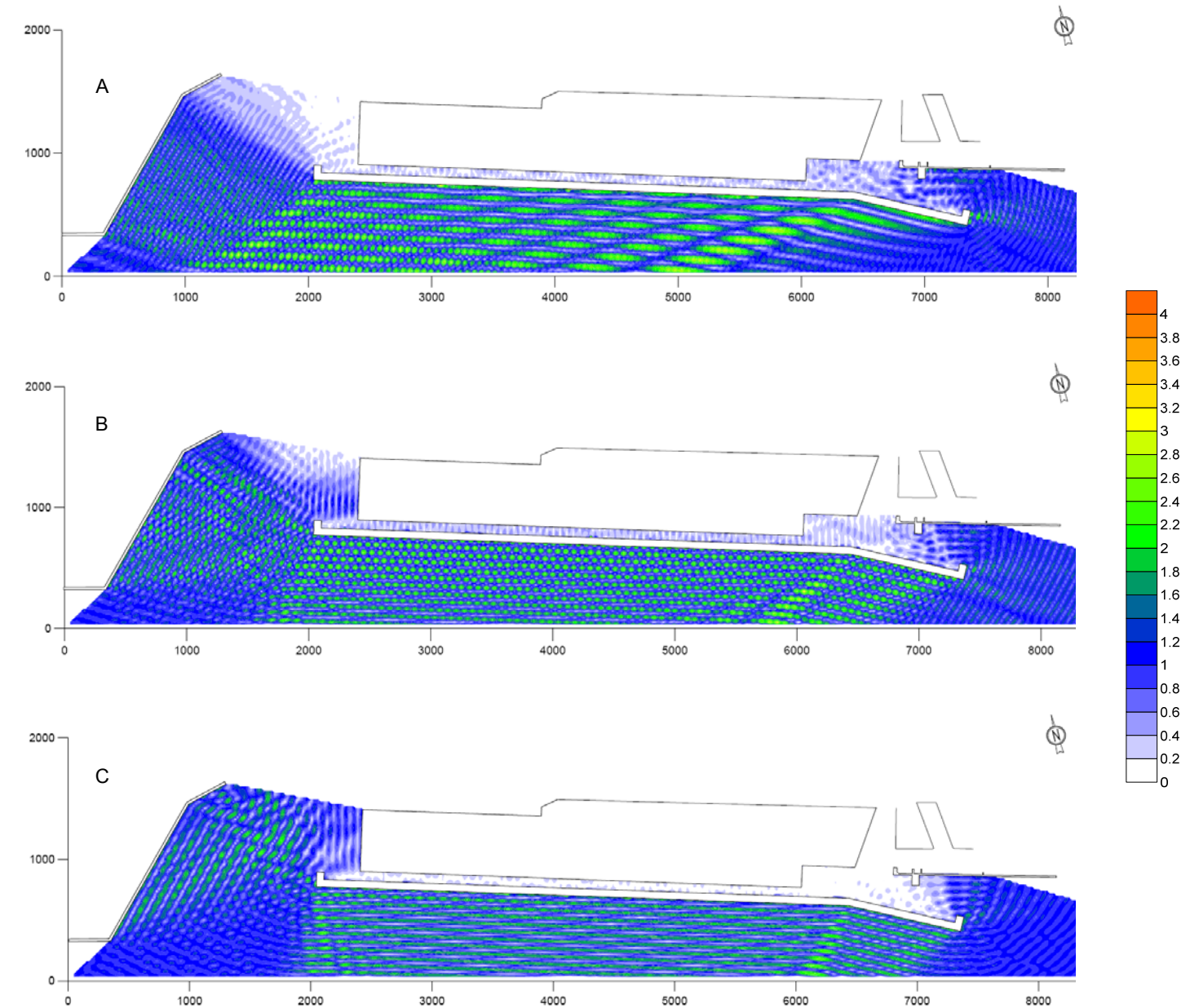


Figura 3-86 Propagazione dell'onda all'interno del canale di calma - Layout 2 (configurazione di progetto) con diverse caratteristiche dell'onda incidente: A) Tr=200 anni, Hs=3,9 m, Tp=9,8 s, Dir 147° N; B) Tr=200 anni, Hs=4,7 m, Tp=10,1 s, Dir 163° N; C) Tr=200 anni, Hs=5,6 m, Tp=10,6 s, Dir 183°N

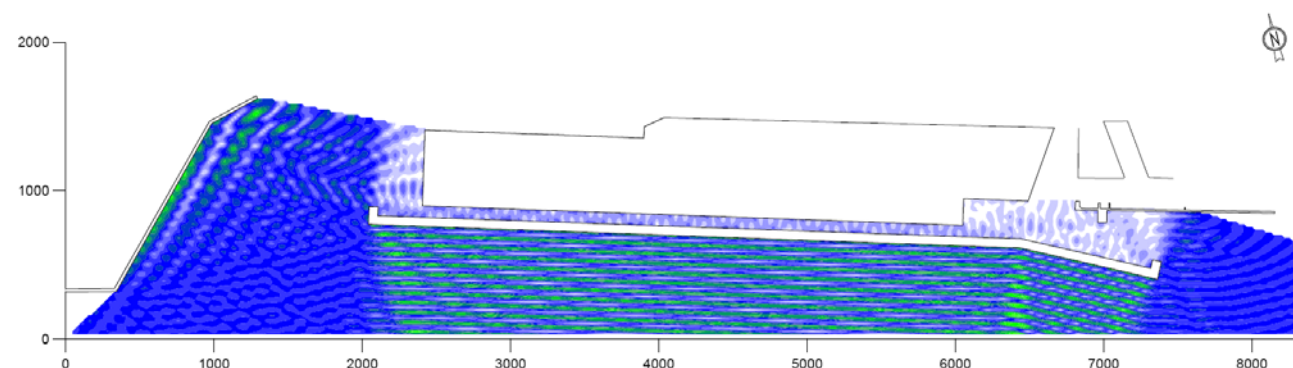


Figura 3-87 Propagazione dell'onda all'interno del canale di calma - Layout 2 (configurazione di progetto) - Onda incidente per un $T_r=200$ anni: $H_s=6,7$ m - $T_p=11,7$ s - Dir $203^\circ N$

Le simulazioni eseguite con la nuova configurazione di progetto confermano l'effetto di attenuazione del moto ondoso operato dalla diga foranea. Confrontando le diverse direzioni di vento, emerge che il moto ondoso che subisce una minor attenuazione è quello che si presenta in prossimità della diga con una direzione prossima a $160^\circ N$; la direzione di provenienza del moto ondoso nei confronti della quale il canale risulta maggiormente schermato dalla diga foranea è invece prossima a $180^\circ N$.

Si evidenzia, a tale riguardo, che il moto ondoso proveniente dalla direzione di $160^\circ N$ si riflette sulla diga di Voltri e tende a penetrare nel canale di calma dall'imboccatura lato Ovest con maggior facilità rispetto a quello proveniente da altre direzioni; la direzione $160^\circ N$ rappresenta, pertanto, una delle direzioni più critiche ai fini dell'agitazione ondosa all'interno del canale di calma.

Conseguentemente a quanto detto, risulta che, nonostante le maggiori altezze d'onda in corrispondenza dell'imboccatura della diga foranea siano quelle associate alle onde provenienti dalla direzione $205^\circ N$, l'agitazione ondosa maggiore nel canale di calma si verifica per il moto ondoso proveniente dalle direzioni prossime a $160^\circ N$ in quanto queste, pur presentando altezze d'onda inferiori alla diga foranea, risentono meno dell'effetto di schermatura della diga stessa.

Dalle simulazioni si evince anche che la zona est del canale di calma presenta invece valori maggiori dell'agitazione ondosa in occasione degli eventi di moto ondoso provenienti dalla direzione di $140^\circ-145^\circ N$.

Come sottolineato in precedenza, le simulazioni eseguite con il modello Diffrac evidenziano che il moto ondoso incidente che penetra all'interno del canale attraverso le due imboccature subisce una notevole attenuazione sia nella configurazione attuale che in quella progettuale del canale di calma.

Confrontando i risultati della situazione attuale con quelli di progetto si nota che l'agitazione ondosa all'interno del canale si presenta maggiormente ridotta nel caso della configurazione di progetto per effetto della parziale chiusura delle imboccature del canale dovuta alla presenza della nuova opera a mare.

Dai risultati delle simulazioni eseguite per la configurazione di progetto si evince inoltre che l'impiego di cassoni cellulari dotati di cella antiriflettente lungo il lato est della conterminazione, che consente di ridurre la riflessione dell'onda rispetto a quella che si avrebbe con una tradizionale opera a parete verticale, permette di non aumentare l'agitazione ondosa in prossimità della banchina dell'ILVA, rispetto allo stato attuale.

3.3.4.2.2 Il moto ondoso nel canale di calma, generato dalla tracimazione della diga foranea

Nello studio degli effetti indotti dal moto ondoso si è anche considerato l'effetto del restringimento del canale nei confronti delle riflessioni delle onde di tracimazione, sulle strutture di conterminazione dell'opera a mare (Figura 3-88).

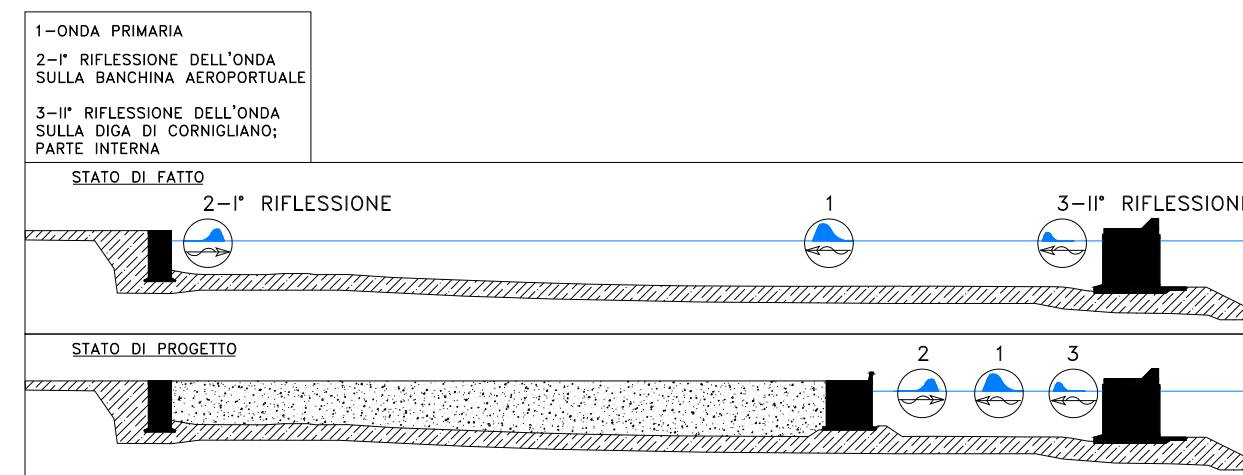


Figura 3-88 Schema della sezione trasversale del canale di calma nello stato di fatto e nello stato di progetto, con indicazione delle onde riflesse che si generano a seguito della tracimazione della diga di Cornigliano

I risultati delle analisi effettuate dimostrano che la riduzione della larghezza trasversale del canale ai 60 m dello stato di progetto (rispetto ai 240 m dello stato di fatto) determina che l'ampiezza d'onda generata dal sormonto della diga foranea (uguale per la situazione attuale e per quella di progetto) produce un'agitazione ondosa maggiore nello stato di progetto rispetto a quello attuale, anche se, per gli usuali eventi di mareggiata con tempi di ritorno inferiori ai 5 anni, si prevede possa mantenersi entro limiti compatibili con la navigazione attuale.

In Tabella 3-55 sono riportati i valori di ampiezza d'onda nei casi peggiori per eventi meteo marini con periodo di ritorno combinato rispettivamente di 5, 100, 200 anni.

Tabella 3-55 Comparazione dei valori di ampiezza d'onda prodotta dalla tracimazione della diga di Cornigliano nello stato di fatto e nello stato di progetto con le valutazioni di tipo idrodinamico

a_M [m]	Massima ampiezza d'onda massima trasmessa a tergo della diga di Cornigliano		
$a(x=L)$ [m]	Ampiezza dell'onda primaria incidente sulla banchina dell'aeroporto		
Periodo di ritorno T_r [anni]	a_M [m]	$a(x=L)$ [m]	
		STATO DI FATTO $L=240$ m	STATO DI PROGETTO $L=60$ m
5	0,751	0,194	0,388
100	0,897	0,276	0,552
200	0,994	0,339	0,677

La progressione della perturbazione ondosa nel canale di calma deve essere valutata considerando gli effetti di smorzamento attribuibili all'attrito viscoso e la riflessione dell'onda sulla banchina di marginamento dell'area portuale.

Tali aspetti consentono di stimare l'ampiezza massima d'onda necessaria al dimensionamento del marginamento nello stato di progetto e alla verifica della compatibilità con l'uso del canale.

Le sperimentazioni fisiche recenti svolte da Heller³³ hanno convalidato l'attendibilità della formulazione empirica di Zweifel che, in ragione del maggior grado di sicurezza fornito, è stata ritenuta applicabile al contesto esaminato nel presente studio.

La condizione al contorno è costituita dall'evento di tracimazione più gravoso, rappresentato dalla presenza di moto ondoso con periodo di ritorno $T_r=100$ anni, che produce un'ampiezza $a_M=0,897$ m. Le riflessioni significative dell'onda sono riconoscibili nelle seguenti fasi (Figura 3-88):

- I^a riflessione: l'onda impulsiva generata dalla tracimazione della diga di Cornigliano (onda 1) si riflette sulla banchina dell'aeroporto (nello stato di fatto) o sulla struttura di conterminazione della cassa di colmata (nello stato di progetto);
- II^a riflessione: l'onda riflessa sulla banchina aeroportuale o sulla struttura di conterminazione evolve verso mare e si riflette sulla parete interna della diga di Cornigliano.

Nello stato di progetto, la riflessione dell'onda sulla struttura di conterminazione è anticipata ad una distanza di 60 m dalla diga di Cornigliano, rispetto ai 240 m che, nello stato esistente, costituiscono la larghezza del canale di calma (distanza tra la banchina dell'aeroporto e la diga).

Data la minore larghezza del canale di calma nello stato di progetto, lo smorzamento dell'onda al momento della riflessione è più contenuto e questo determina una successione di onde di ampiezza maggiore rispetto allo stato di fatto. Nello stato di progetto, le ampiezze d'onda generate dalle riflessioni (I^a e II^a) hanno valore circa doppio rispetto alle corrispondenti nello stato di fatto.

Nello stato di progetto, l'evento più gravoso con $T_r=100$ anni genera un'onda impulsiva di circa 0,9 m, mentre con $T_r=200$ anni l'onda generata è di circa 1,0 m; le rispettive onde generate invece dalla riflessione sulla aeroportuale struttura di conterminazione (I^a riflessione) e sulla parete interna della diga di Cornigliano (II^a riflessione) sono pari a 0,552 m e 0,391 m, per $T_r=100$ anni, e pari a 0,677 m e 0,480 m, per $T_r=200$ anni.

Nello stato di fatto, è da ritenersi significativa solo la riflessione dell'onda primaria (I^a riflessione); infatti l'effetto smorzante dell'attrito viscoso sulle onde determina un'estinzione dell'ampiezza d'onda dopo circa 500 metri di avanzamento.

Nelle figure seguenti è riportato l'andamento dell'ampiezza d'onda, tenuto conto degli effetti di smorzamento, in occasione di un evento di moto ondoso con periodo di ritorno $T_r=5$ anni (Figura 3-89), $T_r=100$ anni (Figura 3-90) e per $T_r=200$ anni (Figura 3-91).

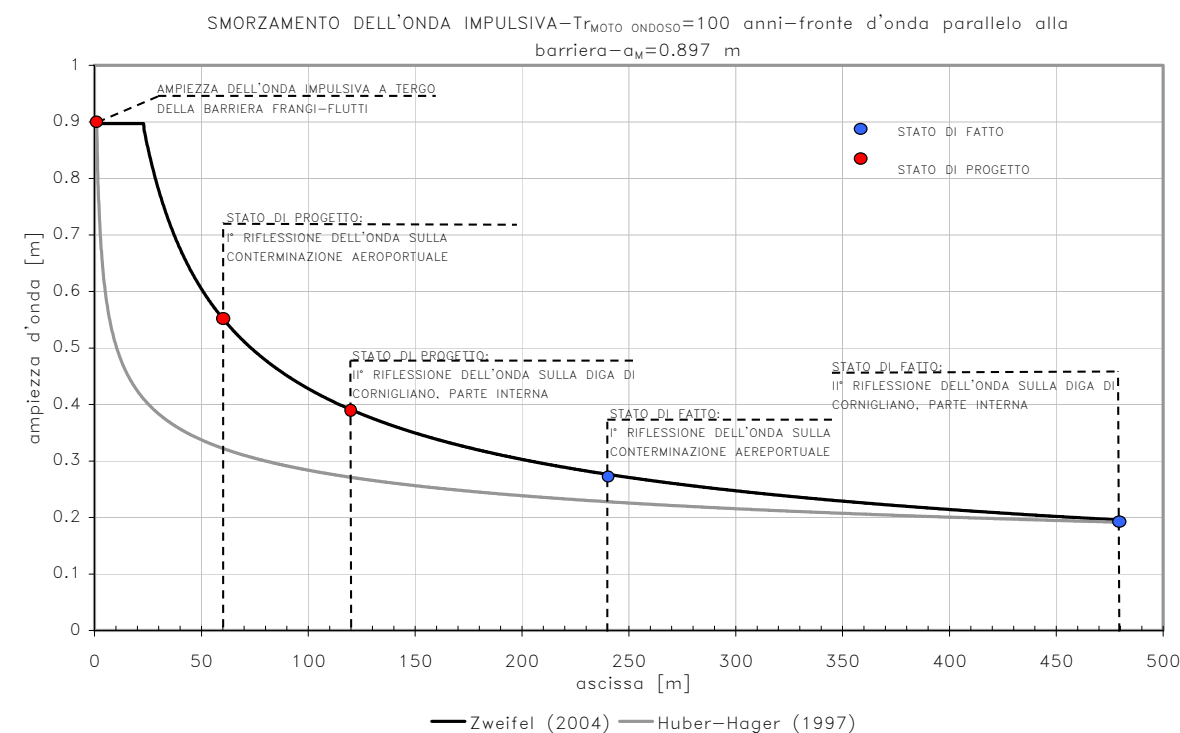


Figura 3-89 Valutazione dello smorzamento dell'onda impulsiva con indicazione delle onde riflesse in corrispondenza delle barriere, nel caso si ipotizzi una riflessione totale su parete verticale impermeabile per l'evento con periodo di ritorno $T_r=100$ anni

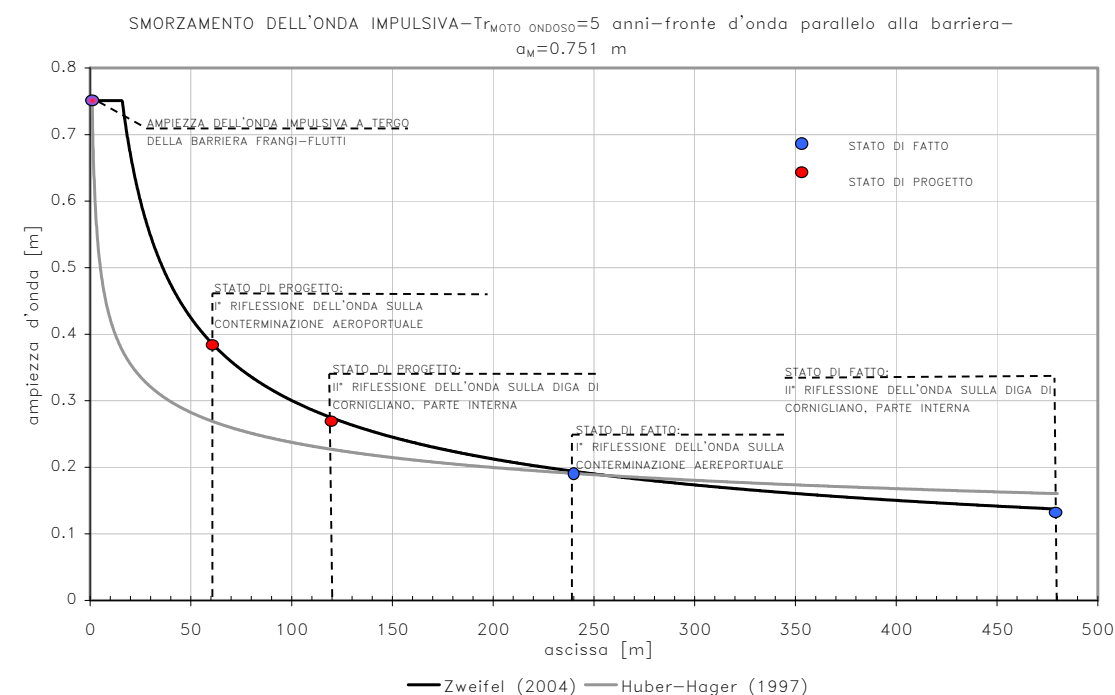


Figura 3-90 Valutazione dello smorzamento dell'onda impulsiva con indicazione delle onde riflesse in corrispondenza delle barriere, nel caso si ipotizzi una riflessione totale su parete verticale impermeabile per l'evento con periodo di ritorno $T_r=5$ anni

³³ Valentin Heller: LANDSLIDE GENERATED IMPULSE WAVES; PREDICTION OF NEAR FIELD CHARACTERISTICS. Zurich 2008

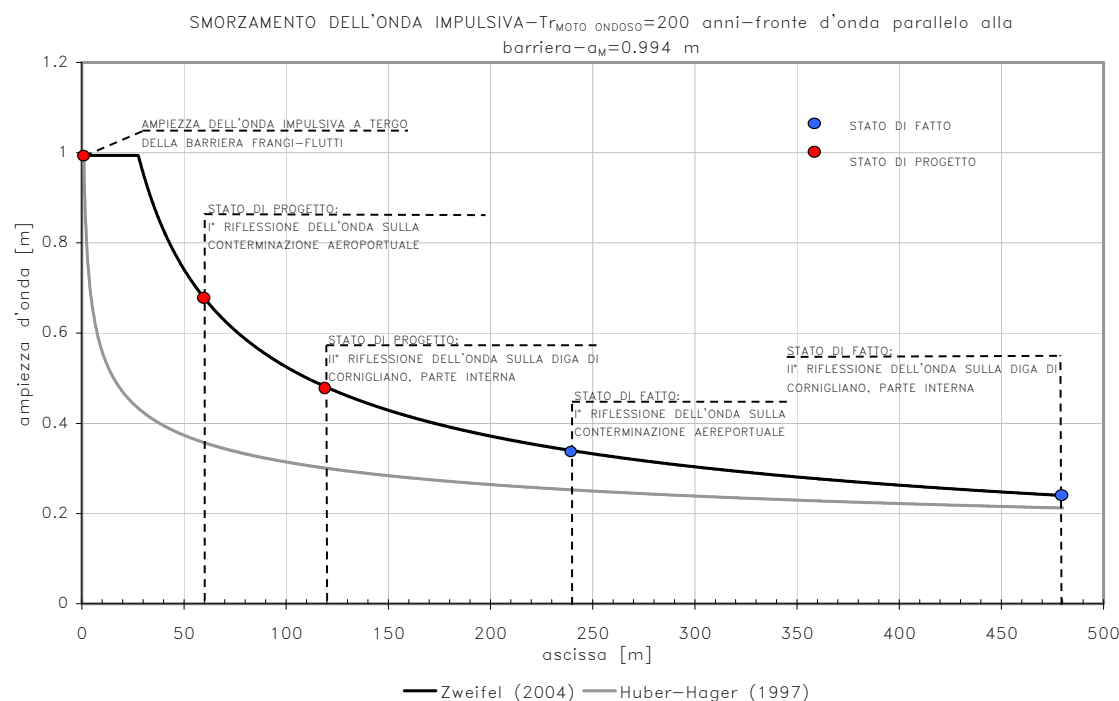


Figura 3-91 Valutazione dello smorzamento dell'onda impulsiva con indicazione delle onde riflesse in corrispondenza delle barriere, nel caso si ipotizzi una riflessione totale su parete verticale impermeabile per l'evento con periodo di ritorno $T_r=200$ anni

Nel complesso si tratta di variazioni significative che però non pregiudicano l'uso attuale; si consideri che nelle condizioni estreme (eventi con tempo di ritorno centennale e oltre) già attualmente la navigazione della "nave bus" viene interrotta, mentre nel caso di venti più frequenti, l'onda generata (40-50 cm) non pregiudica il passaggio né della nave bus, né dei mezzi di soccorso, i soli autorizzati a transitare nel canale.

3.3.5 Modifica del trasporto solido nel canale di calma

Nella seguenti figure sono illustrati i campi di concentrazione dei solidi in sospensione, in g/m^3 , per le tre frazioni di sedimenti considerati, alla fine del periodo di rilascio e, quindi, nel momento di massima concentrazione.

Si ricorda che le tre frazioni considerate, nominate IM1, IM2 e IM3, corrispondono a sedimenti fini con caratteristiche, rispettivamente, di argille medie, limi grossolani e sabbie fini.

Per quanto riguarda la frazione IM1 (Figura 3-92), si nota che le concentrazioni in sospensione sono elevate in corrispondenza della foce del Polcevera, con valori compresi tra 80 e 100 g/m^3 .

Nel canale di calma si sviluppa un pennacchio torbido abbastanza intenso, con concentrazioni superiori a quelle della situazione attuale, con valori di solidi sospesi compresi tra i 65 e i 75 g/m^3 .

Questo determina, sempre rispetto alla situazione attuale, un incremento della concentrazione dei solidi in sospensione anche nel canale di calma e nel canale di testata ovest dell'aeroporto dove le concentrazioni, nello scenario con gli interventi, si attestano verso i 70 g/m^3 .

Anche in questo caso, nel bacino occidentale del porto è evidente un pennacchio che si sviluppa in senso antiorario e che va a lambire la costa in prossimità di Pegli.

La situazione che si presenta per la frazione IM2 nello scenario di concentrazione massima in sospensione (Figura 3-93) è del tutto simile a quella della frazione IM1, anche se con concentrazioni meno elevate al di fuori dell'area di foce del Torrente Polcevera.

Anche in questo caso, però, la distribuzione delle concentrazioni nello scenario con gli interventi presenta, nel canale di calma ed in quello della testata nord dell'aeroporto, un aumento sensibile di valori di solidi sospesi rispetto alla situazione attuale.

Questo fenomeno viene confermato anche per la frazione IM3 (Figura 3-94) per la quale, nella situazione con gli interventi si evidenzia un aumento sensibile di concentrazione nel canale di calma, tanto da renderlo evidente anche ad una semplice analisi visuale.

Analogamente a quanto già fatto per la situazione attuale, anche per la situazione con interventi è stata valutata, per ogni frazione considerata, la densità di sedimentazione, espressa in g/m^2 , una volta che, interrotto l'apporto di sedimenti, si sia lasciato sedimentare tutto il materiale ancora in sospensione.

I risultati ottenuti, invece di esprimerli in termini di valore assoluto di densità di sedimentazione, vengono riportati come differenza di densità di sedimentazione rispetto alla situazione attuale.

In questo modo risulta più agevole apprezzare gli effetti indotti dagli interventi.

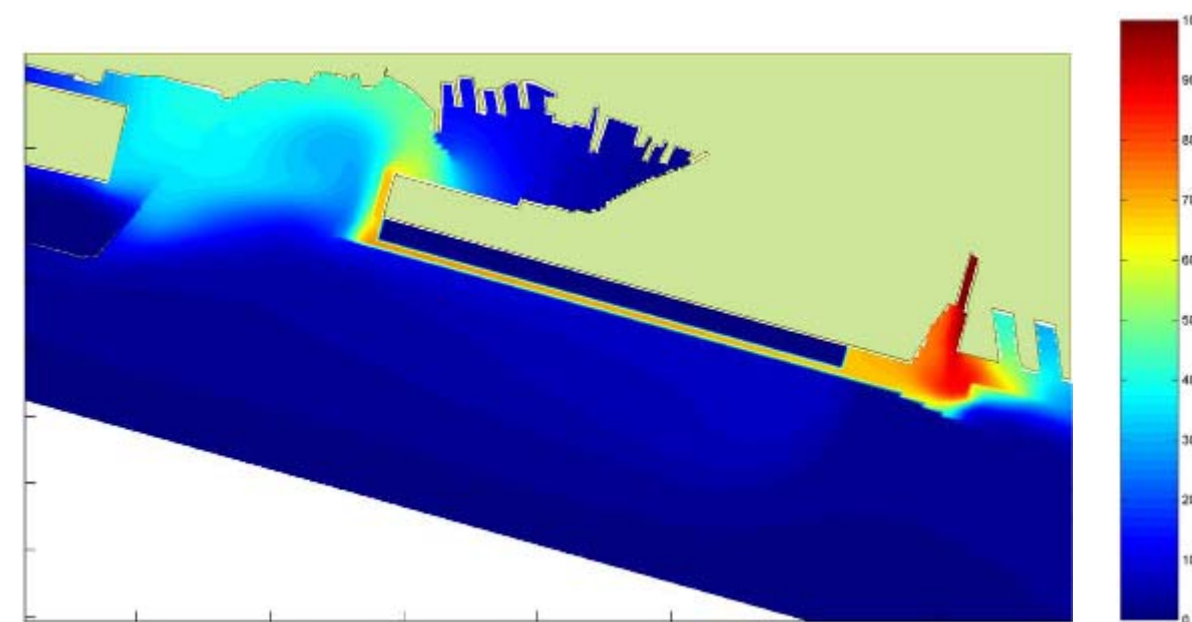


Figura 3-92 Situazione con interventi – Materiale IM1 – Concentrazione di solidi sospesi (mg/l) alla fine del rilascio

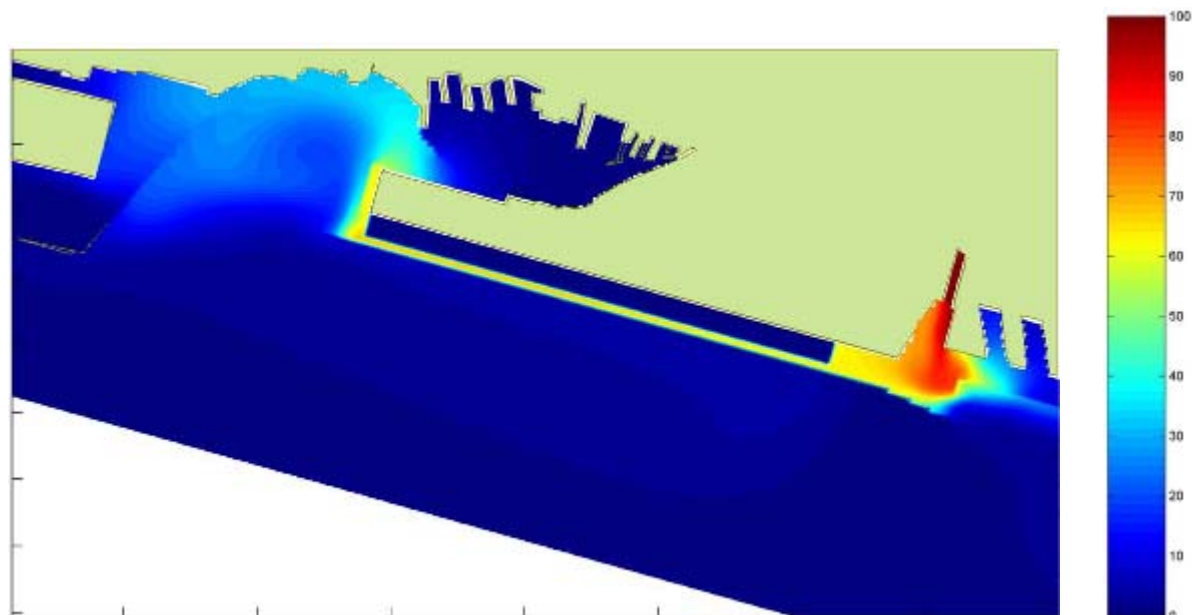


Figura 3-93 Situazione con interventi – Materiale IM2 – Concentrazione di solidi sospesi (mg/l) alla fine del rilascio

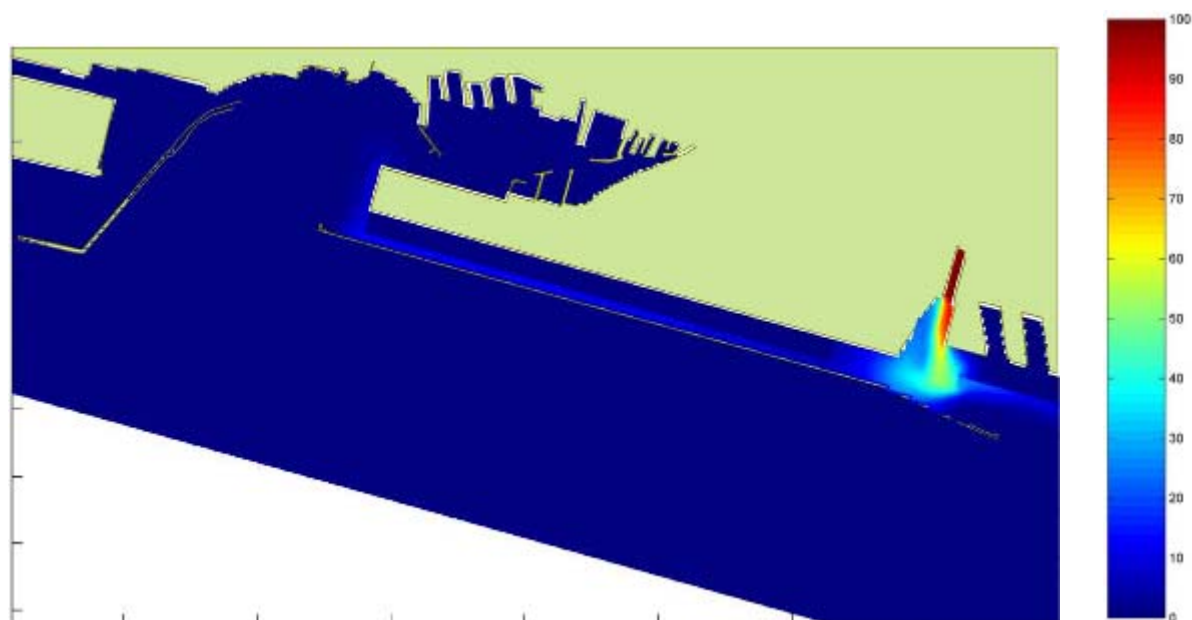


Figura 3-94 Situazione con interventi – Materiale IM3 – Concentrazione di solidi sospesi (mg/l) alla fine del rilascio

In Figura 3-95 viene riportata la differenza della densità di sedimentazione tra la situazione con interventi e la situazione attuale dovuta alla frazione IM1. Come si può notare, nonostante l'aumento di trasporto che si è determinato, l'incremento di sedimentazione rispetto alla situazione attuale è sostanzialmente ridotto e si determina principalmente in corrispondenza della foce del Polcevera e, in modo più sensibile, in corrispondenza della banchina ILVA e della testata est della nuova opera, oltre che, in quantità minori, alle estremità del canale in corrispondenza della testata ovest dell'aeroporto.

Gli incrementi massimi della densità di sedimentazione per la frazione IM1 sono stimabili in circa 3500 g/m².

La situazione che si determina per la frazione IM2, illustrata nella Figura 3-96, presenta, come peraltro era da aspettarsi, una differenza di densità di sedimentazione rispetto alla situazione attuale del tutto analoga a quella valutata per la frazione IM1, con aumento di sedimentazione alla foce del Polcevera, di fronte alla banchina ILVA (valori massimi) e in corrispondenza del canale della testata ovest dell'aeroporto.

Per quanto riguarda invece la componente IM3 (sabbia fine), la differenza di densità di sedimentazione rispetto alla situazione attuale, la cui distribuzione è riportata in Figura 3-97, è invece completamente diversa.

In questo caso, infatti, si notano ampie zone di aumento consistente della sedimentazione in corrispondenza della zona di foce del Polcevera limitrofa alla diga foranea, della banchina ILVA e della testata est della nuova opera a mare e delle due estremità del canale della testata ovest dell'aeroporto.

Queste differenze sono indicative del diverso fenomeno di trasporto di sedimento in sospensione che si determina con la nuova configurazione del canale di calma.

Infatti si può notare che, dove la corrente ha un'energia sufficiente per trasportare e risospingere i sedimenti, la sedimentazione non si verifica o almeno si mantiene su valori prossimi a quelli della situazione attuale, mentre dove si verifica una riduzione della velocità, il processo di sedimentazione ha luogo, determinando differenze anche cospicue rispetto alla geometria attuale del sistema.

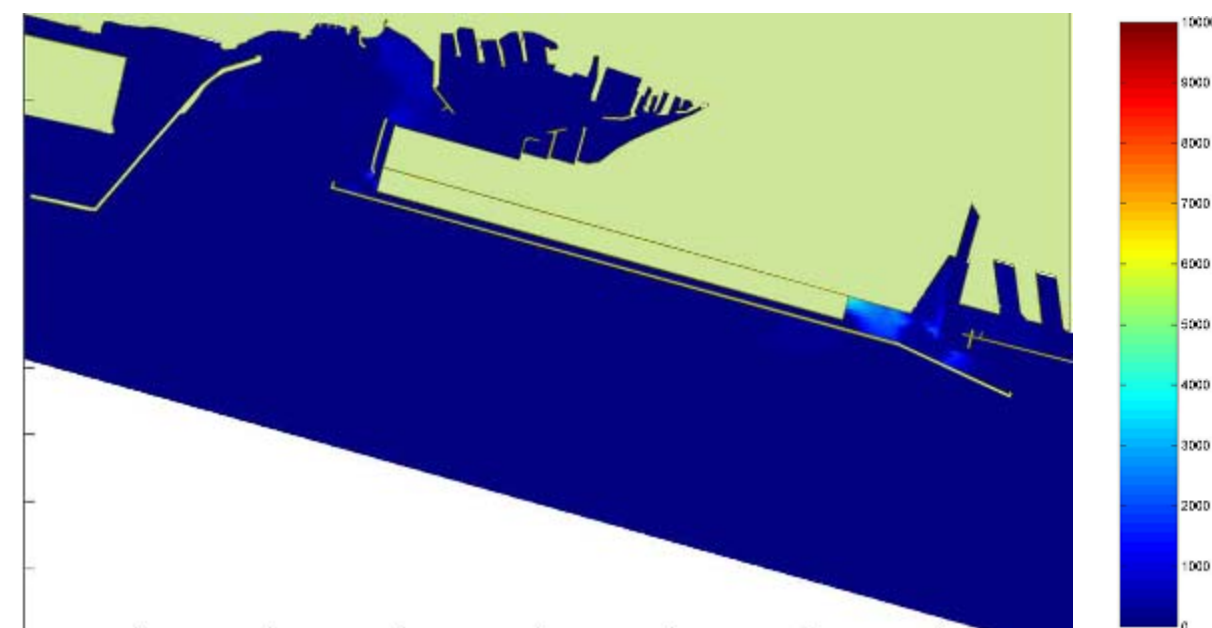


Figura 3-95 Materiale IM1 – Differenza di densità di sedimentazione (g/m²) di solidi in sospensione tra la situazione attuale e quella con interventi alla fine del processo

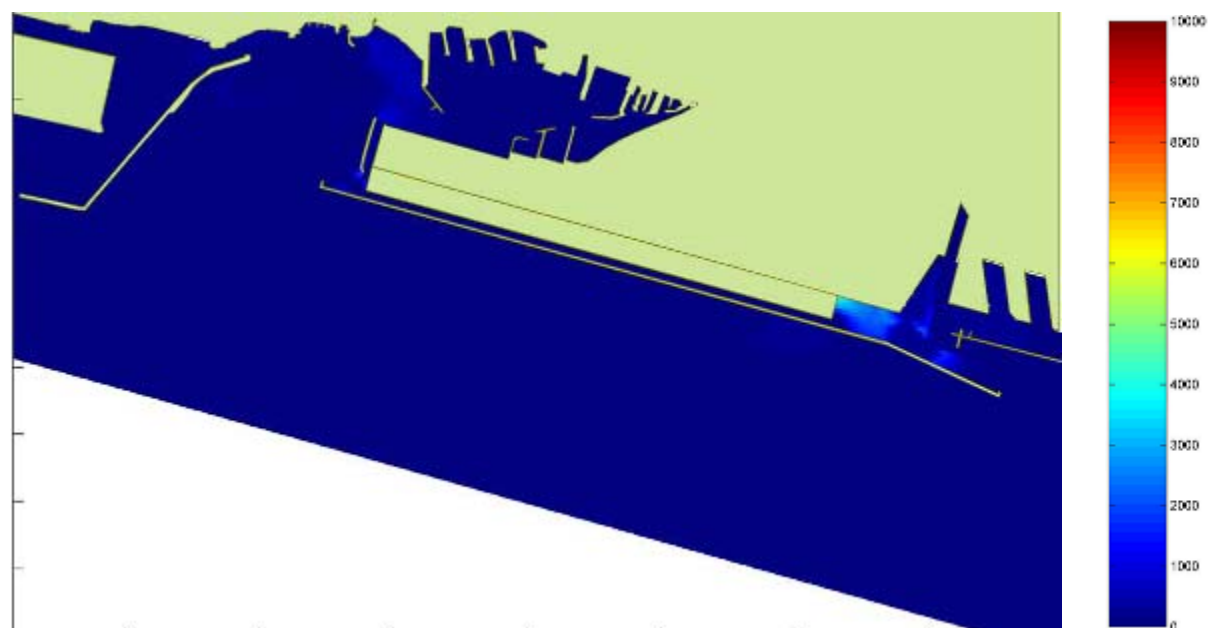


Figura 3-96 Materiale IM2 – Differenza di densità di sedimentazione (g/m²) di solidi in sospensione tra la situazione attuale e quella con interventi alla fine del processo

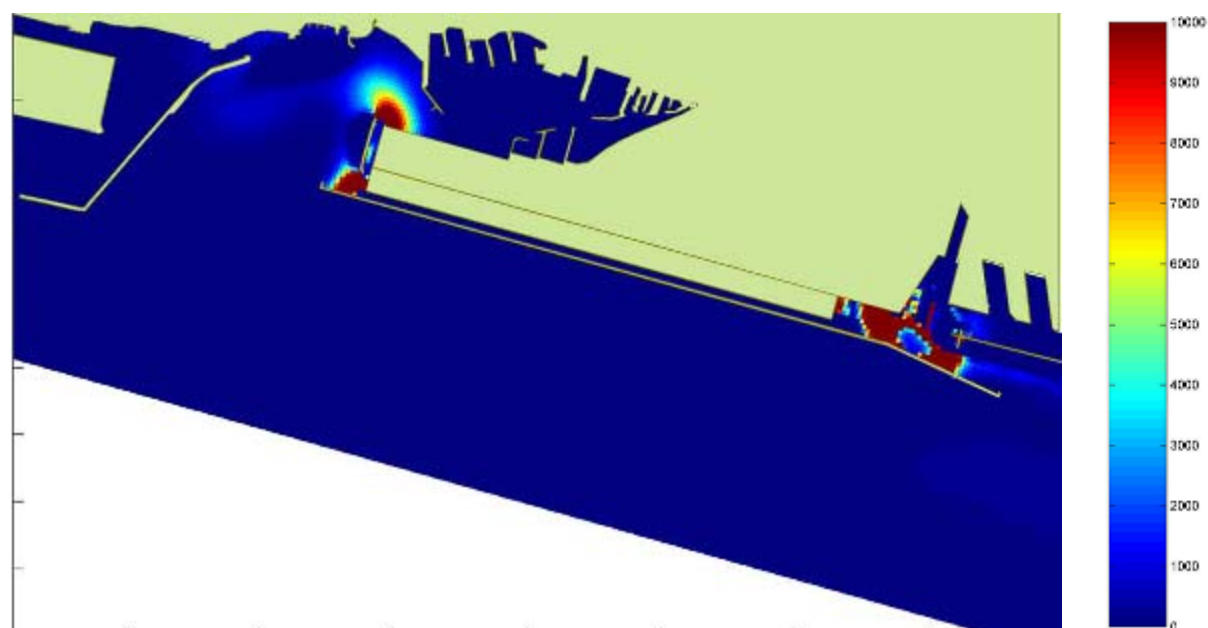


Figura 3-97 Materiale IM3 – Differenza di densità di sedimentazione (g/m²) di solidi in sospensione tra la situazione attuale e quella con interventi alla fine del processo

3.3.6 Modifica dei parametri chimico-fisici delle acque marine nel canale di calma

3.3.6.1 Fase di realizzazione dell'opera

Durante la fase di realizzazione dell'opera, i principali impatti potenziali sulla qualità delle acque del canale di calma derivano dalle attività di costruzione della colmata e di scarico del materiale all'interno dell'opera.

I fenomeni che possono comportare un peggioramento della qualità delle acque nel canale di calma possono essere riassunti in:

- generazione e propagazione di pennacchi di torbidità;
- flusso di inquinanti, siano essi in soluzione o in sospensione (fibre di amianto) attraverso la con terminazione;
- flusso di inquinanti attraverso i condotti di scarico dei Rii;
- flusso di inquinanti contenuti nei sedimenti di fondo, sotto la con terminazione;
- flusso di fibre libere sotto la con terminazione.

Un ulteriore aspetto riguarderebbe lo scarico delle acque in esubero ma esso viene risolto sottoponendo a trattamento le acque prima dello scarico in mare, nel rispetto dei limiti di legge.

Non conoscendo l'esatta concentrazione di inquinanti in soluzione e fibre di amianto nelle acque scaricate nella colmata, le principali valutazioni effettuate si basano su considerazioni ed analisi di tipo parametrico.

3.3.6.1.1 Generazione dei pennacchi di torbidità

Per quanto attiene alla torbidità, occorre precisare che vengono prese in considerazione solo le fasi di lavorazione in grado di generare torbidità, che avvengano prima del completamento della conterminazione della colmata; infatti, l'incremento di torbidità dovuto allo scarico dei materiali all'interno della colmata rimane confinato all'interno di questa visto il grado di impermeabilizzazione della barriera.

Anche i solidi sospesi contenuti nelle acque in esubero sono abbattuti nell'impianto di trattamento prima dello scarico in mare e quindi non costituiscono una fonte di torbidità.

Non essendo previsti dragaggi, le principali operazioni in grado di creare torbidità riguardano:

- il versamento di materiali sciolti per la formazione dello scanno di imbasamento dei cassoni;
- il riempimento dei cassoni con materiali sciolti per consentire il loro affondamento.

Nel primo caso l'aumento di torbidità è legato principalmente alla possibile risospensione dei sedimenti sul fondo che sono costituiti da frazioni fini; tale situazione è stata risolta mediante la posa del tessuto sul fondale prima delle operazioni di scarico.

Esiste tuttavia un certo incremento di torbidità durante lo scarico del materiale, legato alla presenza di frazioni fini; si tratta di un fenomeno probabilmente assai limitato visto che per la realizzazione dello scanno si utilizza pietrame e quindi la frazione fine è una minima parte del totale. È stato comunque previsto di posizionare panne galleggianti intorno alla zona delle operazioni, in modo da intercettare e confinare parzialmente il pennacchio di torbidità.

Similmente si pensa di operare durante le fasi di affondamento dei cassoni; in questo caso il materiale impiegato è quello proveniente dallo scavo delle gallerie e quindi ha una granulometria inferiore a quello impiegato per costruire lo scanno di imbasamento. La torbidità deriva dalla fuoriuscita dell'acqua dal casone, man mano che procede il riempimento con i materiali provenienti dalle gallerie.

Anche in questo caso è previsto l'utilizzo di panne con "grembiule" (silt screen) di lunghezza adeguata a deflettere il pennacchio di torbidità verso il fondo, favorendone la sedimentazione.

3.3.6.1.2 Flusso di inquinanti attraverso la conterminazione

Lo studio del flusso di inquinanti attraverso la barriera è stato effettuato considerando una permeabilità della barriera pari a 10^{-6} m/s; tale valore è stato adottato cautelativamente considerando l'insieme delle tre componenti:

- i cassoni in calcestruzzo; per il calcestruzzo si è considerata una porosità capillare pari al 50% in volume; in tali condizioni per un calcestruzzo non additivato la k_p è pari a 10^{-10} m/s³⁴, che sono stati abbassati di tre unità logaritmiche per tener conto di eventuali fessurazioni, rotture ecc.;
- i giunti in bentonite sodica utilizzati per sigillare gli spazi fra i cassoni; per la bentonite si è assunta una k_p di 10^{-9} m/s;
- la membrana in HDPE utilizzata per ricoprire lo scanno di imbasamento, per la quale si è assunta una k_p di 10^{-9} m/s.

Considerando che per la generazione di un moto avvertito attraverso la barriera è necessaria la formazione di un gradiente idraulico a seguito di un innalzamento del livello interno alla colmata, l'unico gradiente che può formarsi è quello causato dall'oscillazione di marea; infatti l'innalzamento del livello interno a seguito dello scarico dei materiali è compensato dall'aspirazione delle acque in eccesso che vengono addotte all'impianto di depurazione. L'unico dislivello che si crea per azione delle pompe di aspirazione è quello esistente all'interno della colmata, fra la vasca di accumulo e la vasca di ricircolo delle acque.

Per l'effetto dell'oscillazione di marea, le valutazioni effettuate con modello di filtrazione sono presentate nella Figura 3-98, ove si evidenzia l'effetto di smorzamento della marea (si è considerata una marea sinusoidale +/- 20 cm) a seconda dell'ampiezza del setto di calcestruzzo (variabile x nella figura).

Come si può notare, già con un'ampiezza pari a 25 cm le oscillazioni sono quasi impercettibili; considerando che i cassoni hanno setti di ampiezza 0,5 m, per un'ampiezza complessiva di 1,2 m (0,5 m solo nei cassoni dotati di cella antiriflettente), si può concludere che l'effetto della marea è praticamente nullo. Oltre a ciò si consideri che i pori capillari del calcestruzzo hanno dimensioni paragonabili (da 1 a pochi micron) a quelli delle fibre di amianto.

Si conclude che il flusso d'acqua e quindi il rilascio di fibre o inquinanti in soluzione verso l'esterno può essere considerato trascurabile.

³⁴ Collepari M., M. Valente, S.M. Guella, (1976) "Porosità, permeabilità e durabilità del Calcestruzzo", Atti delle Giornate AICAP, Sanremo 1975, pubblicato su Notiziario AICAP 9, 3,.

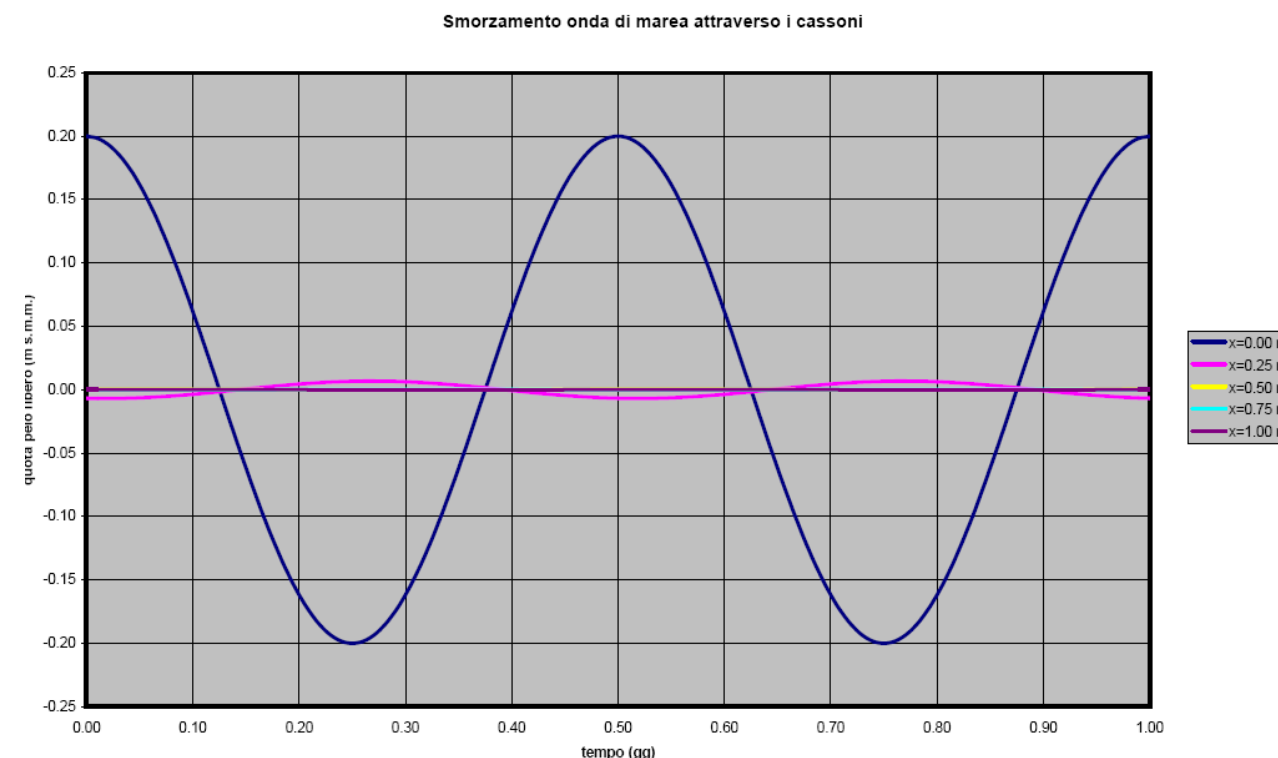


Figura 3-98 Variazione dell'ampiezza della marea attraverso un setto di calcestruzzo in funzione dello spessore

3.3.6.1.3 Flusso di inquinanti attraverso i condotti di scarico dei Rii

Il ragionamento sopra esposto vale anche per la valutazione del possibile flusso entro i due condotti che, attraversando la colmata, consentono lo scarico delle acque del Rio Secco e del Rio Roncallo. Anche in questo caso, infatti, la presenza di giunti speciali a tenuta fra gli elementi prefabbricati del condotto consente un elevato grado di impermeabilità della struttura.

3.3.6.1.4 Flusso di inquinanti contenuti nei sedimenti sotto la conterminazione

Il metodo impiegato per valutare l'entità del flusso di inquinanti al di sotto della barriera prevede la stima del volume d'acqua che si sposta nel sedimento per effetto della presenza della colmata e la stima delle concentrazioni di inquinanti presenti. L'insieme di questi due fattori consente di stimare la massa di inquinanti scaricata nell'unità di tempo nel canale di calma, in prossimità della colmata.

Anche in questo caso, elemento fondamentale per definire il flusso è la valutazione del gradiente idraulico generato dalle operazioni di riempimento della colmata.

Il gradiente idraulico può essere generato da due diversi fattori:

- variazioni del carico idraulico totale sul fondo della colmata;
- variazione della pressione neutra nel fondale della colmata a seguito dell'incremento di tensioni totali dato dal peso della colmata stessa.

Il primo punto prevede la generazione di un flusso d'acqua a seguito di un innalzamento del livello d'acqua interno alla colmata; tale innalzamento rispetto al medio mare presente esternamente alla colmata metterebbe in moto un flusso d'acqua verso l'esterno.

L'innalzamento del livello d'acqua nella colmata è dovuto all'immissione di un volume di solido V_s che provoca un innalzamento di livello Δh pari a:

$$\Delta h = V_s/A,$$

essendo A l'area della colmata.

Le operazioni di realizzazione del riempimento prevedono di asportare l'eccesso d'acqua pari al volume del solido immesso in modo da poterla trattare in un opportuno impianto di depurazione. Questa operazione, di fatto, fa sì che il livello d'acqua interno alla colmata non vari nel tempo in quanto man mano che si immette solido viene portato via l'eccesso d'acqua ad esso corrispondente.

Questo implica che non vi è una differenza di carico idraulico tra interno ed esterno colmata e quindi non c'è un moto di filtrazione dall'interno verso l'esterno della colmata ad esso correlato.

Resta quindi il solo gradiente idraulico legato alla sovrappressione neutra che si genera nel terreno a seguito del riempimento della colmata.

Il peso della colmata, rispetto al peso della sola acqua inizialmente presente, causa un incremento degli sforzi principali totali, $\Delta\sigma_1$ e $\Delta\sigma_3$, che causa un corrispondente eccesso di pressione neutra Δu pari a:

$$\Delta u = B[\Delta\sigma_3 + A(\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3)]$$

essendo A e B i coefficienti di Skempton.

Poiché la variazione di pressione neutra, in questo caso, è legata alla variazione di sforzo totale, essa avrà una distribuzione, sotto l'area di colmata ed esternamente ad essa, proporzionale all'incremento degli sforzi totali.

La presenza di questo eccesso di pressione neutra rispetto alle aree esterne alla colmata causa un moto di filtrazione che tende a dissipare la Δu .

Poiché, per quanto detto in precedenza, il carico idraulico della colmata è costante, segue che il fondale sotto di essa tende a dissipare verso l'alto e quindi verso la colmata. L'acqua scaricata dallo slurrydotto nella colmata viene ricircolata e trattata, quindi non costituisce una fonte di inquinamento verso l'esterno.

Il fondale che si trova nella zona di bordo della colmata, in prossimità della conterminazione con cassoni, ha la possibilità di scaricare l'eccesso di pressione neutra o nella colmata o nel fondale esterno all'area di carico, che, poiché non soggetto a variazioni di carico, non ha Δu .

Il fondo naturale al di sotto dell'area di colmata, per uno spessore massimo di 2-3 metri, presenta concentrazioni significative di diversi microinquinanti organici ed inorganici e conseguentemente un moto di filtrazione attraverso di esso potrebbe potenzialmente causare un moto anche delle particelle inquinanti presenti nelle acque interstiziali.

Al fine di individuare la distribuzione dell'eccesso di pressione neutra nel terreno di fondazione della colmata si è applicato il modello plaxis 2D in condizioni consolidate, non drenate, della fase di riempimento della colmata.

In particolare, in prima approssimazione, si è assunto che il riempimento della colmata sia effettuato istantaneamente ricavando quindi la distribuzione del massimo eccesso di pressione neutra.

Tale eccesso verrà poi dissipato durante la consolidazione che risulta avvenire in un tempo di circa 2 mesi.

Per questioni di simmetria si simula solo metà colmata e, nella Figura 3-99, si riporta l'eccesso di pressione neutra nel terreno di fondazione, a seguito del peso della colmata.

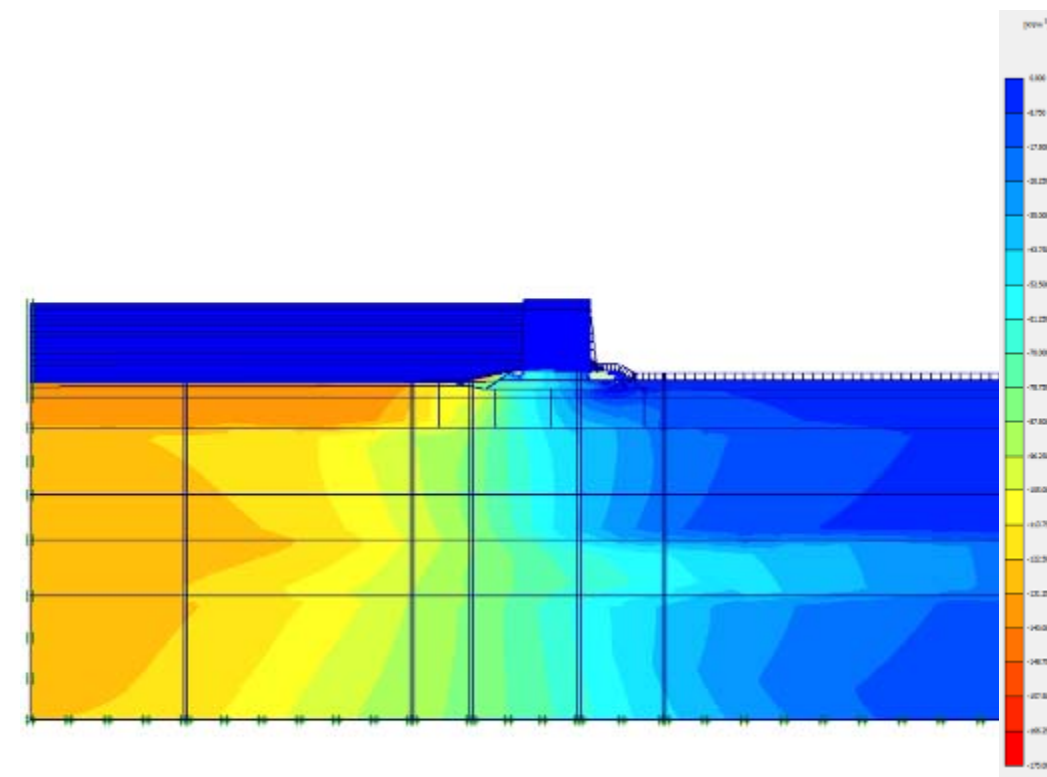


Figura 3-99 Andamento delle sovrappressioni neutre a tempo zero a seguito del riempimento della colmata

Come si osserva il massimo incremento di pressione neutra è in corrispondenza dell'asse di mezzeria dell'area di carico (area arancione della figura) e diminuisce verso la conterminazione.

Sono le differenze di pressione tra le varie aree al di sotto della colmata a generare il gradiente di filtrazione di cui si è già detto in precedenza.

Dal modello si ricava, per 6 verticali, la distribuzione delle sovrappressioni neutre; le 6 verticali sono quelle indicate in Figura 3-100.

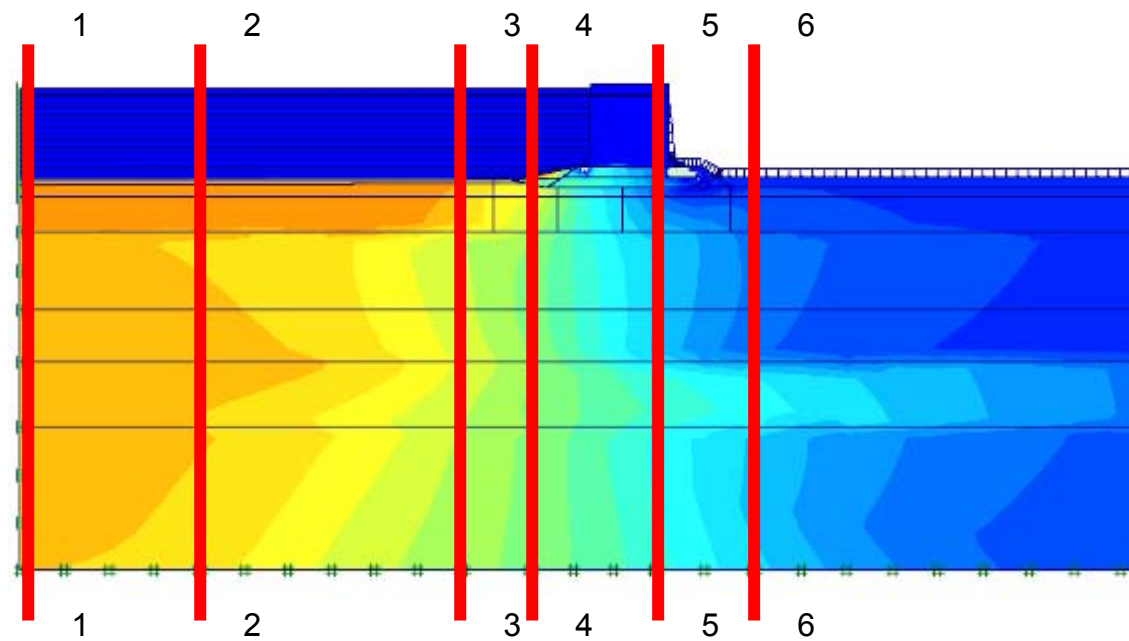


Figura 3-100 Verticali su cui si ricava la distribuzione delle sovrappressioni neutre

La distribuzione di sovrappressione così ricavata viene immessa come dato di input in un modello di filtrazione con lo scopo di individuare il flusso che si instaura e le portate d'acqua nelle seguenti direzioni:

1. verso l'interno della colmata;
2. verso l'esterno della colmata attraverso i sedimenti di fondo.

La distribuzione delle sovrappressioni ricavate dal modello e usate come dati di input per la filtrazione è indicata nella Figura 3-101 per ciascuna delle 6 verticali considerate.

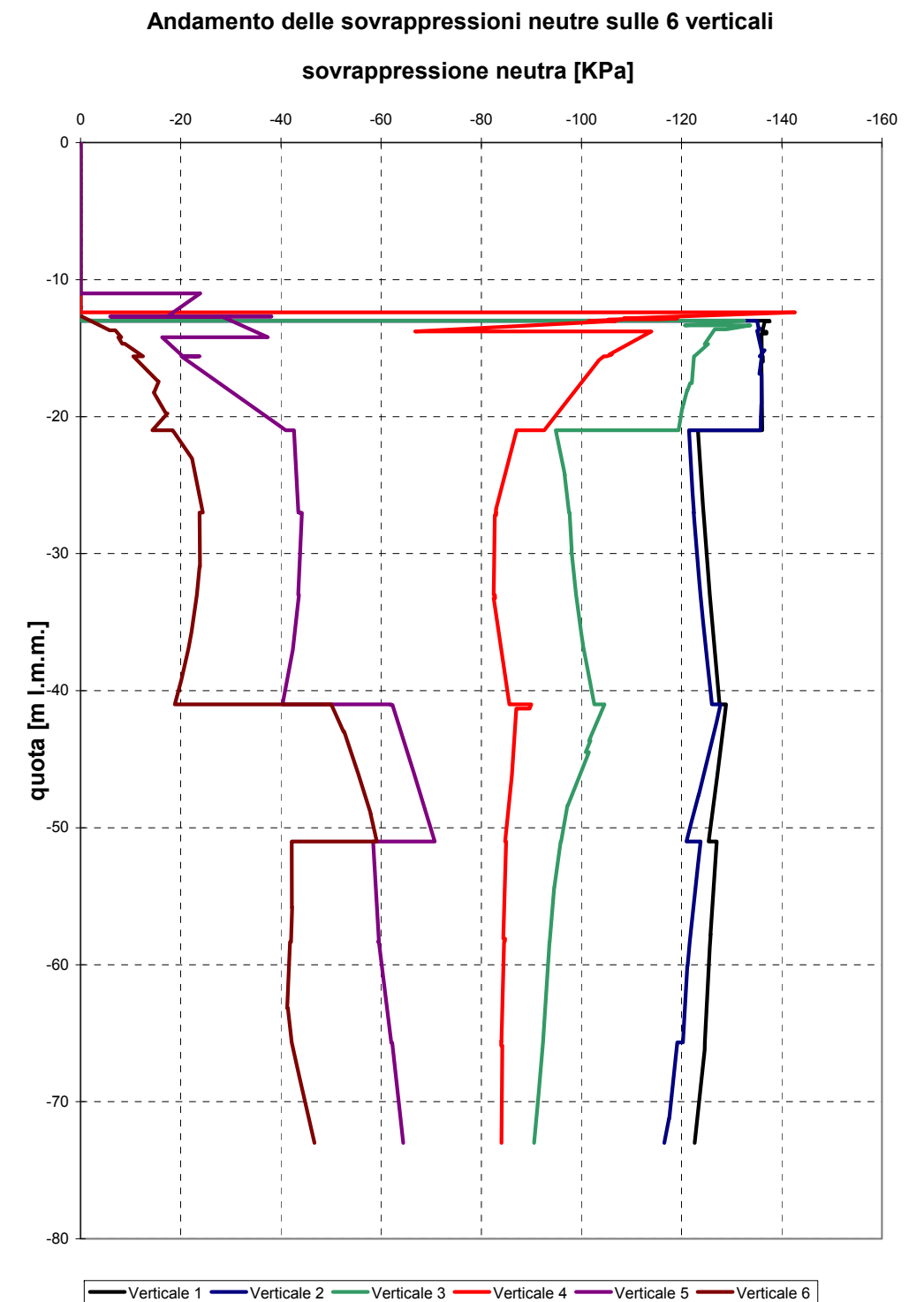


Figura 3-101 valori delle sovrappressioni a differenti profondità per ognuna delle 6 verticali considerate

Le sovrappressioni neutre così calcolate sono state utilizzate come condizioni al contorno per un modello di filtrazione.

Va sottolineato che i valori di portate che si ricavano da tale modello certamente sovrastimano il flusso reale. Questo perché nel modello la distribuzione delle sovrappressioni neutre viene data come condizione al contorno e pertanto resta invariata nel tempo generando un moto di filtrazione. Nella realtà, poiché il gradiente è dato dalla consolidazione, nel tempo la sovrappressione neutra si dissipa e conseguentemente il gradiente di filtrazione diminuisce fino ad esaurirsi a fine consolidazione.

I risultati che verranno forniti in questa analisi sovrastimano quindi i valori di portata reale, ma si accetta tale sovrastima considerando che se lo scenario di calcolo risulta verificato e compatibile con i requisiti di tutela ambientale, tanto più lo sarà la situazione reale.

Oltre alla distribuzione delle sovrappressioni neutre è condizione al contorno per il modello di filtrazione anche la superficie di non flusso (Figura 3-102) data dalla presenza sul fondale del telo impermeabile che ricopre l'intero scanno di imbasamento e si prolunga per 10 metri all'interno della colmata. Ulteriore superficie di non flusso è data dal cassone di conterminazione.

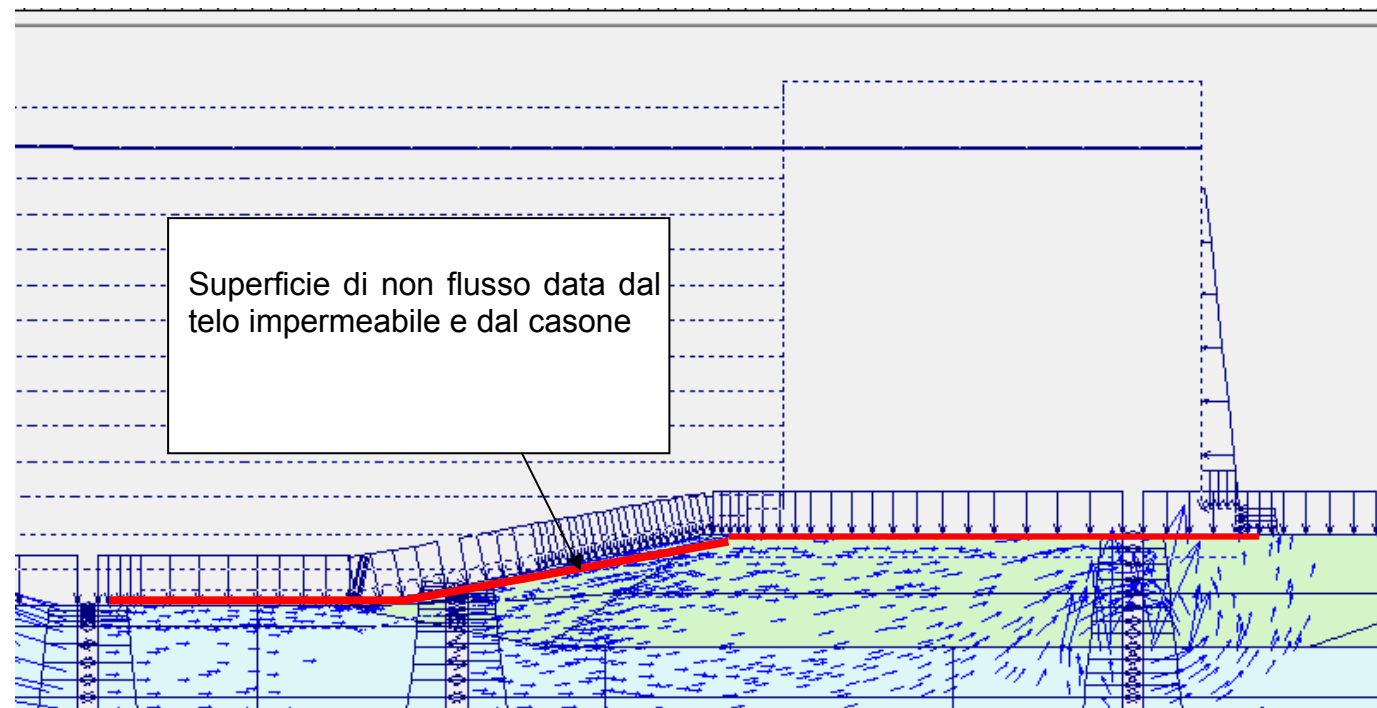


Figura 3-102 Particolare della superficie di non flusso

Il risultato del modello, in termini di vettori velocità, viene riportato nella Figura 3-103.

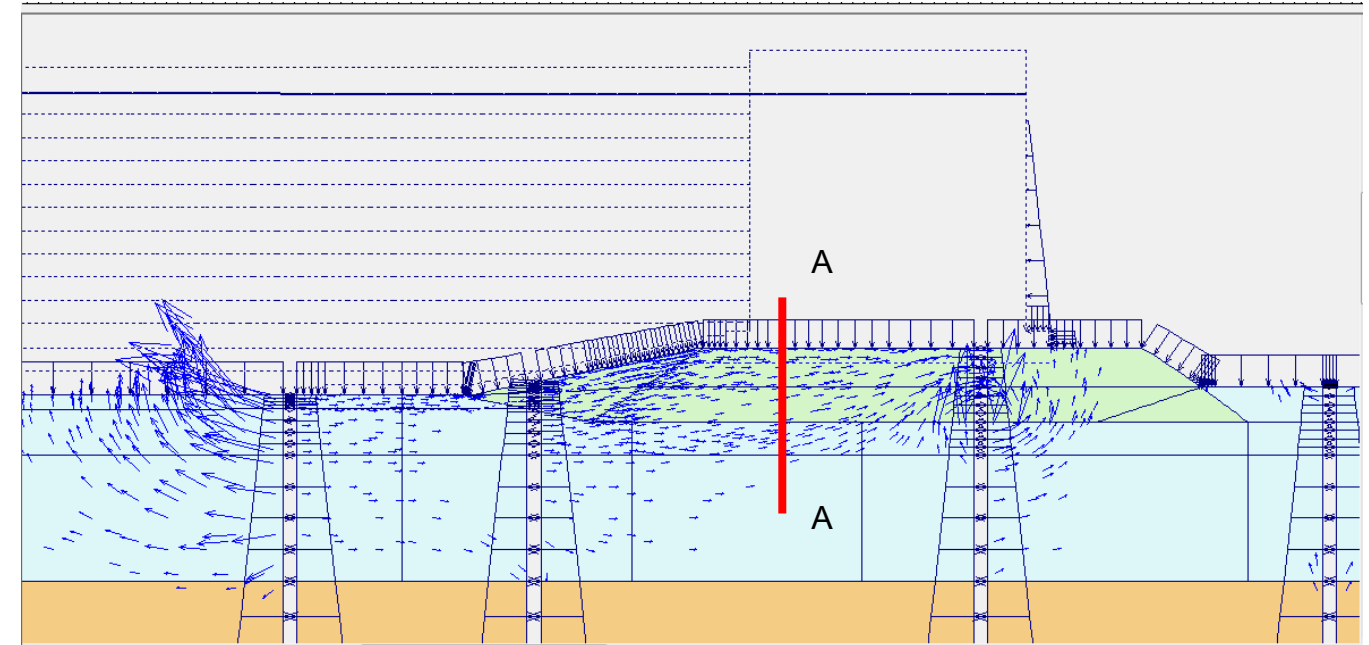


Figura 3-103 Risultato della simulazione; in blu i vettori velocità; in rosso la sezione A-A per il calcolo della portata

Come si vede l'acqua, nella zona di bordo colmata, tende a muoversi sia verso la colmata che verso l'esterno. Si può anche osservare come la condizione di non flusso al di sotto del cassone ed in corrispondenza del telo impermeabile faccia sì che i vettori velocità in tali zone siano orizzontali.

Il calcolo della portata verso l'esterno della colmata (sezione A-A) è attraverso il fondale sottostante la colmata ha fornito i risultati seguenti, riferiti ad ogni metro lineare di con terminazione:

1. portata attraverso la sezione A-A = $3,4 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$;
2. portata attraverso il fondale verso la colmata = $1,9 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$.

Da quanto esposto si evince come la quantità d'acqua che finisce nella colmata sia 2 ordini di grandezza superiore a quella che invece migra verso l'esterno.

Una volta stimato il flusso in uscita, per definire la concentrazione degli inquinanti in soluzione che verrebbero scaricati all'esterno, si è adottato il modello dell'Equilibrio di ripartizione, basato sul principio che vi sia un equilibrio tra la concentrazione di inquinanti misurata nel sedimento tal quale e quella presente nelle acque interstiziali.

È noto in letteratura che tale rapporto è molto variabile e dipende da diversi fattori; nel caso degli inquinanti organici, i parametri fondamentali sono la concentrazione di carbonio organico ed il coefficiente di ripartizione con il carbonio organico (K_{OC})³⁵; nel caso dei metalli, i parametri importanti sono il pH della soluzione, la presenza di sostanze sequestranti (es. colloidali), il redox ecc.³⁶

³⁵ Di Toro D., Zarba C., Hansen D.J., Berry W., Swartz R.C., Cowan C.E., Pavlou S., Allen H.E., Thomas N.A., Paquin P.R. . (1991) Technical basis for establishing sediment quality criteria for nonionic organic chemicals using equilibrium partitioning. Env.Toxi. and Chem. Vol 10 pp 1541-1583

³⁶ USEPA, Office of air and radiation (1999) Understanding variation in partition coefficient Kd values, EPA 402-R-99-004A

Nel caso in esame, si è deciso di adottare i valori di K_p indicati per alcuni metalli da Tessier et al.³⁷ e inseriti nel modello DREDGE predisposto dall'US Army Corps of Engineers per lo studio dei fenomeni di rilascio durante le operazioni di dragaggio. L'analisi ha riguardato solo i metalli in quanto l'assenza di informazioni sulla concentrazione di carbonio organico nei sedimenti non consente di stimare la K_p per gli inquinanti organici non ionici. I risultati vanno, pertanto, intesi come indicazione qualitativa dell'entità del fenomeno per verificare se l'impatto sul canale di calma sia significativo o meno.

Le relazioni utilizzate sono le seguenti:

Cd $\log K_p = 0,73 \text{ pH} - 3,29$
Cu $\log K_p = 0,43 \text{ pH} - 1,08$
Ni $\log K_p = 0,48 \text{ pH} - 1,64$
Pb $\log K_p = 0,60 \text{ pH} - 1,14$
Zn $\log K_p = 0,74 \text{ pH} - 3,03$

Considerando un pH pari a 7,5 cautelativo rispetto ai valori riscontrati nelle acque marine costiere (8), si sono ottenuti i valori di K_p riportati nella Tabella 3-56, i quali rientrano negli intervalli segnalati in letteratura ed evidenziano che i sedimenti rappresentano la principale matrice di accumulo.

Applicando tali K_p alle concentrazioni misurate nei campioni nei sedimenti presenti nell'impronta della colmata, si sono ottenuti i valori di concentrazione nelle acque interstiziali.

Per valutare l'effetto del flusso di inquinanti nella colmata si è seguito un approccio simile a quello seguito nelle analisi di rischio, come anche indicato dalla Regione Liguria in merito alla movimentazione di materiali in ambito costiero (LR 13/99).

Si è quindi calcolata la concentrazione risultante in uno spessore di un metro nel tratto del canale posto in adiacenza al lato esterno dello scanno, considerando questo come punto di conformità³⁸.

Numericamente la concentrazione è stata ottenuta considerando un flusso giornaliero per metro lineare, ipotizzando una completa miscelazione delle acque di falda (con la concentrazione ottenuta applicando il K_p) e delle acque di mare (con la concentrazione media rilevata nel corso dell'indagine) presenti nella zona adiacente lo scanno (4 metri cubi) e non considerando alcun fenomeno di ricambio o di diluizione con le acque circostanti.

Il valore risultante è stato confrontato con quello indicato dalla LR 13/99, che ritiene accettabile un incremento di concentrazione, per effetto di tale percorso di lisciviazione dal sedimento e migrazione in mare, che non ecceda il 50% dei valori di Tabella 1/A Allegato 1 della Parte Terza del D. Lgs. 152/06, oppure, per sostanze non presenti in tale tabella, il 50% dei valori di Tabella 2 Allegato 5 della Parte Quarta Titolo V del D. Lgs. 152/06.

Il risultato ottenuto è presentato nella Tabella 3-56.

³⁷ Tessier A., Carignan R. Belzile N. (1994) Reaction of trace elements near the sediment water interface in lakes. Chapter 8 in Transport and transformation of contaminants near the sediment water interface. Eds De Pinto J. Lick W. Paul J.F., Lewis publ., New York

³⁸ E' il punto nel quale le concentrazioni devono essere conformi alle caratteristiche di accettabilità

Tabella 3-56 Valori del coefficiente di ripartizione (K_p) e confronto con i limiti di legge per le acque (LR13/99) dati dalla concentrazione attuale, cui è sommato l'incremento ammissibile

Elemento	Conc. nel sedimento (microg/g)	K_p (l/g)	Conc. nelle acque (microg/l)	Flusso giornaliero (l/d/m)	Conc. al punto di conformità (microg/l)	Limite di legge (microg/l)
Cd	0,1	153,1	6,5 E-4	259	0,09	0,6
Cu	25,5	139,6	0,18	259	0,86	500,9
Ni	193,3	91,2	2,12	259	2,64	12,7
Pb	31,9	2290,8	0,01	259	0,09	5,1
Zn	115	331,1	0,35	259	18,3	1519,5

È importante considerare che, anche in condizioni fortemente cautelative, le concentrazioni ottenute sono generalmente inferiori di qualche ordine di grandezza ai limiti previsti.

Se si considerano anche i fattori di ricambio, la situazione appare ancora più confortante, in quanto le simulazioni modellistiche svolte indicano che nel canale ad opera finita si avranno portate dell'ordine dei 20-30 m³/s; ciò significa che a livello teorico ogni metro cubo d'acqua verrebbe totalmente ricambiato di oltre un migliaio di volte, con conseguente diluizione della concentrazione.

3.3.6.1.5 Flusso di fibre libere sotto la conterminazione

Il materiale con contenuto di amianto inferiore ai limiti del D.Lgs 152/06 scaricato nella colmata è di fatto costituito da materiale granulare, avente granulometria compresa tra la sabbia e la ghiaia; quindi, una volta versato nell'area di colmata, esso sedimenta con una velocità, che secondo la legge di Stokes, è legata al diametro medio del singolo grano.

Viste le granulometrie in gioco e la velocità di riempimento, il materiale sedimenta senza generazione di sovrappressione neutra. Man mano che il materiale di colmata si accumula il suo stesso peso genera delle sovrappressioni neutre sul materiale già depositato; tale sovrappressione neutra genera un gradiente idraulico che mette in moto la fase fluida consentendo la dissipazione della sovrappressione.

Come evidenziato in precedenza, nei sedimenti sottostanti la colmata nasce una sovrappressione neutra pari anch'essa al peso del materiale depositato. Quindi l'acqua all'interno del materiale di colmata si trova ad avere al di sotto una sovrappressione neutra nel terreno di fondazione ed il livello del medio mare al di sopra.

In tali condizioni il gradiente tende a dissiparsi verso l'alto in quanto in fondazione esiste una sovrappressione neutra pari o superiore a quella del materiale di colmata.

Data la granulometria del materiale depositato, è ipotizzabile che la dissipazione avvenga praticamente insieme alla deposizione stessa e, vista la distribuzione delle sovrappressioni nei sedimenti sottostanti, tenderà ad avvenire verso l'interno della colmata dove il carico idraulico è dato dal medio mare.

Tale condizione è resa ancora più evidente dal fatto che il fondale è decisamente più impermeabile del materiale di colmata e quindi in esso la sovrappressione neutra perdura per tutto il tempo necessario alla dissipazione della sovrappressione nel materiale di

colmata, costituendo di fatto una barriera idraulica al moto dell'acqua presente nel materiale di riempimento. Non essendoci quindi flusso, il passaggio di fibre attraverso i sedimenti e verso l'esterno è praticamente nullo.

3.3.6.2 Fase di realizzazione finita dell'opera

3.3.6.2.1 Flusso di fibre attraverso la barriera

A colmata completata, grazie all'intercettazione ed al drenaggio delle acque piovane sulla superficie della colmata, non si può creare alcun gradiente idraulico fra interno ed esterno, salvo quello dovuto alla marea e di cui si è già detto nel paragrafo relativo alla fase di realizzazione dell'opera.

Pertanto, non è possibile che si generi alcun trasporto significativo di fibre verso il canale di calma.

3.3.6.2.2 Il tempo di ricambio

Per quanto riguarda il tempo di ricambio, per la cui definizione si rimanda al corrispondente paragrafo relativo alla situazione attuale, si riportano i principali risultati nella Figura 3-104, per lo scenario con sola marea e correnti litoranee, e nella Figura 3-105, per lo scenario a cui sono stati aggiunti i deflussi medi annui del Torrente Polcevera e dei rii Secco e Roncallo.

Confrontando queste due figure con le precedenti omologhe relative allo scenario attuale si nota che, per entrambi i casi, i tempi di ricambio tendono ad aumentare nel canale di calma.

Risulta evidente, ad esempio, che in corrispondenza della banchina ILVA dove, nella situazione attuale, i tempi di ricambio sono stimabili in circa 10 ore, per la situazione con il canale di calma ristretto, lo stesso parametro aumenta a valori compresi tra 30 e 40 ore.

Analogamente, per l'estremità ovest del canale di calma, dove nella situazione attuale si è stimato un tempo di ricambio di circa 48 ore, per la situazione con gli interventi, sia con apporti dei corsi d'acqua che senza, ci si attesta su circa 68 ore con un incremento stimato del 40% circa.

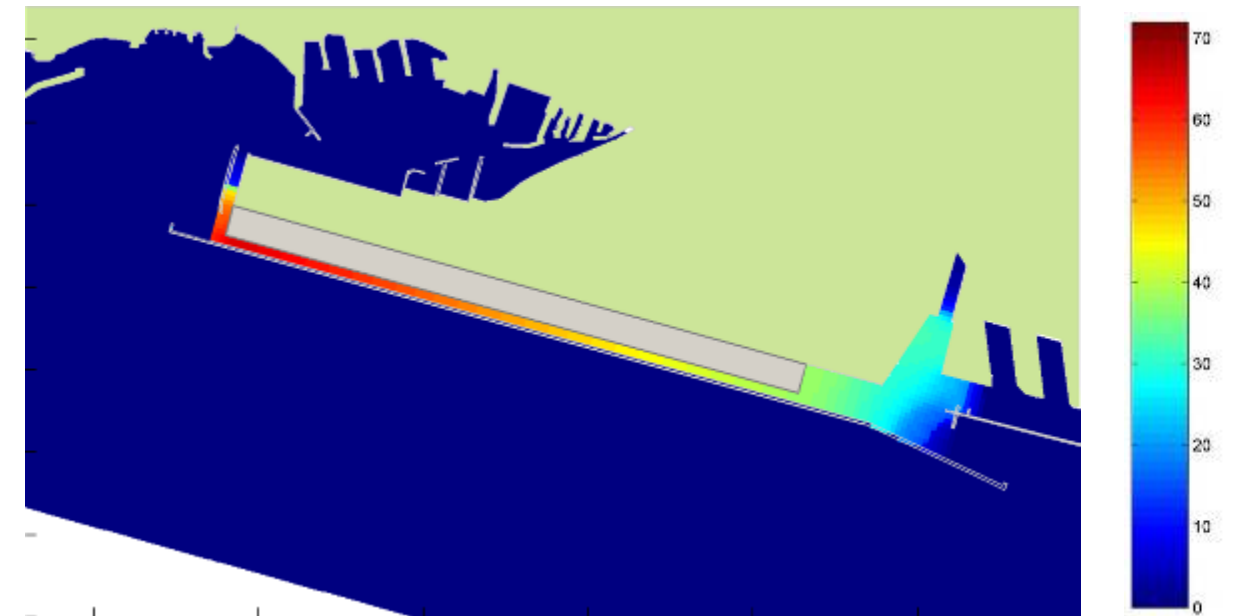


Figura 3-104 Scenario con interventi - Tempo di ricambio, in ore, nel canale di calma quando sottoposto a marea media e a correnti litoranee

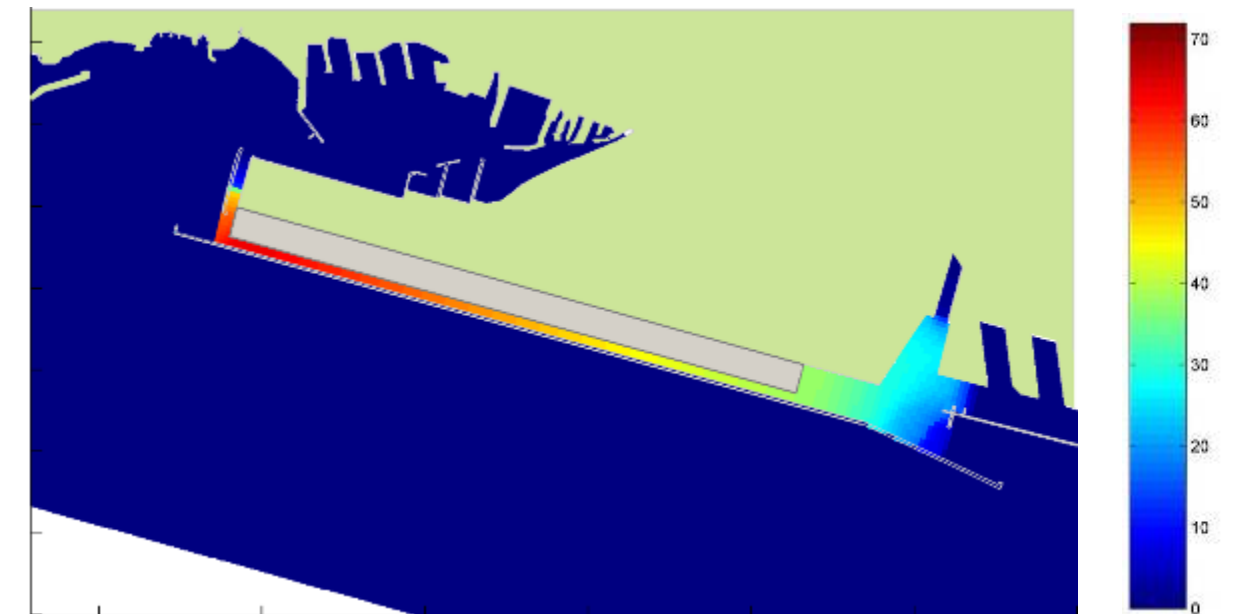


Figura 3-105 Scenario con interventi - Tempo di ricambio, in ore, nel canale di calma quando sottoposto a marea media, a correnti litoranee e ai deflussi medi annui dei principali corsi d'acqua

La presenza degli afflussi medi annui dai corsi d'acqua principali non modifica in modo significativo la distribuzione dei tempi di ricambio, anche se si nota un leggero decremento dei tempi di ricambio che permangono, comunque, su valori analoghi rispetto al caso precedente.

L'unico effetto significativo è la riduzione del tempo di ricambio nelle immediate vicinanze della foce del Polcevera, anche se già nella zona di immissione dei suoi deflussi verso la

bocca di porto i tempi di ricambio si ristabiliscono su valori prossimi a quelli dello scenario senza afflussi.

3.3.6.2.3 La distribuzione della salinità

Analogamente a quanto effettuato per l'analisi dello stato attuale, anche per la situazione di opera finita è stato analizzato l'andamento della salinità media nel canale di calma con i principali corsi d'acqua in regime di deflusso medio annuo.

Il risultato di tale elaborazione è riportato in Figura 3-106 dove si può notare che i valori minimi di salinità si verificano in corrispondenza della foce del Polcevera, ma si nota anche che la diminuzione del flusso attraverso il canale di calma riduce, rispetto alla situazione attuale, anche gli scambi dalla zona Polcevera verso il bacino nord-ovest del porto. A causa di questo fenomeno la salinità nella configurazione di progetto si mantiene su valori lievemente inferiori rispetto alla situazione attuale.

La salinità media all'interno del canale di calma è stimabile tra i 34 e i 36 psu, quindi caratteristica dell'acqua di mare, anche se leggermente ridotta per la presenza sia degli scarichi diretti che del ricircolo dell'acqua del Polcevera.

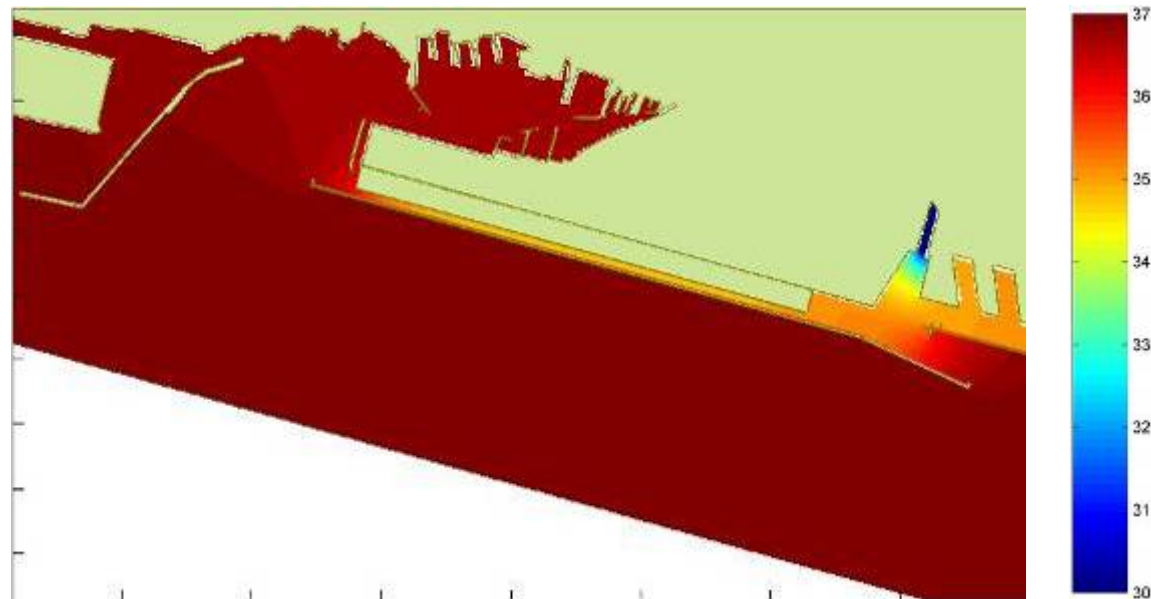


Figura 3-106 Distribuzione della salinità media nella situazione di progetto

Il confronto tra la distribuzione della salinità che si verifica nella configurazione con interventi rispetto alla situazione attuale è reso più agevole dalla Figura 3-107 dove è illustrata la differenza dei campi di salinità tra queste due configurazioni.

Si può notare come la riduzione del flusso attraverso il canale di calma in direzione ovest contribuisca ad un ridotto apporto di acqua più dolce dal Polcevera verso il bacino nord che rimane leggermente più salato, mentre la zona di foce del Polcevera stesso rimane leggermente più dolce.

È da osservare comunque che le differenze sono molto contenute (valori massimi di 0,5 psu).

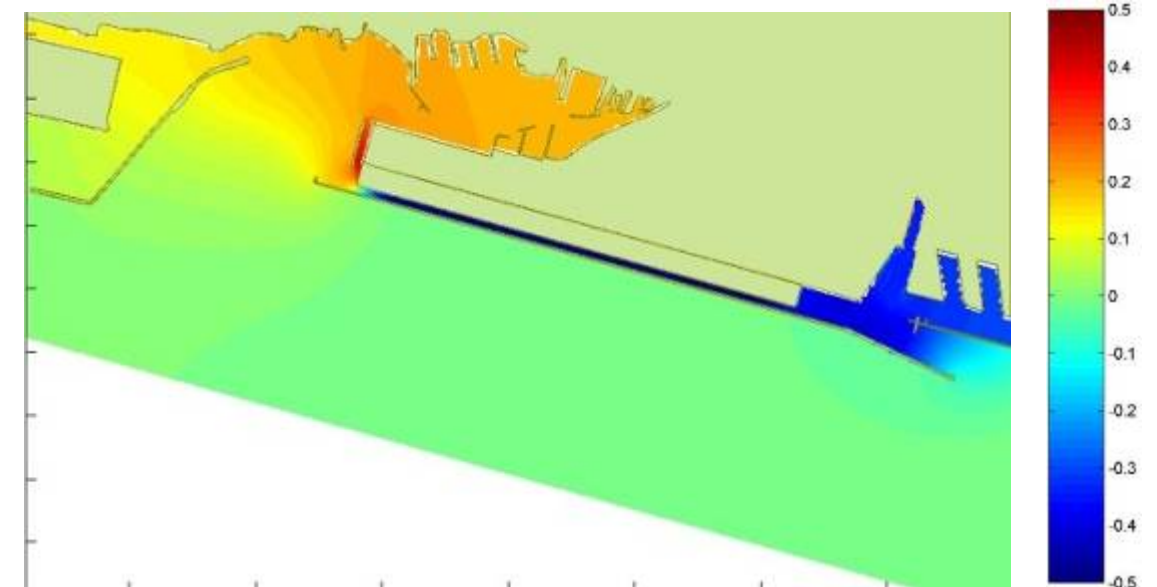


Figura 3-107 Differenza della salinità media tra la situazione di progetto e la situazione attuale

3.3.6.2.4 Ossigeno disciolto

Lo studio idrodinamico ha messo in evidenza le criticità che si possono verificare nell'area del nuovo canale di calma, determinate dalla modificazione morfologica e dalla variazione della circolazione delle acque. In particolar modo lo studio della variazione dei tempi di ricambio evidenzia un aumento del ristagno dell'acqua nell'area antistante alla banchina Italsider e nella porzione occidentale del canale di calma. Ad un aumento del tempo di ricambio può essere associato un peggioramento della qualità delle acque per quanto riguarda i parametri trofici.

Al fine di valutare i possibili impatti sulla qualità delle acque nella nuova conformazione del canale di calma è stato eseguito uno studio parametrico utilizzando il modello WASP, già descritto in precedenza.

È stata quindi scelta la rappresentazione ritenuta più appropriata per evidenziare le possibili variazioni macroscopiche della qualità e si è considerato l'ossigeno in quanto l'effetto più significativo a livello idrodinamico è l'aumento del tempo di ricambio in alcuni tratti del canale. Inoltre la quantità di ossigeno disciolto presente nella colonna d'acqua è fondamentale per valutare se il corpo d'acqua sia in grado di consentire la presenza di biocenosi acquatiche ben sviluppate o meno e per questo è un parametro comunemente considerato nelle normative e impiegato nei programmi di monitoraggio delle acque marino-costiere.

Nelle figure seguenti sono riportate le due schematizzazioni utilizzate, per le condizioni ante e post operam. Come si vede l'unica differenza introdotta è stata l'eliminazione dalla griglia di calcolo delle celle occupate dalla colmata.

Si ricorda che la profondità media delle celle è stata mantenuta costante e che per ogni verticale si è utilizzata una cella unica, considerando trascurabili le differenze lungo la colonna d'acqua e gli effetti del sedimento, anche in considerazioni della natura parametrica dell'analisi.

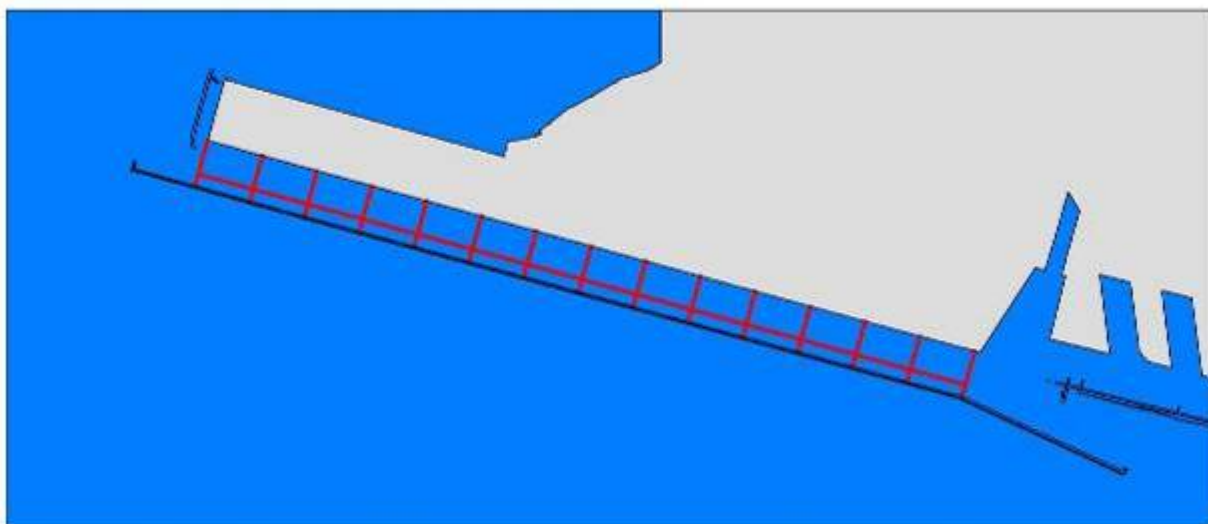


Figura 3-108 Griglia utilizzata per le analisi condotte sull'ossigeno disciolto. Fase ante operam

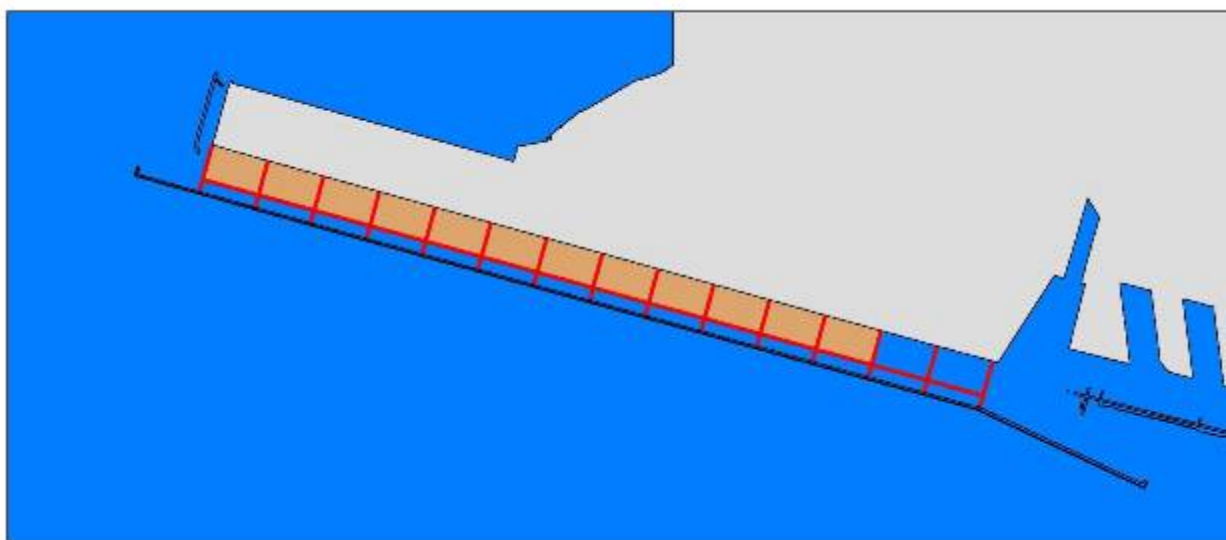


Figura 3-109 Griglia utilizzata per le analisi condotte sull'ossigeno disciolto. Fase post operam

Condizioni al contorno

Correnti:

Sono stati utilizzati i valori di portata di 86 m³/s per lo stato attuale e 28 m³/s ad opera ultimata, che corrispondono ai risultati del modello idrodinamico (simulazione 1) con direzione di corrente est-ovest. Si sono scelte queste condizioni in quanto particolarmente sfavorevoli a livello qualitativo: si associa ad una bassa portata un apporto di acqua dall'area ad est del canale di calma in cui le condizioni di qualità delle acque sono

fortemente influenzate dalla presenza della foce del Torrente Polcevera e dell'area portuale di Sampierdarena. La simulazione viene effettuata in condizioni stazionarie.

Vento:

Si è considerato vento nullo, anch'essa condizione sfavorevole poiché riduce i fenomeni di riaerazione del corpo idrico.

Salinità

Sono stati utilizzati i valori di concentrazione generati dal modello dispersivo descritto nei paragrafi precedenti.

Temperatura

È stata impostata a 20 °C.

Nutrienti

In base alle simulazioni idrodinamiche la zona occidentale è stata assimilata ad ambienti marini costieri non soggetti ad influssi antropici. Come principale fonte di dati sono stati riportati quelli disponibili dalla stazione di monitoraggio POL1, facente parte del programma di monitoraggio dell'ambiente marino costiero ligure. Per la zona orientale si sono utilizzati dati del Boundary Est, aumentati di un ordine di grandezza per evidenziare il peggiore stato di qualità. I dati inseriti risultano sempre superiori a quanto misurato nelle stazioni di monitoraggio della qualità delle acque portuali e quindi la scelta può ritenersi cautelativa.

CBOD

Quando disponibile è stato utilizzato il valore di TOC, assumendo che il carbonio organico fosse tutto biodegradabile. Nel lato occidentale si è imposto un valore di 1 mg/l, tipico di acque di buona qualità.

Clorofilla a

Si è utilizzato il dato misurato nella stazione a mare per il margine occidentale ed il canale, per la zona est si è ritenuto sufficientemente cautelativo aumentare di un fattore doppio la concentrazione algale del confine occidentale. Non sono state considerate variazioni stagionali.

Ossigeno disciolto

Per l'ossigeno si è assunta una concentrazione pari a saturazione nel margine occidentale e dentro il canale di calma, per la parte orientale si è adottato un valore inferiore alla saturazione, pari a circa l'80%, in considerazione della peggiore qualità delle acque.

Nella Tabella 3-57 per ogni parametro vengono riportati i valori di concentrazione utilizzati.

Tabella 3-57 Concentrazioni dei principali parametri utilizzati nella simulazione dell'ossigeno disciolto

	Boundary Ovest	Canale di calma	Boundary Est
Ammoniaca (mg/l)	0,02	0,1	0,2
Nitrati (mg/l)	0,02	0,1	0,2
Orthofosfato (mg/l)	0,01	0,05	0,1
Clorofilla a (µg/l)	0,5	1	0,5
Ossigeno disciolto (mg/l)	7	7	6
CBOD (mg/l)	1	3	2
Salinità (‰)	37	35	33

Nel modello sono stati attivati solo i processi relativi alla cinetica dell'ossigeno disciolto quali la riareazione, la degradazione della materia organica e la produzione primaria legata alla crescita del fitoplancton.

Non sono state considerate variazioni stagionali.

La simulazione è stata effettuata in condizioni stazionarie fino al raggiungimento di condizioni di stabilità numerica.

I risultati sono riportati nelle figure seguenti relativamente alle celle evidenziate nella Figura 3-110.

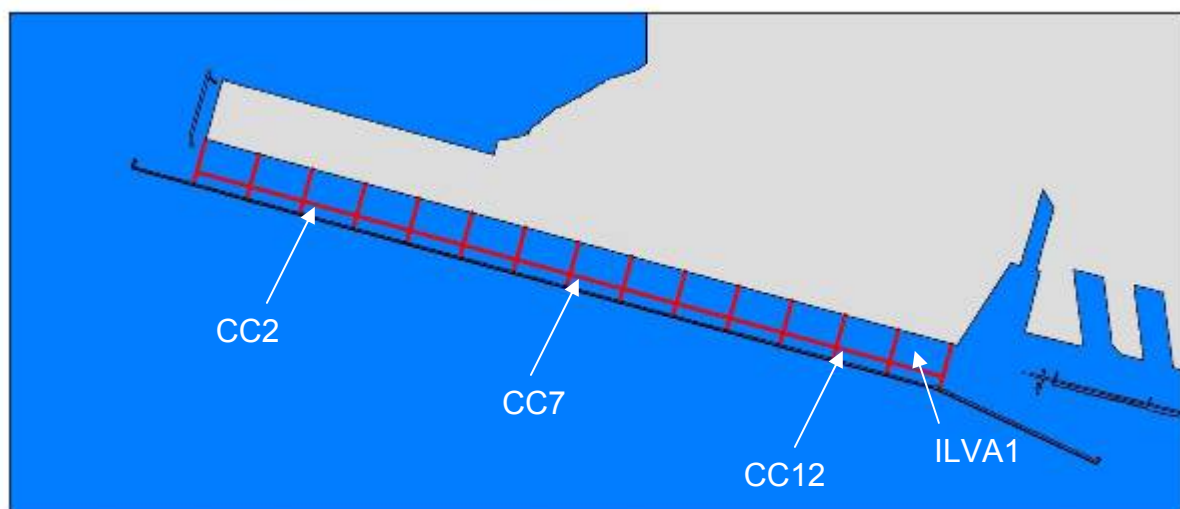


Figura 3-110 Celle indagate

In ogni immagine è riportata la concentrazione di ossigeno, espressa come percentuale di saturazione in condizioni attuali e in presenza dell'opera.

Come si può osservare, nel canale le variazioni sono sempre contenute, inferiori al 5%. Quelle più marcate sono riscontrabili nella zona ad est del canale in cui è maggiormente evidente l'effetto di strozzatura del canale (Figura 3-111) anche perché i valori di carbonio organico ed ossigeno imposti sono più sfavorevoli e consentono meglio di evidenziare il consumo di ossigeno.

Si può anche osservare come le concentrazioni di ossigeno tendano a crescere spostandosi verso ovest in accordo con i fenomeni dispersivi visti in precedenza (Figura 3-112, Figura 3-113).

Anche nella zona antistante la banchina ILVA, dove aumentano i fenomeni di ristagno e quindi potenzialmente più critica, non si riscontrano significative variazioni nelle concentrazioni di ossigeno (Figura 3-114).

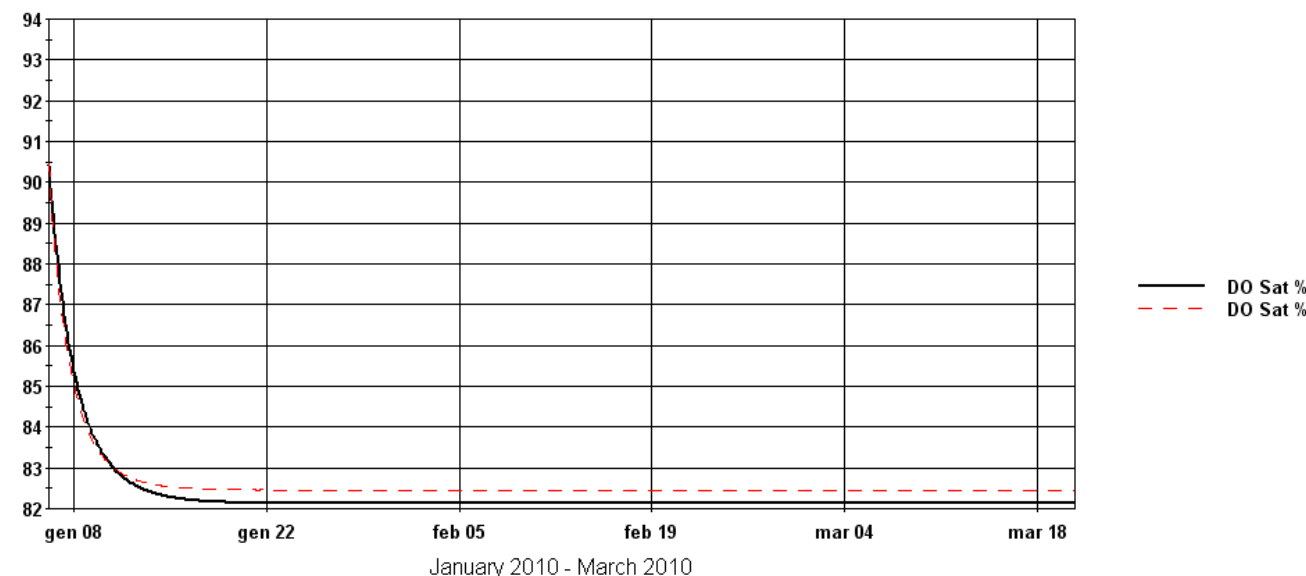


Figura 3-111 Andamento dell'ossigeno disciolto nella cella CC12 (linea continua nera: stato ante operam; linea tratteggiata rossa: stato post operam)

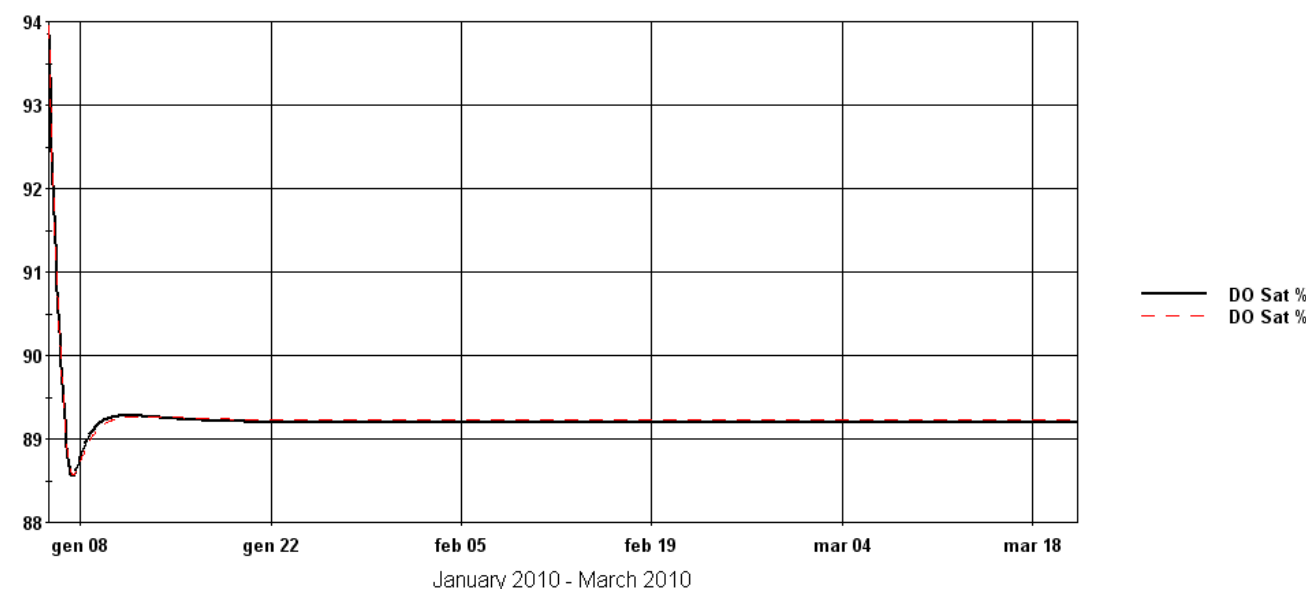


Figura 3-112 Andamento dell'ossigeno disciolto nella cella CC2 (linea continua nera: stato ante operam; linea tratteggiata rossa: stato post operam)

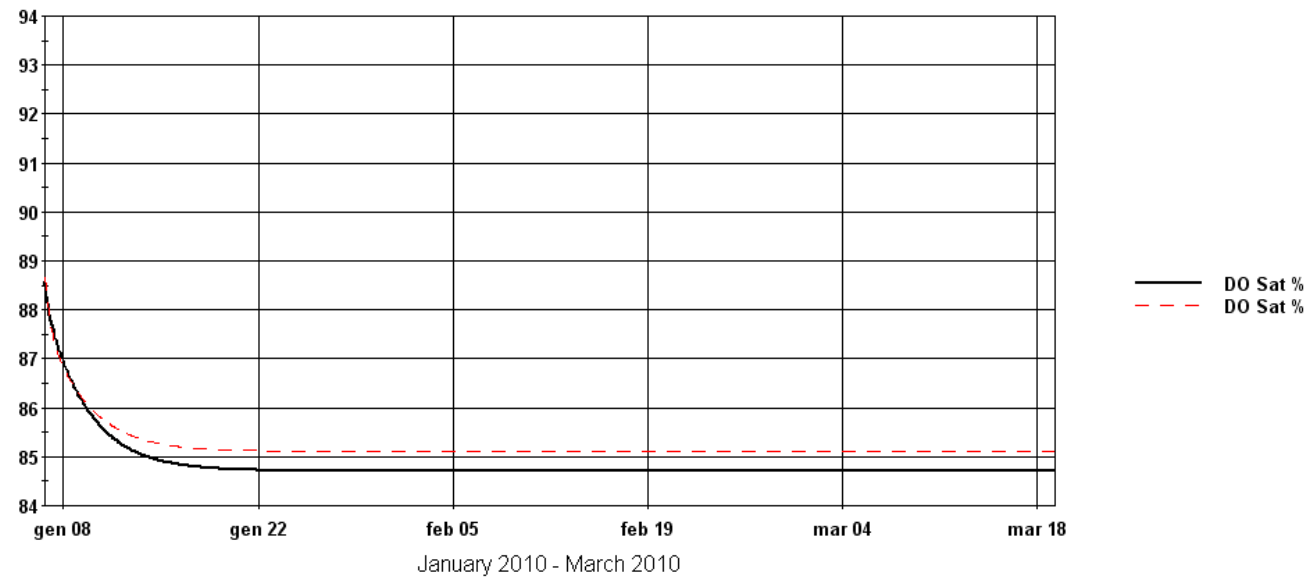


Figura 3-113 Andamento dell'ossigeno disciolto nella cella CC7 (linea continua nera: stato ante operam; linea tratteggiata rossa: stato post operam)

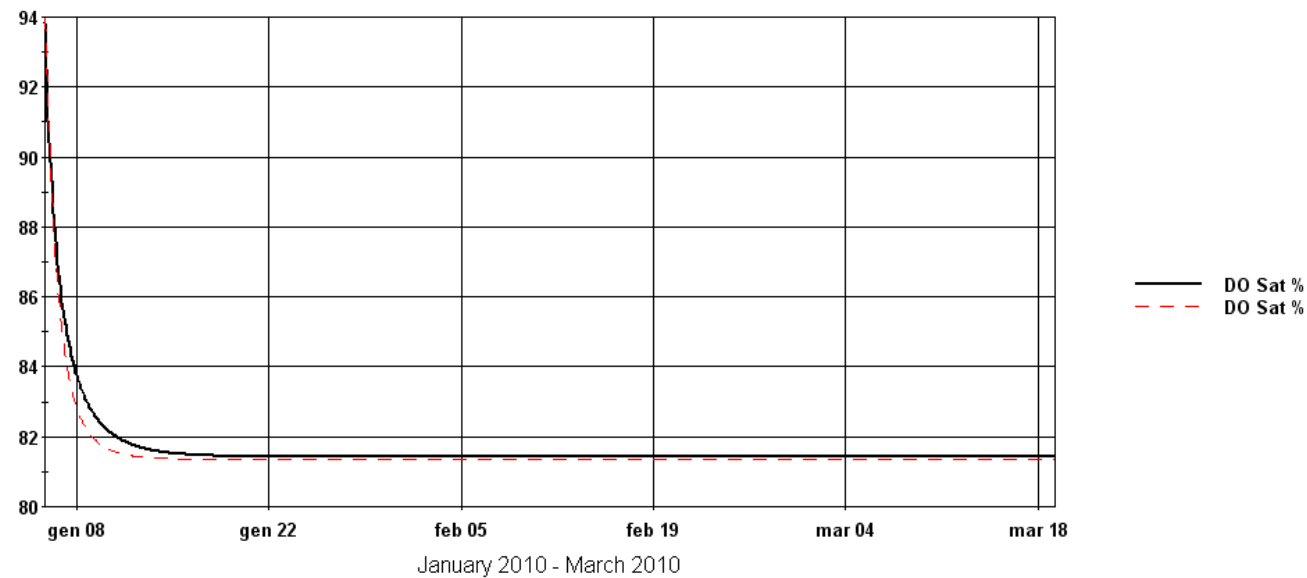


Figura 3-114 Andamento dell'ossigeno disciolto nella cella ILVA1 (linea continua nera: stato ante operam; linea tratteggiata rossa: stato post operam)

Alla luce delle analisi effettuate si può ritenere che in nessun tratto del canale di calma si evidenziano sensibili variazioni nelle concentrazioni di ossigeno: anche nella nuova configurazione il canale tende a mantenersi sui livelli preesistenti.

3.4 IL RAPPORTO OPERA-AMBIENTE

3.4.1 La rete idrica superficiale

Le considerazioni svolte relative agli impatti possibili associati agli elementi progettuali considerati mostrano che l'ambiente idrico superficiale può subire variazioni limitate delle sue caratteristiche a causa della presenza delle opere in progetto, che si sviluppano, come più volte accennato, in gran parte in sotterraneo.

Impatti limitati e localizzati con modificazione delle condizioni di deflusso delle acque sono possibili per alcune aree di cantiere dove è prevista la modifica provvisoria o definitiva di impluvi e corsi d'acqua e la conseguente realizzazione di opere di regimazione idraulica.

Impatti altrettanto limitati e localizzati sono possibili nel caso di pile provvisorie in alveo (viadotto Genova) o pile definitive al limite di fascia A (viadotto Cerusa), la cui progettazione tiene conto delle condizioni idrauliche locali, al fine di garantire un adeguato franco di sicurezza idraulico.

Non è prevedibile invece un aumento del carico inquinante nei corpi idrici superficiali derivante dal dilavamento delle zone di cantiere ad opera delle acque di prima pioggia, che verranno recapitate in specifici impianti di disoleaggio.

3.4.2 Opera a mare

3.4.2.1 Introduzione

Vista la caratteristica dell'opera, la valutazione sugli effetti della componente ACQUE ha necessariamente dovuto prendere in considerazione molteplici aspetti: l'idrodinamica, il trasporto solido e la qualità.

Conseguentemente anche nell'esame delle variazioni indotte dall'opera, si è preferito mantenere disaggregato il giudizio finale e riferirlo ai singoli aspetti considerati.

3.4.2.2 Idrodinamica e dispersione

L'interazione tra ambiente idrodinamico e dispersivo e la nuova opera a mare oggetto di studio comporta la valutazione di diversi aspetti tra loro direttamente connessi:

- Idrodinamica (campi di moto e movimento delle masse d'acqua di diversa natura);
- Dispersione;
- Moto ondoso.

Per tutti questi aspetti le variazioni sono state considerate solo in relazione alla fase di realizzazione finita dell'opera, in quanto gli impatti generati dalla modifica della geometria del canale e quindi durante le fase di realizzazione sono solo una frazione di quelli ad opera finita.

Per quanto riguarda il primo aspetto (idrodinamica), è stato verificato che la presenza della nuova opera a mare comporta, se paragonato alla situazione attuale, una riduzione degli scambi tra il bacino est e il bacino ovest del porto, sia nelle condizioni senza vento, sia quando il vento diventa una forzante preponderante (scirocco e libeccio). Questa riduzione, di per sé poco significativa, è indice di una riduzione della capacità dispersiva e di ricambio del sistema.

Queste variazioni sono state riscontrate negli studi dispersivi realizzati con l'ausilio del modello matematico, con i quali è stato possibile verificare che la dispersione di traccianti rilasciati dai principali corsi d'acqua tende a diminuire in presenza della nuova opera, determinando concentrazioni più elevate soprattutto verso l'estremità orientale del canale di calma, dove sfocia il Torrente Polcevera.

Le analisi condotte sul moto ondoso hanno considerato sia gli effetti legati al vento sia quelli legati alla tracimazione della diga foranea e legati ai fenomeni di riflessione sul nuovo marginamento.

Nel caso del moto ondoso da vento, la presenza della diga foranea consente di smorzare significativamente le onde provenienti dal largo e quindi le altezze nel canale di calma sono modeste; le indagini svolte hanno evidenziato variazioni modeste tra la situazione ante e post operam anche per la scelta di utilizzare cassoni con cella antiriflettente.

Nel caso del moto ondoso indotto dalla tracimazione della diga foranea, fenomeno su cui le opere non hanno alcun effetto, è stato riscontrato che, mentre nella situazione attuale la presenza della conterminazione aeroportuale a 240 m circa dalla diga foranea non comporta effetti significativi sull'agitazione della superficie liquida (le onde da riflessione possono essere ritenute trascurabili), la presenza della nuova conterminazione ad una distanza di 60 m dalla diga foranea genera onde di riflessione più elevate nel canale di calma, comunque ininfluenti nei confronti del normale esercizio aeroportuale.

Anche in questo caso la variazione non è importante di per sé, ma in relazione alla sicurezza della navigazione e dell'esercizio dell'aeroporto, tali aspetti sono valutati nell'ambito della componente SUOLO.

3.4.2.3 Trasporto solido

Le analisi relative alle variazioni indotte sul trasporto solido sono state svolte per mezzo di simulazioni matematiche e considerando tre categorie di materiali a diversa granulometria. I risultati ottenuti sono in linea con quanto già visto per i fenomeni dispersivi, anche se con modalità e quantità diverse in funzione delle caratteristiche delle frazioni di sedimenti considerati. Si è riscontrato che le variazioni indotte sulla dispersione e sulla sedimentazione delle frazioni fini sono da ritenere fondamentalmente trascurabili; l'effetto indotto sulle frazioni relativamente più grossolane (sabbie fini) determina campi e densità di sedimentazione in prossimità del margine orientale della colmata, per effetto della riduzione delle velocità indotte dalla riduzione della larghezza del canale, che si mantengono comunque dello stesso ordine di grandezza attuale.

3.4.2.4 Qualità delle acque

A differenza degli impatti sulla componente idrodinamica e sul trasporto solido, gli impatti sulla qualità dell'acqua sono stati valutati anche per la fase di cantiere realizzazione dell'opera, in quanto questi non dipendono dalla modifica della geometria del canale ma da alcune attività operative durante la costruzione.

Nella fase di realizzazione si è evidenziato un possibile impatto legato al rilascio di torbidità durante le fasi di posa dei cassoni della barriera di conterminazione ed in particolare all'utilizzo di materiale granulare per lo scanno di imbasamento e per il riempimento dei cassoni stessi. Nel progetto è stato previsto di proteggere i fondali prima delle operazioni di versamento e di mettere in opera barriere anti torbidità durante queste operazioni, minimizzando quindi il rischio di rilasci.

Un ulteriore aspetto è quello relativo al rilascio di inquinanti e fibre di amianto attraverso la barriera di conterminazione, includendo i condotti di scarico dei due rii, e, per filtrazione, sotto di essa, durante le operazioni di riempimento della colmata. Le analisi hanno evidenziato che il grado di impermeabilizzazione della colmata e dei condotti è sufficiente ad impedire ogni rilascio anche per l'assenza di un gradiente idraulico in grado di creare un flusso verso l'esterno. Nel caso della filtrazione, è stato evidenziato che il rilascio è dovuto solo allo "schiacciamento" dei sedimenti sotto la colmata, per effetto del peso del materiale versato; il flusso che si genera tende ad esaurirsi nel tempo e non è in grado di incrementare le concentrazioni nel canale di calma in modo significativo. Non è invece possibile alcun rilascio di fibre sotto la barriera in quanto le sovra pressioni che si generano nei materiali scaricati tendono a scaricarsi verso l'interno della colmata stessa.

Nella fase di realizzazione finita dell'opera non è previsto alcun rilascio di fibre per i medesimi motivi considerati in fase di realizzazione, sono state comunque effettuate analisi modellistiche per verificare se le modifiche indotte nella circolazione delle acque fossero in grado di modificare la qualità delle acque.

Le indagini sono state condotte in modo parametrico allo scopo di evidenziare le variazioni fra le condizioni ante e post operam.

I risultati indicano una tendenza all'aumento del tempo di ricambio all'interno del canale di calma. Le analisi parametriche svolte sulla cinetica dell'ossigeno hanno comunque indicato variazioni limitate, dell'ordine dell'1-5 %, delle concentrazioni; ciò sembra escludere il rischio di crisi eutrofiche.

4 SUOLO E SOTTOSUOLO

4.1 TEMI E METODOLOGIA DI LAVORO

4.1.1 I temi

Come illustrato nel capitolo introduttivo, i Macrotemi oggetto del Quadro di riferimento ambientale dello SIA del progetto di Cantierizzazione sono rappresentati dalle Infrastrutture autostradali, nella accezione di “opera come realizzazione”, e dalle Opere connesse di cantierizzazione, locuzione con la quale si è inteso individuare l’insieme delle opere finalizzate alla realizzazione delle infrastrutture autostradali, la necessità delle quali origina dalle complessità esecutive e dalle scelte progettuali operate ai fini di limitare gli effetti negativi prodotti dalla fase realizzativa.

Muovendo da tali Macrotemi, attraverso la loro scomposizione si è giunti all’identificazione dei Temi di Quadro Ambientale, ossia di quei Temi di riferimento che risultano essere rilevanti in funzione delle finalità a detto Quadro assegnate dal DPCM 27.12.1988 (cfr. Tabella 4-1).

Tabella 4-1 Temi di riferimento (Temi di Quadro)

Opere	Macrotemi	Temi di riferimento	Temi di Quadro	
Infrastrutture autostradali	• Opera come realizzazione	• Attività costruttive	▪ Costruzione dei viadotti	
			▪ Scavo e costruzione delle gallerie	– Scavo meccanizzato – Scavo in tradizionale
			▪ Movimentazione delle terre di scavo delle gallerie	
			▪ Gestione delle terre di scavo delle gallerie	
		• Aree a servizio della cantierizzazione	▪ Aree cantieri industriali ▪ Aree cantieri di imbocco ▪ Aree campi base ▪ Itinerari di cantierizzazione ▪ Piste di cantiere	
Opere connesse di cantierizzazione	• Opera come manufatto	• Opere a carattere temporaneo	▪ Slurrydotto ▪ Pista di montaggio frese	
		• Opere a carattere definitivo	Opera a mare	
	• Opera come realizzazione	• Attività costruttive	▪ Confinamento del Canale di Calma ▪ Chiusura dell’opera a mare ▪ Approvvigionamento delle materie	
		• Aree a servizio della cantierizzazione	▪ Aree di cantiere ▪ Itinerari di cantierizzazione	
• Opera come esercizio	• Funzionamento	▪ Movimentazione dello slurry lungo lo slurrydotto ▪ Riempimento progressivo dell’opera a mare		

Sempre seguendo la metodologia di lavoro illustrata nel citato capitolo iniziale, il successivo passaggio metodologico è consistito nella selezione di quei Temi di riferimento che, tra quelli oggetto del presente Quadro, presentavano aspetti di rilevanza rispetto ai fini della componente di volta in volta indagata.

Detti temi, identificati con il termine “Temi di Componente”, sono stati di volta in volta individuati verificando se rispetto ai singoli elementi progettuali considerati era possibile definire un legame causa – effetto che fosse rilevante rispetto alle specifiche finalità alle quali è preposto lo studio di ciascuna delle componenti ambientali.

In altri termini, tale ultimo passaggio è stato condotto ricostruendo il nesso di causalità intercorrente tra le Azioni di progetto associate a ciascuno dei temi di riferimento del Quadro ambientale, i fattori causali e gli impatti potenziali conseguenti.

Entrando nel merito degli esiti ai quali detto processo ha condotto nel caso della componente Ambiente idrico, i temi per i quali si configura un nesso di causalità sono ascrivibili alle seguenti attività:

- Scavo e costruzione delle gallerie in meccanizzato ed in tradizionale;
- Presenza del deposito a mare;
- Confinamento del Canale di Calma con cassoni (costruzione del deposito a mare).

In ragione di tali azioni, i fattori causali ed i relativi impatti potenziali presi in esame per l’analisi della componente in esame possono essere sintetizzati nei seguenti termini (cfr. Tabella 4-2).

Tabella 4-2 Azioni di progetto, fattori causali ed impatti potenziali

Azioni di progetto	Fattori causali	Impatti potenziali
Scavo e costruzione gallerie	Produzione di refluenti idrici	Modificazione del regime dei punti d’acqua
	Modifica uso suolo e morfologia	Modifica qualità acque sotteranee
	Mobilizzazione di fibre amiantifere	Modifica forme geomorfologiche
Presenza deposito a mare	Occupazione specchio acqueo – restringimento del Canale di Calma	Rischio di intercettazione di ammassi amiantiferi
		Modificazione degli usi del Canale di Calma
Costruzione del deposito a mare	Movimentazione dei fondali per la realizzazione dello scanno di imbasamento	Modificazione della funzionalità marittima del Canale di Calma
		Mobilizzazione di sedimenti potenzialmente inquinati

In merito alla produzione di refluenti ed alla conseguente modificazione del regime dei punti d’acqua, occorre evidenziare che tale fenomeno è determinato anche dalla presenza delle gallerie e che conseguentemente, a fronte dell’architettura generale assunta a fondamento dello SIA del Nodo stradale ed autostradale di Genova, la sua trattazione sarebbe potuta essere affrontata anche nello SIA del Progetto Infrastrutturale.

Assunto che una eguale ripetizione dell’analisi del fenomeno avrebbe costituito nocumento alla chiarezza ed all’efficacia dello studio stesso, tale circostanza ha determinato

l'insorgere della necessità di scegliere in quale dei due volumi tematici affrontare il tema della modificazione del regime dei punti d'acqua.

Tale questione è stata risolta considerando l'entità del fenomeno stesso il quale, come noto, si determina in modo più rilevante durante la fase di realizzazione di una galleria per poi "livellarsi" allorché questa è realizzata.

In considerazione di ciò si è quindi deciso di operarne la trattazione nell'ambito del presente SIA e, analogamente a quanto effettuato per altre tematiche ambientali, di riportarne un sintetica esposizione nello SIA del Progetto Infrastrutturale.

4.1.2 La metodologia

La ricostruzione del quadro conoscitivo relativo agli aspetti geologici, geomorfologici e idrogeologici del presente progetto si è svolta mediante lo sviluppo delle seguenti attività:

- Analisi aerofotogrammetrica finalizzata sia al controllo delle risultanze geomorfologiche pregresse ed alla loro integrazione, sia al riconoscimento dei principali lineamenti tettonici dell'area;
- Rilevamento geologico strutturale in scala 1:5000 volto al riconoscimento dei litotipi presenti, alla definizione del loro assetto tettonico con riconoscimento e misura di elementi fragili e duttili presenti in affioramento, al prelievo di campioni per l'analisi petrografica ed all'identificazione di siti con presenza di minerali fibrosi asbestiformi;
- Rilievo geomorfologico con verifica delle risultanze dell'analisi aerofotogrammetrica ed integrazione dati;
- Sopralluoghi lungo gallerie esistenti per verificare la presenza di eventuali settori non rivestiti atti a fornire ulteriori informazioni sulle caratteristiche litologiche e geomeccaniche degli ammassi;
- Verifica della presenza e posizione di sorgenti e pozzi ricavati da censimenti pregressi ed integrazione di nuovi dati, attraverso rilevamento di terreno con misurazione diretta di parametri fisico-chimici (pH, conducibilità e temperatura) e di portata;
- Analisi di tutte le stratigrafie dei sondaggi pregressi per integrare i dati di superficie;
- Prelievo di campioni ed analisi chimiche eseguite sulle diverse litologie attraversate dal tracciato.

Inoltre, sono stati utilizzati i dati di campagne geognostiche e studi, realizzati nell'ambito del progetto di fattibilità e del progetto preliminare avanzato del Nodo di Genova, ed ovviamente tutti gli studi e le indagini appositamente realizzati per il presente progetto.

Relativamente alla possibile modificazione del regime dei punti d'acqua sono stati condotti studi idrogeologici specifici per la redazione del progetto preliminare avanzato e del progetto definitivo (Studio idrogeologico – rif. IDR-0301 e tavole allegate). La metodologia di lavoro adottata ha previsto le seguenti fasi di indagine:

- censimento dei dati idrogeologici disponibili presso gli enti di competenza e da letteratura tecnica;
- censimento dei punti d'acqua, rilievi in sito, indagini e misure idrogeologiche e idrochimiche;
- ricostruzione del modello generale di circolazione idrica sotterranea;

- valutazione qualitativa delle interferenze attese fra opere di progetto e acque sotterranee;
- analisi degli impatti sulla risorsa idrica sotterranea e superficiale;
- definizione delle risorse idriche alternative.

4.2 QUADRO CONOSCITIVO

4.2.1 Aspetti geologici generali: principali domini geologico-strutturali

Nell'area in oggetto è situato il contatto tra le estremità della catena alpina ad ovest e della catena appenninica settentrionale verso est. Tale zona, nota in letteratura come Zona Sestri-Voltaggio, separa il Gruppo di Voltri ad ovest dalle unità del Dominio dei Fliysch Appenninici ad Est. Queste Unità tettono-strutturali sono localmente ricoperte da depositi alluvionali quaternari (fondovalle dei torrenti Secca, Polcevera e Cerusa) e da discontinui lembi di sedimenti attribuibili alle successioni sedimentarie del Bacino Terziario Ligure-Piemontese, di cui le suddette unità costituiscono il basamento.

L'assetto strutturale si presenta articolato e complesso in quanto i tre grandi settori geologico-strutturali del Gruppo di Voltri, della Zona Sestri-Voltaggio e del Dominio dei Fliysch Appenninici, oltre a presentare una marcata deformazione a carattere duttile, sono strutturati in un sistema a falde generatesi durante eventi deformativi polibasici (cfr. **Figura 4-1**).

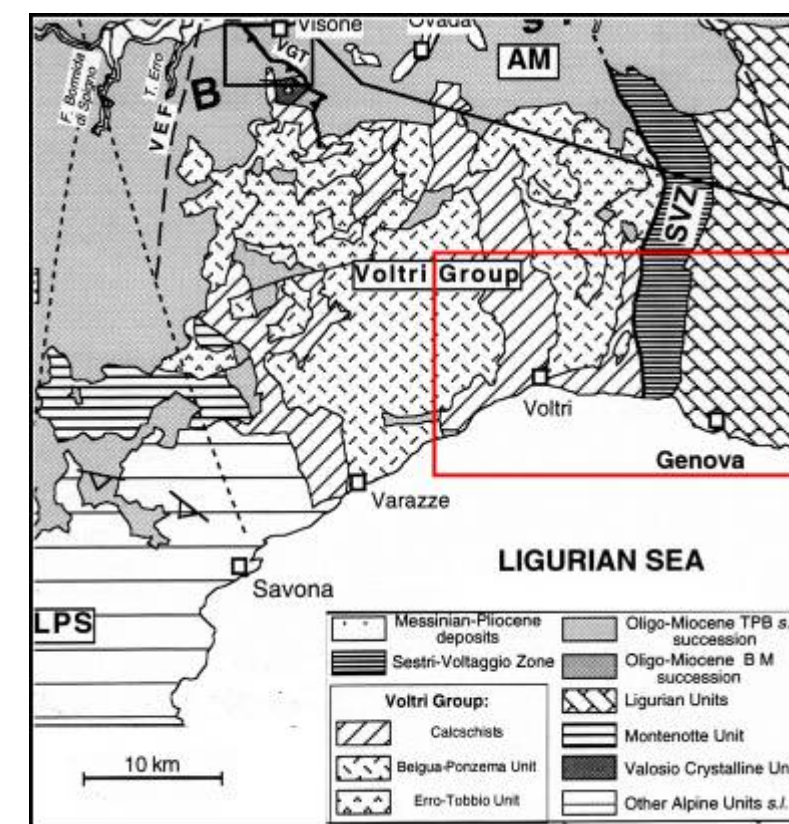


Figura 4-1 Schema geologico – strutturale (modificato da Piana F. et al – 1997)

Di seguito è riportato un sintetico inquadramento dei principali domini geologico-strutturali, mentre una dettagliata descrizione dei caratteri litostratigrafici e strutturali delle singole unità e formazioni sarà oggetto dei paragrafi seguenti.

Gruppo di Voltri

Il Gruppo di Voltri si estende ad Ovest della zona Sestri-Voltaggio. Esso è costituito da diverse unità riferibili ad originarie associazioni gabbro-peridotitiche, attualmente rappresentate da serpentiniti antigoritiche e metagabbri eclogitici (Unità Beigua, Ponzema, Unità S. Luca Colma), e da originarie associazioni di vulcaniti basaltiche e sequenze sedimentarie di tipo oceanico, attualmente rappresentate da prasiniti e calcescisti (Unità Voltri-Rossiglione, Alpicella, Ortiglieto, Palmaro-Caffarella) (Chiesa et al., 1975; Cortesogno & Haccard, 1984).

I terreni ascrivibili a queste unità appartengono a successioni oceaniche metamorfiche, riconducibili ad un numero ridotto di termini litologici: calcescisti, quarzoscisti, metagabbri, metabasalti, prasiniti e serpentiniti.

Le serpentiniti sono considerate derivanti dal materiale peridotitico del mantello terrestre superiore, i metagabbri derivanti dalle sequenze intrusive gabbriche (strato 3 della crosta oceanica), i metabasalti dai basalti dello strato 2 oceanico, mentre i calcescisti e le quarziti sarebbero gli equivalenti metamorfici delle coperture sedimentarie della crosta oceanica (strato 1). Recenti studi petrografico-strutturali (Federico et al, 2004) hanno proposto la distinzione tra l'Unità Tettonometamorfica Palmaro-Caffarella e l'Unità del Gruppo di Voltri, in quanto le caratteristiche petrografiche delle due unità indicherebbero una diversa evoluzione metamorfica.

Nel presente studio si è deciso, comunque, di mantenere unite le due unità sopra citate visto che le differenze (identificabili solo attraverso l'analisi in sezione sottile per identificare le paragenesi) non influiscono sulle analisi di tipo ambientale.

Per quanto concerne le età delle rocce appartenenti al Gruppo di Voltri, queste sono generalmente attribuite al Giurassico medio e superiore e/o al Cretaceo inferiore (età dei protoliti) (Vanossi et al., 1984; Cortesogno & Haccard, 1984; Marini, 1998).

Il Gruppo di Voltri ha subito una complessa storia deformativa e metamorfica nell'ambito della quale si sono ricostruiti cinque eventi plicativi sovrapposti.

L'andamento delle scistosità principali all'interno del Gruppo di Voltri (cfr. **Figura 4-2**) mostra una generale verticalizzazione nel settore orientale (ove si situa la zona di studio) che viene spiegata mediante una struttura est - vergente a scala chilometrica che coinvolge tutte le successioni presenti (Capponi, 1991) (Crispini, 1996).

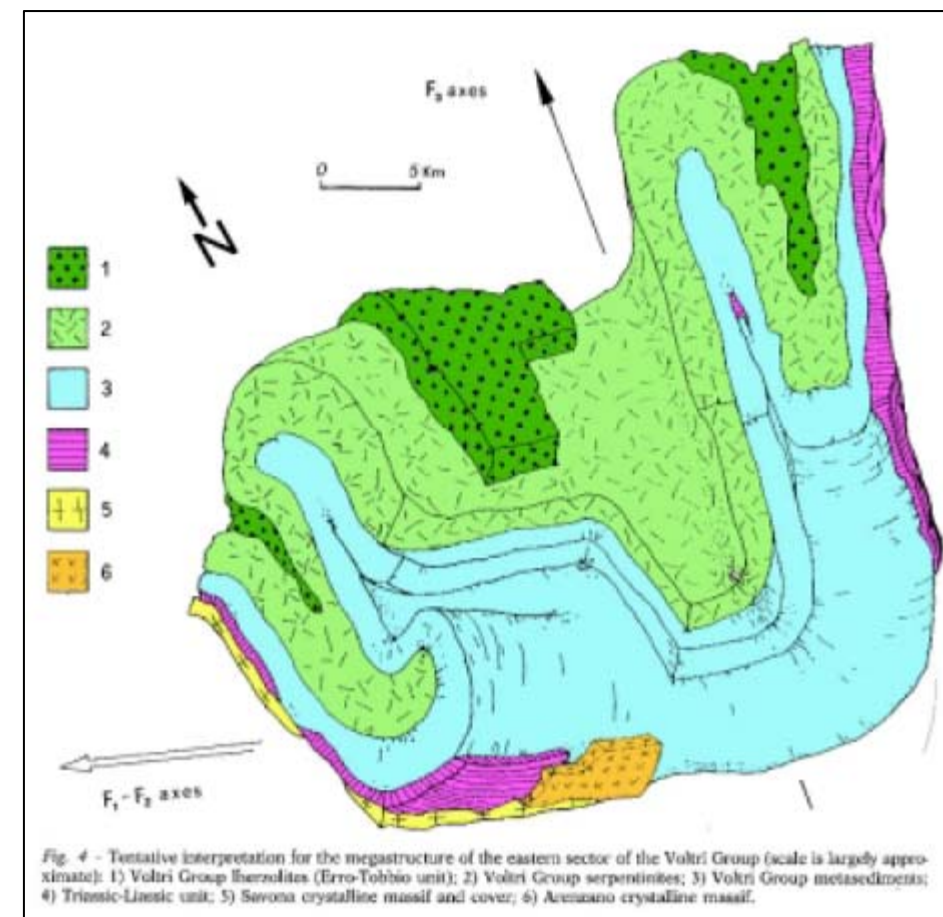


Figura 4-2 Modello strutturale di riferimento per le deformazioni duttili (da Capponi et al., 1991)

Zona Sestri-Voltaggio

La Zona Sestri-Voltaggio si presenta come una fascia allungata in senso Nord-Sud, compresa tra il Dominio dei Flysch appenninici ad Est e il Gruppo di Voltri ad Ovest (**Figura 4-3**). Il contatto con quest'ultimo è caratterizzato dalla "linea Sestri-Voltaggio", una superficie di faglia subverticale orientata indicativamente Nord-Sud, osservabile su circa 24 km, e con associate breccie cataclastiche, mentre il contatto con le Unità flyschoidi è principalmente di tipo duttile.

La Zona Sestri - Voltaggio è in realtà una fascia complessa dal punto di vista tettonico, costituita da tre differenti unità: Unità del M. Gazzo-Isoverde; Unità di Cravasco-Voltaggio; Unità del M. Figogna (Haccard, 1976, Marini, 1998).

L'Unità del M. Gazzo-Isoverde (Unità Triassico-Liassica di Haccard, 1976) è contraddistinta da prevalenti litotipi carbonatici e fillosilicatici di età variabile dal Trias superiore al Giurassico inferiore.

L'Unità di Cravasco-Voltaggio presenta gli elementi di una sequenza ofiolitica completa, i cui litotipi sono attribuiti ad età dal Giurassico superiore al Cretaceo inferiore. Le paragenesi metamorfiche indicano condizioni di pressione e temperatura proprie della facies scisti-blu.

L'Unità del M. Figogna (Unità Timone-Teiolo di Marini, 1984), giurassico superiore-cretacea inferiore, ha carattere ofiolitico ma a differenza dell'unità precedente è priva di termini gabbri e presenta coperture peculiari. Il metamorfismo è in facies pumpellyte-attinolite. La zona Sestri – Voltaggio comprende una fascia interpretata da tutti gli Autori come la sutura che mette a contatto il dominio alpino con quello appenninico. La sutura sarebbe stata carreggiata verso est durante le ultime fasi orogenetiche, in corrispondenza dell'inversione della vergenza alpina, mediante scorrimento lungo una superficie di scollamento crostale profonda. Alle fasi terminali dell'acme orogenetico si è sovrapposto il movimento rotatorio legato alla migrazione del blocco Sardo-Corso conseguente all'apertura dell'Oceano Ligure. Nella fascia di sutura si è manifestata una struttura complessa con componenti compressive e componenti trascorrenti destre sovrimposte in campo fragile.

anchimetamorfiche all'Unità Val Polcevera e da anchimetamorfiche a diagenetiche all'Unità Antola (Marini, 1998). L'Unità della Val Polcevera (Flysch di Busalla di Haccard, 1976), di supposta età cretacea superiore, è costituita da sequenze emipelagiche alternate a sequenze torbiditiche marnoso calcarenitiche o siltoso arenacee. L'Unità del M. Antola, cretacea superiore, è costituita da un complesso di base emipelagico e da una porzione superiore torbiditica marnoso- calcarenitica nota come "flysch a Helminthoïdes" (auct.). Il Dominio dei Flysch Appenninici è caratterizzato dalla presenza di unità tettoniche che coinvolgono unità bacinali argillitiche e flyschoidi; le scaglie sono separate da piani di sovrascorrimento a basso angolo immergenti verso E, con vergenza dei thrust verso O.

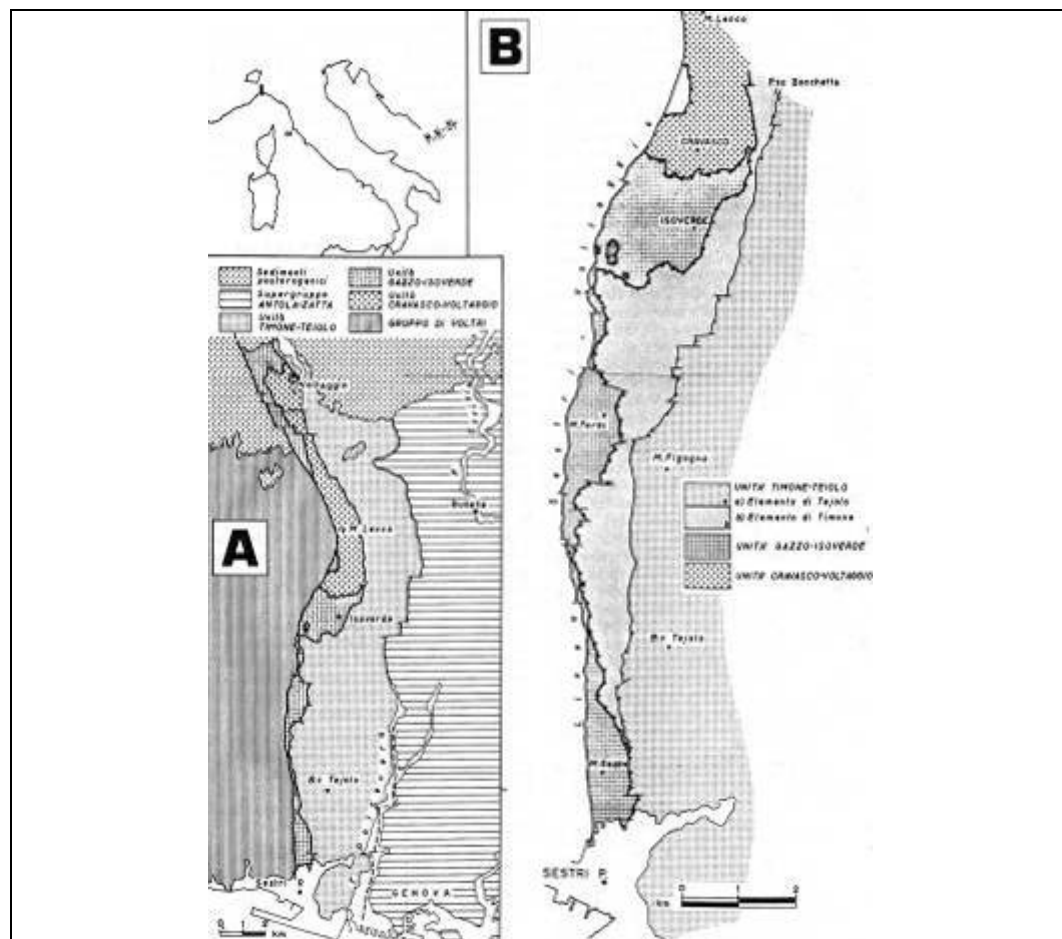


Figura 4-3 Schema strutturale della Zona Sestri – Voltaggio - da Marini (1984)

Dominio dei Flysch Appenninici

I Flysch Appenninici (Unità Liguri s.l. o flysch liguridi), affiorano immediatamente ad Est della Zona Sestri-Voltaggio e sono caratterizzate in prevalenza da sequenze terrigene di tipo torbiditico. Nell'area studiata si riconoscono due unità maggiori: l'Unità della Val Polcevera e quella del M. Antola (Marini, 1998). Studi sulla cristallinità dell'illite e sulla riflettanza della vitrinite hanno permesso di attribuire condizioni da epi- ad

Bacino terziario Ligure-Piemontese (BTLP)

Con il termine di "Bacino Terziario Ligure-Piemontese" viene indicato il complesso di sedimenti molassici terziari che costituiscono i rilievi collinari del settore sud orientale del Piemonte. Il margine meridionale del BTLP è costituito da una potente successione di rocce sedimentarie terrigene oligo-mioceniche relativamente poco deformate che riposa in discordanza su unità intensamente tettonizzate (le tre sopracitate macro-unità tettoniche), di pertinenza sia alpina che appenninica, che ne rappresentano il substrato (Ghibaudo et al., 1985).

Le diverse unità del BTLP sono contraddistinte da formazioni conglomeratiche, arenacee e marnose che hanno mediamente giacitura monoclinale debolmente inclinata con immersione verso Nord / Nord-Ovest. Alcuni settori sono interessati da una tettonica di tipo fragile con faglie subverticali dal rigetto anche pluridecametrico.

Localmente sono stati descritti sovrascorrimenti coinvolgenti le porzioni inferiori della successione (Piana et al. 1997).

La successione monoclinale costituente il margine meridionale del bacino è bruscamente troncata all'estremità orientale dalla linea Villalvernia-Varzi, che la pone in contatto con i terreni deformati di pertinenza appenninica.

Nell'area interessata dal progetto i termini attribuibili al BTLP sono rappresentati da ridotti lembi di sedimenti conglomeratici di probabile età oligocenica e pelitici pliocenici.

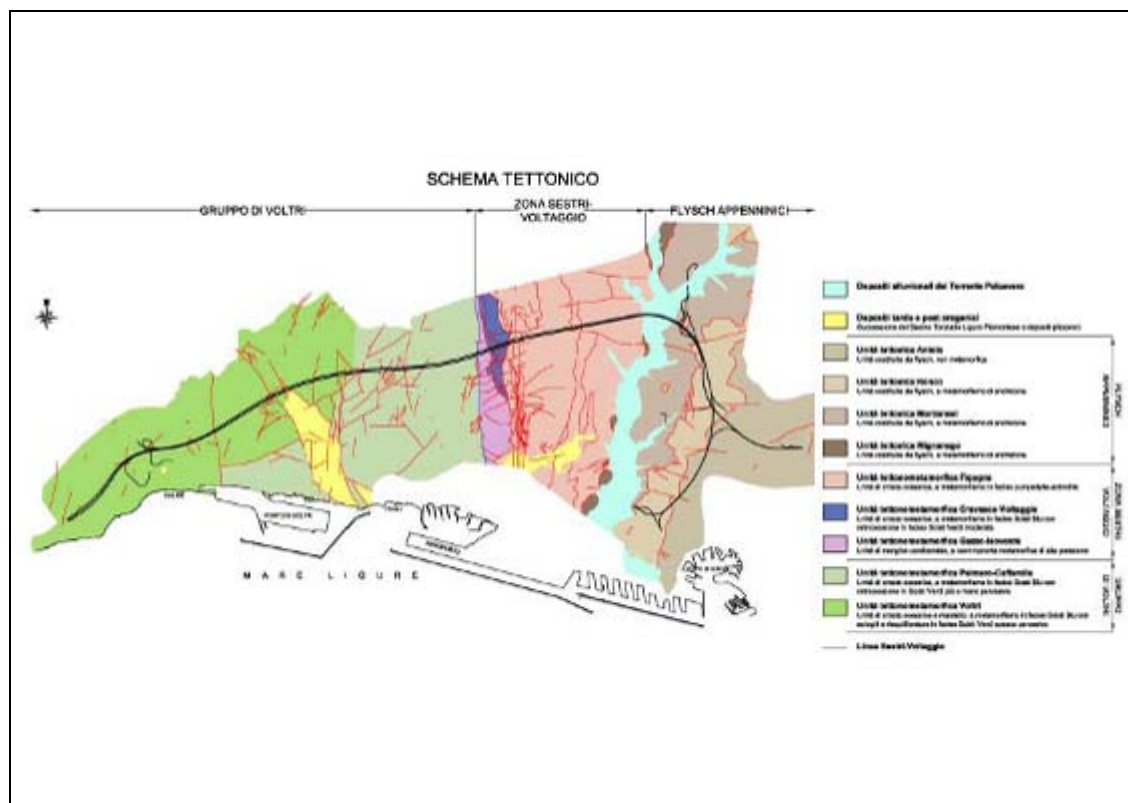


Figura 4-4 Schema tettonico dell'area di studio - da Progetto Carg modificato

4.2.2 Aspetti geologici generali: assetto litostratigrafico

Nelle pagine che seguono sono esposti i caratteri geologico stratigrafici delle diverse formazioni che compongono le principali unità tettoniche sopracitate.

In linea generale, nella descrizione delle varie unità viene seguito un criterio cronologico, partendo da quelle più antiche per terminare con quelle più recenti.

Le età riportate per le diverse formazioni sono quelle ipotizzate nella cartografia geologica del Progetto CARG.

4.2.2.1 Gruppo di Voltri

Il gruppo di Voltri costituisce un'unità molto estesa arealmente e suddivisa in numerose unità di rango inferiore.

Le successioni appartenenti a questo Gruppo sono riferibili al dominio piemontese -ligure ovvero ad un bacino oceanico.

La descrizione che segue è limitata alle sole unità orientali (Palmaro-Caffarella e Voltri), che vengono interessate dall'opera in progetto.

I rapporti fra le diverse unità si presentano strutturalmente complessi e non univocamente interpretabili.

UNITÀ TETTONOMETAMORFICHE VOLTRI E PALMARO-CAFFARELLA

Nel presente studio si è ritenuto opportuno accorpate le successioni delle unità tettonometamorfiche Voltri e Palmaro Caffarella, in quanto le loro litologie non possono essere distinte mediante osservazioni condotte ad occhio nudo, ma unicamente in

microscopia ottica mediante analisi delle associazioni mineralogiche (cartografia CARG); tale distinzione non è stata considerata utile per le analisi di tipo geologico – applicativo e di tipo ambientale.

Nella cartografia geologica sono stati distinti i litotipi in base alla loro composizione mineralogica, rilevabile in campagna, integrata da informazioni (riportate con apposito sovrassegno) relative ad elementi tessiturali e strutturali, che sono stati ritenuti propedeutici alla caratterizzazione geomeccanica degli ammassi.

Nelle unità in questione è stata riscontrata una variabilità nella percentuale affiorante rispetto a quella interessata da coperture detritiche ed a quella sub-affiorante: la porzione con la minor quantità di affioramenti si trova ad Ovest (zona dei calcescisti), mentre spostandosi verso Est e Nord la quantità e la qualità degli affioramenti tende ad aumentare (serpentiniti e peridotiti lherzolitiche).

Calcescisti - cs

Si tratta di sedimenti metamorfosati di varia composizione, rappresentati nell'area di studio da un'alternanza di calcescisti carbonatici s.s. (a) e di scisti quarzoso micacei (b). Data la continua variabilità delle percentuali dei minerali costituenti (quarzo, carbonati e miche), le intense deformazioni tettoniche che complicano ed obliterano i rapporti originari tra i due litotipi e la scarsità di affioramenti, si è scelto di distinguere i due litotipi nell'ambito della carta geologica unicamente a livello degli affioramenti, mentre per il sub-affiorante sono state unificate.

I calcescisti carbonatici sono di colore da marrone a grigio in frattura fresca e rossastri se alterati; gli scisti quarzoso micacei, invece, assumono delle tonalità più scure, con colorazioni solitamente da grigio chiare a grigio scure in frattura fresca e tonalità arancione - ocra in alterazione; sono caratterizzati da una scistosità marcata, legata a diverse generazioni di deformazioni e tendono a disgregarsi fino a generare spesse coltri di disfacimento.

I calcescisti s.s. sono maggiormente rappresentati nelle valli del Torrente Cerusa e del Torrente Leira, mentre i micascisti si trovano prevalentemente all'estremità occidentale dell'area (Val Vesima) e a quella orientale (Rio Molinasse).

Il settore più orientale dell'area presenta micascisti intensamente foliati e particolarmente alterati; questa caratteristica (evidenziata in carta da un apposito sovrassegno) potrebbe derivare dalla posizione strutturale della zona, che si colloca a ridosso della "linea Sestri - Voltaggio", oppure da una diversa composizione mineralogica originaria.

Le intense deformazioni subite dall'unità in ambiente profondo, hanno portato ad una trasposizione dell'originaria superficie stratigrafica rendendola non più differenziabili dalle altre superfici tettoniche. I calcescisti sono talora associati a bande trasposte di metabasiti (di spessore decimetrico) disposte parallelamente rispetto alla foliazione pervasiva principale.

Età: Giurassico sup. – Cretaceo sup.

Quarzoscisti - qs

Scisti quarzitici di colore chiaro (biancastro - verdastro), si presentano in lenti ed in scaglie di spessore decametrico. Al loro interno è possibile riconoscere pieghe e scistosità legate a diverse generazioni di deformazioni.

I Quarzoscisti si trovano esclusivamente sul versante tra il Rio Molinasse ed il Santuario della Madonna del Gazzo; essi assumono in carta una forma lenticolare di lunghezza pari a circa 1 km.

Età: Giurassico sup. – Cretaceo sup.

Metagabbri - mg

I metagabbri si presentano in affioramento come molto compatti, resistenti e formano lenti di qualche centinaio di metri, distribuite all'interno sia dei Calcescisti, sia delle Serpentiniti. Sono stati distinti in affioramento due categorie di metagabbri: un tipo preserva minerali di paragenesi eclogitica, mentre l'altro mostra una spiccata retrocessione metamorfica in facies scisti verdi.

Questi ammassi rocciosi si presentano molto compatti, anche se tendono ad alterarsi facilmente disgregandosi e sbriciolandosi fino a divenire un materiale di tipo sabbioso.

Età: Dogger – Malm

Metabasiti - mb

Si tratta di rocce derivate sia da originari basalti sia da gabbri, infatti nell'ambito degli affioramenti di metabasiti non è stato possibile riconoscere il protolito in maniera univoca; solo in alcuni frangenti sono stati distinti i metabasalti (b). Si presentano come rocce sia compatte che scistose, a grana fine e frequentemente con tessitura listata di spessore da millimetrico a centimetrico.

Età: Dogger – Malm

Serpentiniti - s

Serpentiniti e serpentinoscisti derivanti dal materiale peridotitico del mantello superiore, talvolta mantengono relitti della tessitura lherzolitica originaria. Si presentano di colore verde, da chiaro a scuro, in frattura fresca; quando alterate, invece, assumono colorazioni più arancione - rossicce, talvolta marroni.

Sulla carta geologica sono state distinte, mediante sovrassegni le seguenti tessiture (a cui corrispondono caratteristiche geomeccaniche differenti):

- serpentiniti a tessitura massiccia: presentano un aspetto generalmente compatto, le filiazioni sono presenti ma prevale l'aspetto massivo. Passano gradualmente a quelle a tessitura follata;
- serpentiniti a tessitura follata: rappresentano il tipo più diffuso, caratterizzate da clivaggi evidenti nei quali si riconoscono diverse generazioni di deformazioni.

Entrambe le tessiture sopracitate sono accomunate dalla coesione della roccia e dalla sua alta resistenza alle sollecitazioni meccaniche. Le Serpentiniti massicce e quelle follate affiorano con continuità nella porzione centro settentrionale dell'area di studio (Val Varena, Rio Condotti), mentre si distribuiscono come lenti trasposte, parallelamente rispetto alla foliazione principale nel settore occidentale (Val Vesima, Val Cerusa e Val Leira). La foliazione è prevalentemente marcata dall'isorientazione del serpentino e dei minerali accessori, come il talco e le fibre asbestoidi.

- serpentiniti a tessitura cataclastica fissile: sono state distinte nel settore più prossimo alla linea Sestri - Voltaggio e sono caratterizzate da un intenso grado di fratturazione e fissilità in campofragile, che da luogo a superfici di disgiunzione lisce, spesso di aspetto vetrificato. All'interno di tale unità sono riconoscibili porzioni di dimensioni da metriche a decametriche di serpentiniti più massicce che talora, in mancanza di affioramenti significativi, sono gli unici elementi morfologicamente evidenti;

- serpentiniti a tessitura brecciata sono state rinvenute in Val Branega: si tratta di brecce a clasti serpentinitici eterometrici con matrice solitamente ben cementata in affioramento ma le cui caratteristiche in profondità sono ancora da verificare.

Età: Dogger – Malm

Peridotiti lherzolitiche - LHP

Lherzoliti costituite da olivina, ortopirosseno e clinopirosseno, spinello e plagioclasio. Sono presenti nella zona centro settentrionale dell'area di studio e mostrano diversi gradi di serpentinizzazione passando gradualmente alle serpentiniti s.s. All'interno di questi litotipi sono stati riconosciuti dicchi di metagabbro. La distinzione tra peridotiti lherzolitiche e serpentiniti non è sempre di facile applicazione, poiché risulta talvolta difficile determinare il grado di serpentinizzazione registrato dalle peridotiti; con il termine Peridotiti lherzolitiche, quindi, si indicano quelle rocce in cui struttura e mineralogia originali sono ancora preservate (totalmente o in buona percentuale).

Età: Dogger – Malm

4.2.2.2 Zona Sestri-Voltaggio

Le successioni appartenenti a questo settore costituiscono la parte alta del versante in sinistra idrografica della Val Polcevera e comprendono l'Unità tettonometamorfica del Monte Gazzo, l'U.T. Cravasco-Voltaggio e l'U.T. del M. Cicogna, estremamente differenti per litologia e livello di metamorfismo.

Il livello del metamorfismo è progressivamente decrescente passando dalle unità carbonatiche triassiche alle serie ofiolitiche delle ultime due unità.

UNITÀ TETTO NOMETAMORFICA GAZZO-ISOVERDE

L'Unità Gazzo-Isoverde è costituita essenzialmente da un nucleo di dolomie di età norica (Dolomie del M. Gazzo), equivalenti alla Dolomia Principale del sud-alpino, al cui tetto sono conservati lembi delle unità bacinali a sedimentazione mista carbonatica / silicoclastica (Serie Gallaneto-Lencisa e Meta-argilliti di Bessega).

La successione è strutturata secondo una culminazione antiforale con andamento Nord-Sud, con pieghe ad asse orientato NNE-SSO ed è interessata da estesi sistemi di tettonica fragile legati alla trascorrenza della Linea Sestri - Voltaggio.

Metargilliti di Bessega – MGB

Metargilliti scistose grigio-scure e nere, più o meno siltose, in strati di spessore da centimetrico a decimetrico, con intercalazioni di calcari cristallini in strati da millimetrici a centimetrici. A tale unità sono state attribuite anche facies chiaramente scistose, a basso tenore in carbonati, organizzate in strati centimetrici talora filladici di colore bruno-grigiastro, che affiorano in modo discontinuo in sinistra idrografica della Val Bianchetta. Questi litotipi presentano giacitura sostanzialmente conforme alle sottostanti unità carbonatiche, con immersione verso i quadranti orientali. Le Metargilliti di Bessega sono interpretate come depositi bacinali distali disposti al tetto della successione Norica.

Età: Lias sup. – Dogger

Serie Gallaneto-Lencisa - sgl

Le Formazioni dei Calcari di Lencisa e dei Calcari di Gallaneto (Norico-Hettangiano) sono state cartografate congiuntamente poiché difficilmente distinguibili se non a valle di analisi

del contenuto paleontologico, inoltre risultano scarsamente affioranti nell'area d'interesse. Sono distribuite sul fianco nord - orientale e sul fianco meridionale dell'U.T. Gazzo - Isoverde.

Le descrizioni tipo delle due unità sono le seguenti:

- Calcari di Lencisa: metacalcri grigi, grigio-neri e nocciola, con liste e noduli di selce e intercalazioni di livelli metapelitici. La stratificazione, benché trasposta, è di solito riconoscibile e il clivaggio più o meno evidente nei diversi litotipi. Lo spessore degli strati varia da centimetrico a decimetrico.

Età: Sinemuriano-Pliensbachiano

- Calcari di Gallaneto: metacalcri grigi più o meno micacei, alternati a scisti pelitici e marnosi; verso l'alto stratigrafico si rinvengono calcari cristallini puri. La stratificazione è generalmente ben riconoscibile, mentre lo sviluppo del clivaggio è poco pervasivo. Lo spessore degli strati varia da decimetrico a metrico.

Età: Norico-Hettangiano

Nell'area rilevata, al disopra della Dolomia del M. Gazzo, si osservano metacalcri grigio chiari, di aspetto saccaroide, in strati da centimetrici a decimetrici, spesso con tracce di laminazione pianoparallela, intercalati ad orizzonti pelitici (scisti filladici) laminati, disturbati da clivaggio, in livelli di spessore da centimetrico a decimetrico. Il rapporto metacalcri/filladi è di circa 2,5 : 1. Verso l'alto passano a calcari grigio scuro in strati decimetrici, laminati, intercalati da banchi pelitici foliati; localmente si osservano calcari grigio scuro in strati centimetrici strettamente rinsaldati che danno luogo a bancate metriche, con fratture suture da silice microcristallina biancastra.

Dolomie del Monte Gazzo - MDG

Dolomie e calcari dolomitici, da grigio chiaro a nerastri, ricristallizzati, spesso saccaroidi. Lo spessore degli strati è variabile, anche se mediamente si osservano strati di spessore da 60 cm a 2 m, si registra comunque la presenza di banchi spessi circa 10 m, costituiti da strati decimetrici rinsaldati. Sono frequenti le intercalazioni di metapeliti e calcari marnosi giallastri. La stratificazione non è sempre facilmente riconoscibile anche a causa dei disturbi tettonici. Verso l'alto stratigrafico sono presenti filoni sedimentari e brecce intraformazionali ad intraclasti dolomitici scuri fino a nerastri. Raramente sono conservate strutture sedimentarie. Il top stratigrafico è costituito da dolomicriti nerastre e facies di breccia. La parte centrale dell'ammasso dolomitico è interessata da pieghe isoclinali che si evidenziano solo dalla composizione delle giaciture misurate, sempre molto ripide, con assi orientati NNE-SSO; sono individuati sistemi di faglie normali orientati NE-SO, faglie inverse NO-SE, faglie trascorrenti sinistre orientate ENE-OSO e sistemi di fratture orientati NE-SO e NO-SE. Il pattern strutturale fragile è coerente con un campo di stress legato a trascorrenza destra. I sistemi di fratture sono sede di frequenti fenomeni carsici, con condotte di dimensioni metriche impostate all'intersezione di fratture; sono concentrate nel settore centro-meridionale dell'ammasso. Il sistema carsico della Dolomia del Gazzo costituiva un eccellente acquifero, che ha subito un importante impatto dalla perforazione del tunnel ferroviario Borzoli diretto al porto di Voltri. Tuttavia sul versante della Val Chiaravagna le sorgenti sono ancora attive e significative.

Età: Carnico sup. - Norico

UNITÀ TETTONOMETAMORFICA CRAVASCO-VOLTAGGIO

L'U.T. Cravasco - Voltaggio affiora nell'area rilevata in una porzione ridotta, poiché si chiude lateralmente verso Sud tra l'U.T. Figogna e l'U.T. Gazzo - Isoverde. Le linee strutturali che delimitano l'unità a tetto e a letto si immergono verso ENE con una inclinazione convergente; in posizione intermedia tra i due si rileva il piano di sovrascorrimento che porta a contatto gli Scisti Filladici di Larvego con le Serpentiniti di Case Bardane.

Scisti filladici del Monte Larvego - LRV

Scisti filladici grigio verdastri fittamente laminati con spaziatura da millimetrica a centimetrica e superfici di aspetto sericitico untuose al tatto, che in alterazione prendono un color nocciola. Locali livelli di metasiltiti e metaareniti bruno scuro di spessore centimetrico e liste di silice microcristallina biancastra di spessore centimetrico. La laminazione descrive localmente pieghe con simmetria ad S. Le filladi sono caratterizzate da diverse generazioni di scistosità, con le fasce tettonizzate piuttosto ampie. Queste filladi sono riferite al Cretacico inferiore, analogamente alle unità della Val Polcevera, ma dal punto di vista mineralogico e tessiturale presentano un grado di metamorfismo più elevato.

Età: Cretacico inf.

Serpentiniti di Case Bardane - SPV

Serpentiniti a crisotilo e antigorite, frequentemente a relitti mineralogici e tessiturali di lherzolite, spesso cataclastiche. Si presentano scistos, e verdastre, intensamente laminate, con sviluppo di piani di clivaggio pervasivo a spaziatura millimetrica e superfici da lisce a lisce untuose al tatto. Presenza di pieghe strizzate ripiegate a S e di locali zone d'ammasso maggiormente competenti intensamente fratturate (facies di breccia serpentinitica). Nelle facies di breccia i lithons di forma amigdalare sono centimetrici (2-3 cm) a spigoli vivi e mostrano sviluppo di minerali asbestiformi sui piani di frattura; talora presentano superfici lucide, vetrificate, più raramente striate. Questo litosoma serpentinitico è caratterizzato al tetto dalla presenza di orizzonti brecciati a lithons amigdalari di spessore variabile da 60 cm a 2 metri separati da fasce sub-parallele di serpentinite cataclata e foliata con spessore da 10 cm a 2 m.

Allontanandosi dal limite superiore le fasce cataclate e foliate divengono più irregolari, si riducono e tendono ad assumere un pattern anastomizzato.

Età: Dogger - Malm

UNITÀ TETTONOMETAMORFICA FIGOGNA

Include le formazioni degli Argilloscisti di Murta, Argilloscisti di Costagiutta, Metabasalti del M. Figogna e Serpentiniti del Bric dei Corvi. Nel complesso l'unità viene interpretata come una serie ofiolitifera rovescia (fianco rovescio di una piega coricata) successivamente ripiegata a sinforme, in cui i contatti tra le singole unità sono ripresi nelle fasi recenti e costituiscono superfici di scollamento principali fino a thrusting vero e proprio all'interno dell'unità tettonometamorfica.

Argilloscisti di Murta - AGF

Alternanza di argilloscisti filladici grigio scuro e grigio argenteo, a patina sericitica, con intercalazioni di sottili straterelli calcarei di spessore centimetrico (1-2 cm), di metasiltiti e metaareniti fini di colore grigio chiaro, nocciola in alterazione, con laminazioni piano-

parallele localmente convolute. Gli strati hanno generalmente spessore da centimetrico a decimetrico; sono presenti orizzonti con strati fino a 30 centimetri di argilliti e metasiltiti. Il rapporto stratimetrico metaareniti / metapeliti è di 1: 2. Le superfici di strato su roccia fresca sono normalmente lucide, con veli di sericite talcosa al tatto; presentano talvolta tracce di scivolamento ed aspetto vetrificato (fenomeni di dinamometamorfismo).

Possono essere presenti noduli allungati e liste di quarzo microcristallino biancastro entro l'ammasso. I limiti con le Unità sopra e sottostanti sono di tipo tettonico. Al suo interno l'unità presenta giaciture vergenti ad Est, presso il limite con il Flysch di Mignanego; spostandosi verso Ovest le giaciture seguono l'andamento delle pieghe alla macroscale, ma sono raramente significative, poiché la stratificazione è disturbata da fitte sequenze di pieghe strizzate a piccolo raggio con assi orientati circa NNE-SSO.

L'unità mostra intensi fenomeni di alterazione, infatti l'orizzonte pedogenizzato può superare i 4 m di spessore, senza contare l'accumulo di detrito di versante. I processi pedogenetici conferiscono alle superfici sericitiche un tipico aspetto di color nocciola grigiastro chiaro.

Età: Cretacico inferiore.

Argilloscisti di Costagiutta - AGI

Alternanze di argilloscisti e di calcari cristallini, metapeliti scistose grigio-nerastre, più o meno siltose, metasiltiti e metaareniti in strati centimetrici, con intercalazioni di metacalcilutiti siltose più o meno marnose di colore grigio o grigio-bruno in strati e banchi, più frequenti alla base della sequenza.

Lo spessore degli strati è generalmente centimetrico, ma nella parte alta della sequenza si osserva stratificazione più irregolare con strati decimetrici ed interstrati pelitici foliati. Le giaciture individuate sono frequentemente la media di una stratificazione disturbata da serie di pieghe più o meno frammentate a scala metrica ed inferiore; la scistosità descrive pieghe ad S a medio raggio (20-30 cm) e pieghe strizzate a piccolo raggio (2-3 cm).

L'unità affiora diffusamente ad E della dorsale del M. Figogna e in misura minore sul lato occidentale della struttura, dove il limite tettonico inferiore è il contatto con le U.T. Gazzo e Cravasco-Voltaggio. Nel settore meridionale affiora soprattutto lungo il T. Chiaravagna ed è segnalata in scavi di fondazione e sondaggi.

Età: Cretacico inferiore

Metacalcari di Erzelli – ERZ (aggiunta)

Metacalcari con locali livelli arenacei e/o siltosi, presenti sia in lenti di spessore decimetrico ed ettometrico, intercalati negli argilloscisti di Costagiutta, e sia in corpi di dimensioni maggiori che bordano i metabasalti del M. Figogna.

La giacitura della scistosità e della stratificazione, pur con una certa variabilità locale, è prevalentemente sub-verticale

Età: Malm-Cretacico inferiore.

Metasedimenti silicei della Madonna della Guardia – MHF (aggiunta)

Metasedimenti silicei con locali intercalazioni argillose o calcarei e resti di radiolari.

Si presentano in lenti discontinue associate ai metabasalti del Monte Figogna, o frequentemente interposte fra queste e ed i meta calcari di Erzelli.

La giacitura della scistosità e della stratificazione, pur con una certa variabilità locale, è prevalentemente sub-verticale

Età: Malm

Metabasalti del Monte Figogna - MBF

Metabasalti massivi ed a cuscinetti, con orizzonti di brecce basaltiche a tessitura fluidale, più raramente in filoni massicci a tessitura doleritica. Localmente sono presenti metadioriti in filoni, di spessore da decimetrico a metrico, a tessitura granulare, con fenomeni di autoclastesi ai bordi. I metabasalti si presentano poco deformati; un accenno di scistosità è più evidente dove si osserva lo stiramento dei pillow, che raramente è accentuato. Il corpo basaltico è caratterizzato da una struttura grossolanamente sinforme, allungata con direzione N-S, intensamente fagliata sul lato occidentale; nelle parti centrali si osservano brecce basaltiche con matrice a tessitura fluidale pressoché non deformate, come evidenziato dalla vacuolarità primaria conservata. Presso la cresta sono osservabili facies ialoclastitiche vere e proprie. Più a S, nella cava di Borzoli ubicata nella parte bassa in asse alla struttura, sono presenti orizzonti di oficalce, interessati da campi di fratture tensionali suture da calcite.

Nel settore orientale e centrale l'ammasso presenta sempre un discreto livello di fratturazione e le fratture sono generalmente rinsaldate e prive di riempimento. Nel settore occidentale, interessato da faglie, si riscontrano frequentemente condizioni di maggiore fratturazione con presenza di riempimenti discontinui. In questo settore le facies a tessitura doleritica sono tuttavia marcatamente più massive, e si evidenziano lithons plurimetrici pressoché privi di fratture delineati da fasce a maggiore fratturazione con lithons decimetrici.

I metabasalti del M. Figogna sono interpretati come unità di fondale oceanico correlati all'espansione del bacino nel Giurassico superiore.

Età: Malm

Serpentiniti del Bric dei Corvi - SPF

Serpentiniti a crisotilo e lizardite, ad elevata scistosità con fenomeni di deformazione duttile evidenziati dallo sviluppo di pieghe strizzate e strutture di tipo fluidale attorno a nuclei rigidi di relitti lherzolitici (lithons).

Entro l'ammasso serpentinitico sono presenti metabasalti in filoni, incuneati lungo discontinuità strutturali spesso riprese dalle fasi tettoniche fragili successive. Le Serpentiniti del Bric dei Corvi sono distribuite sul fianco occidentale del M. Figogna, suddivise in più corpi stretti ed allungati in senso N-S, interpretati come duplex transpressivi e separati da piani di faglia immergenti verso E. In generale le condizioni di fratturazione sono molto intense, fino ad arrivare a vere e proprie fasce di spessore fino a 60 m cataclase e foliate, con le superfici dei piani di clivaggio lucidate a specchio, inglobanti al loro interno blocchi con diametro da 3 a 15 m di relitti lherzolitici estremamente compatti, di forma subarrotondata e con superfici lucidate (vetrificate). I lineamenti tettonici principali sono associati a fasce di milonisi. Nelle facies cataclastiche ove presenti fratture tensionali non è rara la presenza di minerali asbestoidi, solitamente con fibre lunghe 3-4 cm.

Età: Dogger - Malm

DOMINIO DEI FLYSCH APPENNINICI

Il Dominio dei Flysch Appenninici (Unità Liguri s.l. o flysch liguridi) interessa la Val Polcevera e comprende una serie di Unità Tettoniche (U.T. Mignanego, U.T. Montanesi, U.T. Ronco, U.T. Antola) assai omogenee dal punto di vista litologico, con un grado di metamorfismo progressivamente decrescente procedendo da ovest verso est; le unità in

sinistra idrografica del T. Polcevera possono essere considerate non metamorfiche. Queste unità si presentano impilate con vergenza da est verso ovest, occupando grossomodo fasce allungate in senso N-S lungo la valle.

UNITÀ TETTONICA MIGNANEGO

Include la sola Formazione di Mignanego, che affiora in lembi discontinui in destra idrografica del Torrente Polcevera. Il limite superiore (con la Formazione di Montanesi) è eroso e in parte coperto dalle alluvioni di fondovalle; il limite inferiore, con gli argilloscisti di Murta, è localmente visibile e si presenta come un contatto tettonico distribuito su più superfici di frizione entro le argilliti.

Formazione di Mignanego - MIG

La formazione del Flysch di Mignanego è costituita da alternanze di arenarie calcaree grigio chiaro, nocciola in alterazione, a grana da media a medio - fine con laminazione da piano-parallela a convoluta (sequenze di Bouma), in strati da centimetrici a decimetrici, e di siltiti grigio nerastre sottilmente laminate in livelli decimetrici. Gli orizzonti arenacei conservano tracce di figure di erosione alla base.

Presenza di pieghe a piccolo raggio con asse parallelo ai piani di clivaggio. Il rapporto arenarie/siltiti è pari a 1:2.

Sono affioranti prevalentemente in sinistra idrografica della Val Polcevera e non impegnano direttamente l'asse in progetto; nella parte a quota più elevata si osservano soprattutto pieghe asimmetriche a vergenza occidentale, a scala decimetrica, che fanno ipotizzare il proseguimento dello stile strutturale individuato anche in sinistra idrografica della Val Polcevera.

Età: Cretacico sup.

UNITÀ TETTONICA MONTANESI

Include la sola Formazione di Montanesi, affiorante in Val Polcevera in sinistra idrografica, a partire dal fondovalle fino al contatto tettonico con l'Unità Tettonica Ronco. Il limite superiore non è mai direttamente osservabile ma si assiste ad un progressivo incremento del livello di disturbo tettonico (scompaginazione degli strati e clastesi).

Argilliti di Montanesi - MTE

Argilliti e argilliti siltose fittamente laminate di colore da grigio nerastro a nero, solo raramente policrome, nocciola in alterazione, con superfici di laminazione planari da lisce a molto lisce, leggermente alterate con patine argillose, localmente riempite, con sporadiche intercalazioni di arenarie quarzose fini laminate, grigie, nocciola in alterazione, in straterelli da millimetrici a decimetrici. Il rapporto arenaria/pelite è mediamente pari a 1:10. Sono presenti numerose vene di quarzo di spessore centimetrino.

Le superfici di laminazione risultano lisce, con ossidazione superficiale e sviluppo di patine limoso - argillose.

La stratificazione raramente appare poco disturbata, e dove questo si verifica le giaciture sono vergenti mediamente verso E. Localmente si osserva una pseudo stratificazione indotta da pieghe isoclinali strizzate a piccolo raggio con interruzione della continuità degli strati arenacei, sempre con immersione verso i quadranti orientali e vergenza mediamente verso O; tali strutture potrebbero essere indotte da fenomeni di trascinarsi legati a piani di thrust subparalleli alla stratificazione. La foliazione suddivide l'ammasso in lithon di

aspetto scaglioso, che sono interessati da fenomeni di pedogenesi fino a 5-6 m di profondità.

Età: Cretacico inferiore.

UNITÀ TETTONICA RONCO

Include la sola Formazione di Ronco. Il litosoma, delimitato da contatti tettonici (thrust) a tetto ed a letto, ha geometria complessivamente tabulare con immersione verso E. Le giaciture, mediamente orientate verso E, paiono maggiormente disturbate nella fascia centrale. Si evidenziano pieghe di ampiezza compresa tra decine e centinaia di metri, con assi orientati grossomodo NE-SO e orizzonti fortemente disturbati da pieghe metriche e decimetriche. Oltre alle pieghe ad ampio raggio, si osservano in vicinanza di faglie e del thrust dell'Unità Antola pieghe strizzate, generalmente con nucleo siltitico od argillitico.

Formazione di Ronco - ROC

Torbiditi costituite da areniti fini grigiastre, a laminazione piano-parallela, localmente convoluta, siltiti marnose e argilliti, in strati da centimetrici a decimetrici con interstrati siltitici di spessore da millimetrico a centimetrico. Verso il tetto sono presenti strati di 70-80 cm di spessore. La stratificazione è sempre piano-parallela a scala dell'affioramento.

L'unità non presenta tracce significative di metamorfismo ed il contenuto paleontologico è limitato a nannoplancton calcareo (mal conservato), che fornisce indizi di età compresa tra il Santoniano superiore e il Campaniano inferiore. A causa delle estese coperture la Formazione di Ronco affiora diffusamente ma per piccole estensioni. I disturbi sono maggiori nella porzione medio - bassa dell'unità, dove il rapporto tra gli stati arenitici e le intercalazioni pelitiche può oscillare tra 1:1 ed 1:2. Nella parte medio - alta della formazione, caratterizzata da strati decisamente più massicci con interstrati pelitici sottili, i disturbi sono meno evidenti e la clastesi è concentrata in fasce più ristrette.

Questa unità impegna gran parte del tracciato in progetto in sinistra idrografica della Valle Polcevera.

Età: Santoniano sup. – Campaniano inf.

UNITÀ TETTONICA ANTOLA

L'Unità di Antola si trova al tetto dell'edificio a falde affiorante nell'area in esame ed è interpretata come espressione del bacino oceanico ligure - piemontese e della sua transizione al margine continentale della placca Adria. La corrispondenza di sequenza e di intervalli biostratigrafici documentati consente di correlare l'unità a quella del Flysch ad elmintoidi (Unità di M.Cassio), affiorante nell'Appennino settentrionale esterno, suggerendo che l'unità del M. Antola sia collocabile tra le successioni flyschoidi del bacino ligure esterno. Questa correlazione implica che per raggiungere l'attuale livello strutturale al tetto della catena nord-appenninica l'Unità di Antola deve aver subito una antica fase tettonica Europa - vergente.

Nell'area rilevata l'Unità di Antola è presente con una formazione del complesso basale (Argillite di Montoggio) e con i depositi torbiditici carbonatici intermedi che costituiscono la Formazione di Antola s.s. Le giaciture sono mediamente vergenti verso i quadranti orientali, più ripide nel settore meridionale rilevato (30°-70°) e meno inclinate da Fregoso verso N (10°-30°).

Formazione del Monte Antola - FAN

Sequenze di torbiditi carbonatiche, in prevalenza calcareo - marnose, talvolta siltose, con orizzonti fini prevalentemente marnosi: calcareniti e calcareniti marnose grigio chiare, biancastre in alterazione, marne e marne calcaree in strati planari, da decimetrici fino a plurimetrici, intercalati da strati marnosi e siltitici ed in misura minore argillitici, in strati da centimetrici a decimetrici. Rapporto calcareniti/siltiti 13:1.

Negli orizzonti calcareo - marnosi più massivi il disturbo tettonico rende di difficile lettura la stratificazione, usualmente ben evidente. Il comportamento rigido degli orizzonti calcarei è manifesto nelle aree di cerniera, dove sono frequenti fratture radiali, quasi sempre sature da calcite. Gli orizzonti calcarei basali immediatamente soprastanti alla Formazione delle Argillite di Montoggio, sono estremamente competenti e mostrano buon rilievo morfologico (ad esempio tra Fregoso e Begato, alta Val Torbella), poiché le pareti sono ringiovanite da crolli innescati dalla presenza di un substrato tendenzialmente plastico (Argillite di Montoggio). Le falde di detrito generate in queste condizioni possono superare lo spessore verticale di 25 m.

Età: Campaniano sup.

Argillite di Montoggio - MGG

Argilloscisti da grigio argenteo a grigio nerastro, privi di carbonati, in strati da centimetrici a decimetrici, con intercalazioni di arenarie fini e arenarie fini calcaree torbiditiche, in strati planari da centimetrici a decimetrici, talora debolmente rinsaldati; al tetto sono dominanti orizzonti di argilliti policrome laminate.

Questa unità è presente in modo discontinuo ma diffuso alla base della Formazione di Antola, e costituisce corpi lenticolari rimasti legati all'anging wall del sovrascorrimento della Formazione di Antola sulle unità sottostanti. Il thrust basale si presenta con una inclinazione a basso angolo verso i quadranti orientali che tende a verticalizzarsi verso S. L'Argillite di Montoggio ha costituito l'orizzonte di scollamento per l'unità soprastante; per questo motivo gli affioramenti oltre che essere discontinui si presentano fortemente tettonizzati. Le argilliti sono attraversate da numerose famiglie di fratture che delineano lithons molto allungati e gli intervalli silicoclastici sono frammentati con scarsa continuità (area S.Benigno).

Verso N si osservano intercalazioni di livelletti arenacei con sottili interstrati pelitici non eccessivamente deformati. È comunque sempre evidente una certa discordanza angolare tra le due formazioni.

Età: Campaniano

4.2.2.3 Depositi Tardo e Post-Orogenici del Bacino Terziario Ligure Piemontese

Argille di Ortovero – ORV

Argille marnose, limi e sabbie fini, di colore da grigio cinereo a grigio-azzurro, oppure giallastro, disposte in strati da centimetrici a decimetrici. Al contatto con il substrato lapideo è sempre presente un orizzonte basale di 2-5 m di spessore contenente ciottoli e blocchi, talora spigolosi, derivati dai versanti soprastanti; in corrispondenza degli sbocchi vallivi questi depositi basali grossolani aumentano significativamente di spessore, costituendo veri e propri coni di deiezione entro il bacino.

La geometria dei depositi segue l'andamento del substrato, colmando depressioni strutturali subparallele alla linea di costa e guidate da lineamenti ENE-OSO. Gli

affioramenti sono assai ridotti, ma l'estensione, ipotizzata su base morfologica e sulle caratteristiche dei suoli, è stata localmente verificata con i dati geognostici.

Età: Zancleano inferiore.

Brecce di Costa Cravara – CRA

Le Brecce conglomeratiche si collocano lungo una fascia di circa 800 m disposta circa NO-SE e delimitata prevalentemente da faglie.

Le brecce si presentano sia monogeniche sia poligeniche, composte generalmente da clasti mal selezionati, di dimensioni da millimetriche a metriche, con forma da squadrata a sub-arrotondata a bordi spigolosi, derivanti dalle unità che costituiscono il basamento. Il supporto è principalmente clastico, con matrice, che varia tra il 10% e il 40%, composta in prevalenza da materiale arenaceo e in minor misura da cemento calcitico. La disposizione dei clasti è disomogenea e non sono presenti strutture; localmente sono riconoscibili su scala metrica dei blandi lineamenti di clasti.

Età: Eocene sup. – Oligocene inf.

4.2.2.4 Depositi Quaternari

L'area rilevata presenta caratteristiche differenti a seconda delle litologie che costituiscono il substrato. Non essendo mai stata soggetta a glaciazioni, i meccanismi evolutivi predominanti sono guidati dalla pedogenesi, dalla gravità e dalle acque superficiali.

Nella Carta Geologica i depositi quaternari sono distinti solo per resinatura e colore e non hanno una sigla identificativa.

Depositi di versante

Hanno caratteri differenti a seconda della litologia del substrato:

- in generale metabasalti, lherzoliti e serpentiniti sono caratterizzati da coltri di detrito di versante di spessore esiguo, con affioramenti frequenti e di buon rilievo morfologico;
- serpentiniti tettonizzate, calcescisti e metagabbri sono invece marcatamente soggetti ai fenomeni pedogenetici; spesso in affioramento si osserva l'orizzonte C del suolo - denudato dall'erosione - in cui si riconoscono ancora i principali aspetti tessiturali (foliazione, pieghe) e il litotipo è argillificato. In queste condizioni sulle parti basse dei versanti si accumulano depositi medio - fini con spessori anche superiori ai 3-4 m;
- i litotipi argillitici e flyschoidi della Val Polcevera sono anch'essi molto sensibili alla pedogenesi ed in tutta l'area l'orizzonte di decarbonatazione si spinge fino a 3-4 m di profondità entro il substrato ad eccezione delle aree di cresta, maggiormente soggette all'erosione, dove è possibile individuare affioramenti più estesi; la parte bassa dei versanti presenta coperture di detrito di versante (tipicamente un diamicton a supporto di matrice limoso - sabbioso - argillosa) che superano generalmente i 3 m di spessore;
- nel settore più orientale la Formazione di Antola è sorgente di ampie falde detritiche a blocchi, conseguenti alle caratteristiche litologiche di questa formazione. In questo settore sono stati individuati probabili livelli di fondovalle fossili con spessori di detrito di versante, proveniente dalla Formazione di Ronco e dalla soprastante Formazione di Antola, superiori ai 20 metri.

Questi depositi sono sicuramente pre-quaternari, ascrivibili ipoteticamente al Pliocene in base a considerazioni di tipo geometrico.

In alcuni versanti interni, come in alta Val Cassinelle, si osservano depositi di versante spessi alcuni metri costituiti da ghiaie a clasti spigolosi moderatamente selezionati, supporto clastico e scarsa matrice sabbiosa: si tratta di depositi tipo greze litées, tipici di ambiente freddo e secco, legati con buona probabilità all'ultima fase di deterioramento climatico.

Accumuli di frana

Nell'area rilevata è stato individuati un numero relativamente esiguo di depositi di frana. Il più vasto ed evidente, ubicato di fronte a Begato, è legato ad una riattivazione di un movimento franoso all'interno di depositi di frana più antichi, costituiti essenzialmente da blocchi di Formazione di Antola con matrice limoso - argillosa con sabbia.

Sulle successioni flyschoidi della Val Polcevera i depositi di frana sono generalmente impostati nei depositi di versante a granulometria più fine. Si attivano come colate, ma perdono rapidamente evidenza morfologica a causa della densa vegetazione.

Anche sulla dorsale del M. Figogna modesti corpi franosi interessano il detrito di versante, solitamente ciottoloso con scarsa matrice limoso sabbiosa.

Deposit di frana di dimensioni decisamente più consistenti si sviluppano invece sulle facies serpentinitiche brecciate del Gruppo di Voltri.

Deposit alluvionali

Sono costituiti principalmente da ghiaie medie e grossolane a matrice sabbiosa e da ghiaie e sabbie limose.

I torrenti minori dell'area, sia tributari del Polcevera (che è il principale corso d'acqua dell'area e quello in cui i depositi alluvionali sono più sviluppati), sia sfocianti direttamente in mare, presentano sempre materassi alluvionali costituiti da ghiaie sabbiose, il loro spessore appare inferiore a 1 m nelle aste montane e si incrementa rapidamente allo sbocco della stretta fascia costiera.

Nei corsi d'acqua che sfociano direttamente in mare sono talora presenti lembi di depositi alluvionali ghiaiosi e sabbiosi cementati, con spessore fino ad 1-1,5 m, e nuovamente erosi fino al substrato roccioso. Si tratta di depositi di entità ridotta che hanno riempito i corsi d'acqua già delineati come gli attuali. Il livello di cementazione della matrice è buono e la consistenza è semilapidea. Poiché le fasi di cementazione dei depositi continentali sono solitamente associate a climi caldi, è verosimile che questi depositi si siano cementati durante l'ultima fase di optimum climatico anteriore all'ultimo evento glaciale. Questi depositi non sono stati cartografati perché di entità ridotta e ininfluenti dal punto di vista progettuale.

La Val Polcevera è occupata in buona parte da depositi alluvionali grossolani, con spessori che variano da pochi metri fino a decine di metri di profondità. I dati dei sondaggi mettono in evidenza anche settori con matrice a forte componente limosa e subordinatamente argillosa. Verso lo sbocco a mare tali livelli raggiungono un notevole spessore (pluridecametrici) ed isolano la falda superficiale da quella più profonda, quest'ultima è sede dell'acquifero captato dal campo pozzi di Campi.

Considerando i dati derivanti dai sondaggi (es. SPO4 e pozzi Torbella) non sembra esserci continuità all'interno di tali depositi, sia in senso trasversale, che longitudinale.

Lo spessore dei depositi alluvionali (Pliocene inferiore) è irregolare poiché suturano una superficie erosiva che, nella zona interessata dal progetto, raggiunge i -30÷-35 m rispetto all'attuale livello marino.

Deposit di spiaggia attuali

Sono formati da sabbie prevalenti verso mare e ghiaie nella zona più vicina alla costa, interdigitati con i depositi alluvionali descritti nell'ambito del precedente paragrafo.

Deposit marini terrazzati

Caratterizzano il terrazzo su cui è posizionato il casello di Voltri. Sono costituiti da ghiaie e sabbie con una coltre eluvio-colluviale di spessore variabile. L'estensione di questo deposito è difficilmente ricostruibile a causa dell'elevata antropizzazione dell'area. Dai sondaggi risultano di spessore massimo 10÷15 m.

4.2.3 Aspetti geologici inerenti la presenza di ammassi amiantiferi

4.2.3.1 Schema geologico-strutturale applicato al reperimento e riconoscimento di ammassi amiantiferi

Il Polcevera, oltre a costituire la maggiore incisione del tracciato, caratterizzata quindi dalla realizzazione del viadotto Genova, rappresenta lo spartiacque geologico tra i terreni potenzialmente amiantiferi della sua sponda dx e quelli non amiantiferi del lato sx, con forti implicazioni sulla scelte tecnologiche degli scavi in sotterraneo, e con determinanti influenze quali-quantitative sulle attività di ricerca e di studio.

In riferimento a quanto scritto nel par. 4.2.1, qui di seguito verrà offerta una visione complessiva semplificata, in pianta, della geologia del tracciato, nella tratta compresa tra la zona di Voltri e la Val Polcevera, con il fine di rintracciare la presenza di eventuali ammassi amiantiferi.

Dall'esame della bibliografia geologica e delle normative della Regione Liguria (D.G.R. 859/2008), risulta nota infatti la presenza di minerali di amianto all'interno di alcuni litotipi che interessano il tratto di progetto tra il Polcevera e Vesima. Al fine di acquisire maggiori informazioni circa la presenza di amianto all'interno delle litologie segnalate come a rischio, si è proceduto (come sul tracciato del 2008 così sul tracciato individuato dal dibattito pubblico ed oggetto del presente progetto) all'esecuzione di studi specialistici suddivisi in due fasi:

1. Fase preliminare: definizione degli ambiti geologico-strutturali favorevoli alla presenza di amianto, oltre che di definire le tipologie di minerali asbestoidi presenti .
2. Fase di approfondimento: eseguita fase di approfondimento con la definizione quali - quantitativa delle fibre di amianto presenti lungo il tracciato della Gronda.

Sull'importante aspetto dell'amianto, si rimanda agli approfondimenti tecnico-scientifici, alle relazioni geologiche (GEO001, GEO170 e GEO179) e alle linee guida di gestione dello smarino (APG0004), eseguiti appositamente per il progetto del nodo stradale genovese, con il supporto di centri di eccellenza universitari.

La campionatura è stata condotta con due obiettivi distinti:

- a) la caratterizzazione petrografica dei diversi litotipi presenti;
- b) il campionamento delle facies petrografiche, o "petrofacies", ritenute potenzialmente ricche in minerali fibrosi (crisotilo e/o tremolite) in base all'esame visivo del campione a mano, oppure dove, secondo le osservazioni effettuate, era fortemente probabile trovare fibre a scala microscopica.

I campioni raccolti ed analizzati riguardano:

- 44 campioni di superficie prelevati nelle aree di nuovo rilevamento (29 per caratterizzazione litologica e 15 per determinazione del contenuto in amianto);
- 14 campioni di superficie prelevati nell'area di validazione del rilevamento e dello studio amianto eseguiti per il Progetto Preliminare, di cui 7 analizzati per determinazione del contenuto in amianto;
- 12 campioni da sondaggio (campagna 2010-2011) prelevati nelle aree di nuovo rilevamento, di cui 2 analizzati per determinazione del contenuto in amianto;
- 53 campioni da sondaggio (campagna 2010-2011) prelevati nell'area di validazione del Progetto Preliminare, di cui 22 analizzati per determinazione del contenuto in amianto.

Sono stati considerati inoltre campioni analizzati per il PPA, utilizzando per valutazioni specifiche solo quelli in asse con il tracciato compresi in una fascia di ca. 1 km per parte (44 provenienti dai sondaggi geognostici e 18 da affioramenti).

Gli accurati studi petrografici condotti hanno confermato che alcune zone del tracciato sono incompatibili con la presenza di rocce contenenti minerali fibrosi e di conseguenza possono essere considerate con totale sicurezza a rischio amianto nullo (ad esempio metabasalti e metasedimenti come calcari, argilloscisti e metapeliti). Per quanto riguarda invece le rocce amiantifere, è stata effettuata una riclassificazione dei litotipi, con la definizione di alcune classi petrografiche a rischio amianto crescente (facies petro-strutturali), distinte utilizzando frequenza e distribuzione delle vene e tipo di minerale fibroso presente. Le analisi mineralogico-petrografiche hanno permesso inoltre di stimare il contenuto in fibre nelle diverse facies petro-strutturali. Queste stime, riportate sulle tratte omogenee delle sezioni geologiche, hanno consentito di definire una zonazione del tracciato di progetto relativa al contenuto di amianto, con i relativi margini di incertezza, dovuti sia al grado di affidabilità delle previsioni geologiche generali (posizione e tipologia dei corpi geologici), sia alle problematiche connesse alla densità e distribuzione areale. Si rimanda alle tavole MAM-I-QAMB-SUO-002_007.

Nella figura che segue viene proposto uno schema raffigurante i principali domini strutturali descritti.

Tali domini, che caratterizzano il quadro geologico dell'area interessata dal progetto, sono parzialmente riferibili alle unità tettonometamorfiche della letteratura.

L'area d'interesse è stata suddivisa in sette domini strutturali principali che presentano caratteristiche distinte; in base alla loro strutturazione (geometria) interna, al grado di deformazione e ai litotipi che li costituiscono, essi possono essere ulteriormente suddivisi in zone dove la tettonizzazione è così intensa da costituire l'elemento maggiormente caratterizzante (zone di deformazione).

I limiti dei domini strutturali talora corrispondono a macrostrutture individuali quali ad esempio faglie o zone di taglio note, oppure a zone attraverso le quali si realizzano significativi cambiamenti litologici e/o geometrici.

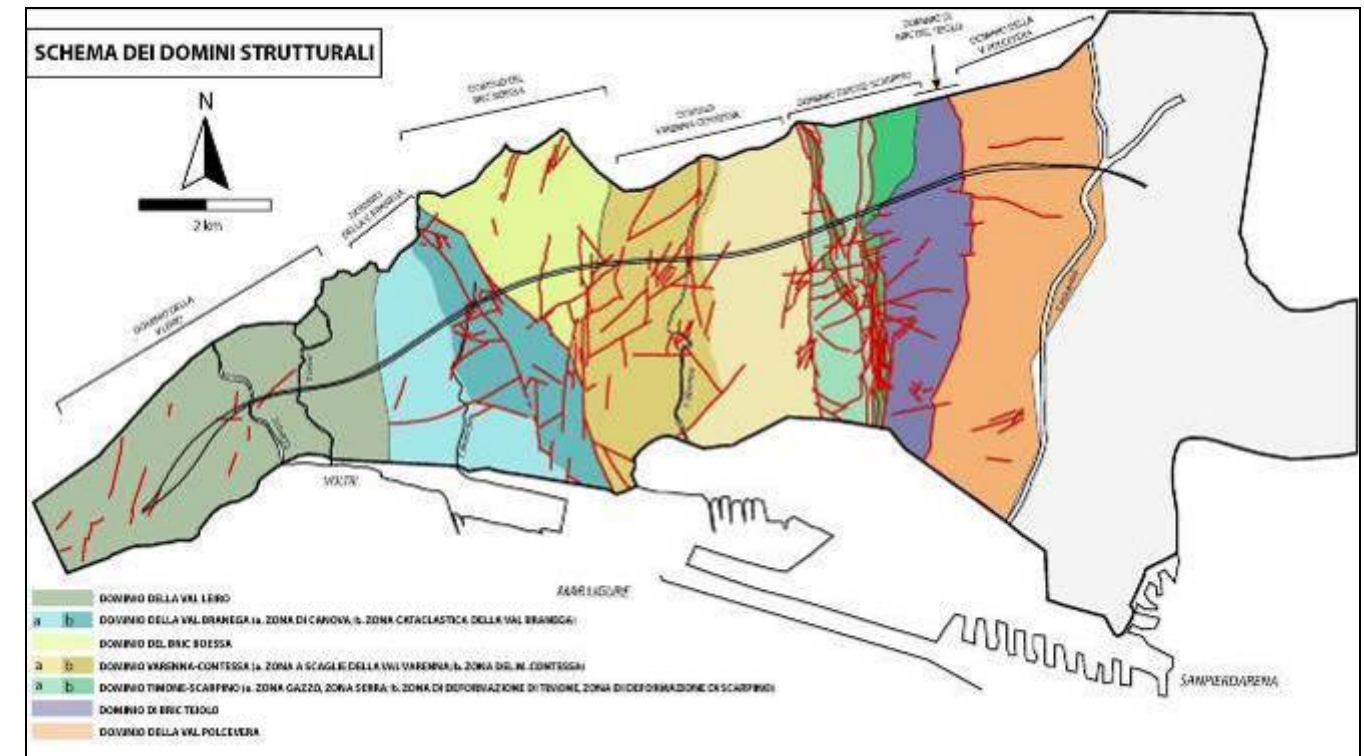


Figura 4-5 Schema dei domini strutturali dell'area di studio con indicazione del tracciato autostradale

I domini strutturali definiti sono i seguenti:

- Dominio della Val Leiro.
- Dominio della Val Branega (comprendente la zona di Canova e la zona cataclastica della Val Branega).
- Dominio del Bric Boessa.
- Dominio Varenna-Contessa (comprendente la Zona a scaglie della Val Varenna e la Zona del M. Contessa).
- Dominio Timone-Scarpino (comprendente le zone Gazzo e Serra e le zone di deformazione di Timone e di Scarpino).
- Dominio del Bric Teiolo.
- Dominio della Val Polcevera.

Tale distinzione di domini permette quindi di suddividere l'area di studio in settori distinti nei quali, in funzione della diversa costituzione e omogeneità interna, le previsioni geologiche e relative al rischio amianto hanno affidabilità diversa e necessitano quindi di approcci differenziati e di diverse quantità di informazioni geognostiche. Sulla base di questa distinzione si potrà quindi ricavare un parametro per valutare la concentrazione di minerali fibrosi.

4.2.3.2 Sintesi degli aspetti petrografici dei singoli domini strutturali

Dominio della Val Leira

Per quanto riguarda il contenuto di amianto, il dominio della Val Leira presenta zone relativamente discrete a potenziale rischio di alta concentrazione di minerali fibrosi: si tratta dei contatti tra le scaglie di metagabbri/metabasiti e i calcescisti in corrispondenza dei quali sono frequenti scisti tremolitico-cloritici (SAC) in livelli con potenza metrica (massimo 20 m). Inoltre i corpi di serpentiniti alternati ai calcescisti possono contenere minerali fibrosi in elevata concentrazione.

Dominio della Val Branaga

La criticità in relazione al rischio amianto per il Dominio della Val Branaga consiste nella presenza di serpentiniti nella zona di taglio basale della Val Branaga, nella zona a scaglie prossima al contatto con l'unità di Bric Boessa, in cui sono implicate lenti di metasedimenti, ed eventualmente in alcune porzioni della "Zona Cataclastica della Val Branaga".

Dominio del Bric Boessa

Per quanto riguarda il contenuto di amianto per il dominio sopracitato si sono rintracciate elevate concentrazioni di minerali fibrosi nelle fasce cataclastiche della "Zona a scaglie della Val Varenna", mentre le metabasiti ivi implicate hanno fornito analiticamente concentrazioni inferiori al limite di 1000 mg/kg.

Dominio Timone Scarpino

Per questo dominio la presenza di amianto è strettamente legata ai contatti tra le serpentiniti e i metasedimenti e alle zone cataclastiche stesse che presentano potenza non superiore ai 20 m. I valori di fibre totali mostrano per i contatti (sia ad est che ad ovest della dolomia) concentrazioni ben al di sopra della soglia critica.

Per quanto riguarda le zone cataclastiche i valori oscillano notevolmente tra 80 e 8500 mg/kg (valori su fibre respirabili, i valori nuovi su fibre totali arrivano a 16000 mg/kg).

Dominio del Bric Teiolo

Nei metabasalti del Monte Figogna, alto strutturale appartenente al Dominio del Bric Teiolo, non è mai stata riscontrata la presenza di minerali fibrosi.

Dominio della Val Polcevera

Il dominio non presenta litotipi amiantiferi e quindi si è attestata l'assenza di minerali fibrosi.

Dominio Varenna Contessa

Elevate concentrazioni di minerali fibrosi sono state rinvenute nelle fasce cataclastiche della "Zona a scaglie della Val Varenna", mentre le metabasiti ivi implicate hanno fornito analiticamente concentrazioni inferiori al limite di 1000 mg/kg.

4.2.4 Aspetti di caratterizzazione chimico-fisica

4.2.4.1 I terreni

Molti studi in letteratura scientifica segnalano alcune peculiarità da un punto di vista chimico dell'area interessata dal tracciato (). La zona del genovesato in esame si inserisce in un settore di grande complessità geologica e strutturale, caratterizzato oltremodo da una importante variabilità nel contenuto mineralogico e quindi chimico-elementale.

Alcuni testi rilevano infatti l'importante diversità chimica, sottolineando soprattutto come la zona occidentale, caratterizzata dalla presenza delle rocce ofiolitiche (denominate Pietre Verdi), mostri alcune criticità ambientali. Queste criticità sono ricondotte principalmente al contenuto elevato in metalli pesanti, tipico del fondo naturale in presenza di rocce serpentinitiche (soprattutto di brecce e lherzoliti serpentinite), e del particolare contenuto mineralogico che determina la presenza di amianto.

Le carte di distribuzione dei contenuti elementari rilevati negli stream sediments riportate nell'Atlante degli acquiferi della Liguria, Volume III dell'Università di Genova (2002), o a scala minore in Geochemical Baselines of Italy (2003), evidenziano i contenuti anomali in alcuni metalli pesanti (soprattutto Cromo, Nichel, Cobalto e Vanadio) nelle aree caratterizzate dalla presenza di rocce ofiolitiche. Di seguito vengono riportati dai testi scientifici citati, l'istogramma di frequenza dei valori di Cromo negli stream sediments, con l'evidenza di un elevato numero di campioni al di sopra dei limiti stabiliti per le CSC ad uso residenziale ed industriale, e la carta di distribuzione del Nichel.

Anche in alcuni documenti redatti da ARPAL (Modalità operative per l'individuazione dei Fondi Naturali sul territorio ligure, 2006; Valutazione del contenuto in amianto nelle rocce ofiolitiche liguri, 2009), viene esplicitamente indicato che i limiti del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii possono essere superati naturalmente nelle situazioni già descritte per i seguenti metalli: Co, Cr, Ni, V e Tl. Viene infatti confermato che questi elementi chimici si possono rinvenire in tenori importanti nei complessi metaofiolitici, nelle Unità cristalline continentali, nelle Unità sedimentarie a carattere ofiolitico e in misura minore nelle Successioni vulcano-sedimentarie.

Come evidenziato, le anomalie che sono state riscontrate in ambito scientifico e nella fase del presente progetto, di seguito descritte, e che probabilmente saranno riscontrate in fase di corso d'opera mostreranno un sostanziale superamento dei limiti di colonna A e probabili superamenti in colonna B soprattutto per ciò che riguarda i materiali scavati nelle litologie serpentinitiche.

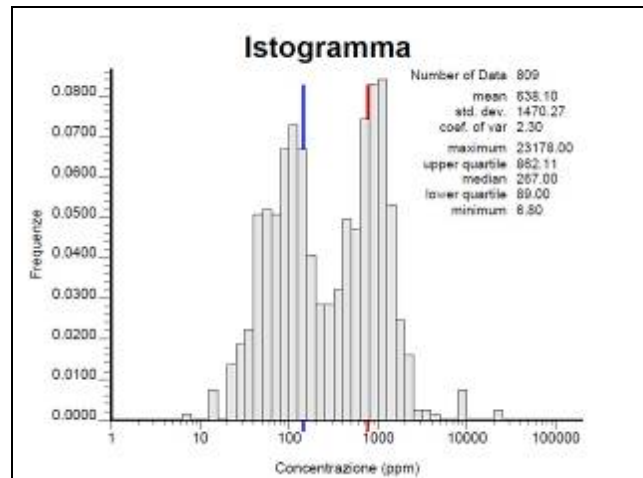


Figura 4-6 Istogramma di frequenza del Cromo contenuto negli stream sediments campionati in Liguria, (da Geochemical Baselines of Italy, 2003)

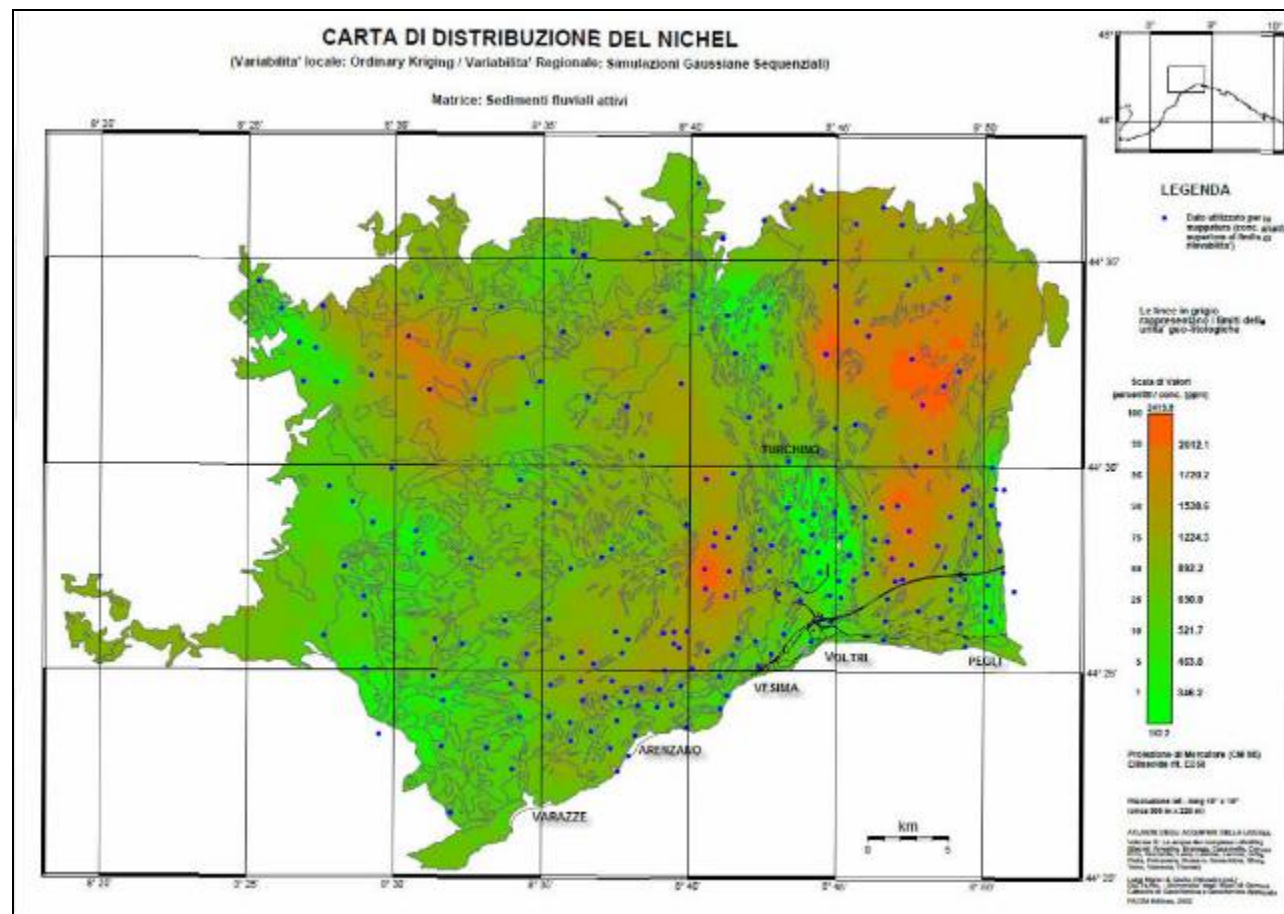


Figura 4-7 Carta di distribuzione del Nichel (da Atlante degli acquiferi della Regione Liguria, vol.3, modificata e con l'evidenza del tracciato attuale ed in progetto)

Al fine di ricostruire la tipologia e le caratteristiche dei materiali presenti nel sottosuolo, risultano di fondamentale importanza le indagini geognostiche (in sito ed in laboratorio). In tale ottica, si è provveduto a reperire tutti i dati disponibili presso Enti, privati o indagini

pregresse realizzate da Autostrade all'interno dell'area in esame nell'ambito di precedenti progetti, nonché a condurre una serie di campagne, eseguite sia in sede di redazione del Progetto preliminare avanzato del 2008 che nella presente fase di progettazione definitiva.

Nello specifico, per quanto attiene la campagna 2008, sono stati analizzati 29 campioni ambientali:

- 17 campioni lapidei prelevati da affioramenti;
- 8 campioni lapidei prelevati dai sondaggi;
- 2 campioni di terreno prelevati nei sondaggi eseguiti nel Polcevera;
- 2 campioni di terreno nella zona dell'imbocco est della Galleria Borzoli.

I risultati delle analisi confermano che alcuni litotipi sono caratterizzati da un fondo naturale che supera, per alcuni elementi quali Cobalto, Rame, Cromo e Nichel, i limiti definiti dal D.Lgs. 152/06 colonna A. In alcuni campioni tale superamento risulta essere superiore alle CSC di colonna B, tabella 1, soprattutto per i tenori in Nichel.

Per quanto invece attiene le indagini connesse al progetto 2011, queste hanno avuto il duplice scopo di confermare le caratteristiche ambientali degli ammassi rocciosi attraversati nell'ovest Polcevera, già studiate nel progetto preliminare avanzato, e di determinare le caratteristiche chimiche della zona est Polcevera in litologie, completamente differenti rispetto alle precedenti, essendo queste a carattere argillitico-flyshoide.

Durante la campagna geognostica, sono stati eseguiti prelievi di campioni ambientali a quota scavo. Altri campioni invece sono a carattere superficiale perché prelevati in corrispondenza delle rampe autostradali.

Sono stati sinora analizzati 36 campioni ambientali, così distribuiti in tipologia e ubicazione:

- 9 campioni lungo i tratti in galleria nelle parte occidentale del progetto a completamento dei rilievi eseguiti nel 2008;
- 17 campioni lungo i tratti in galleria nelle parte orientale del progetto, 1 campione in corrispondenza di una pila del viadotto sul Polcevera, 9 in corrispondenza delle rampe autostradali.

Per quanto nello specifico attiene i risultati relativi alla zona Est Polcevera, i 18 campioni condotti hanno messo in evidenza il totale rispetto dei limiti previsti da col. B, tab. 1. Tuttavia si segnala che molti campioni mostrano contenuti in Cobalto ed Arsenico superiori ai limiti di col. A, costituendo con molta probabilità una proprietà chimica caratteristica dei materiali delle formazioni calcareo-argillose.

I 9 campioni prelevati a livello superficiale lungo le rampe autostradali previste a progetto hanno evidenziato concentrazioni in elementi (piombo e nichel) e composti chimici (idrocarburi) caratteristici dell'inquinamento da traffico stradale, ma ampiamente al di sotto dei limiti indicati dalla colonna B della tab. 1 del D.Lgs. 152/06 riferita all'uso in area industriale.

Relativamente all'Ovest Polcevera e segnatamente alle aree oggetto di scavo delle gallerie in tradizionale (Interconnessione di Voltri), i prelievi ambientali effettuati a quota scavo dai sondaggi VV16 e RO1 mostrano il totale dei parametri chimici rispetto ai limiti di

colonna B, tab. 1. L'intero settore del nodo di Voltri è da considerare come un dominio omogeneo in quanto caratterizzato sempre dalla stessa associazione di litotipi, che presentano caratteristiche mineralogiche e strutturali costanti e la cui distribuzione è controllata principalmente dagli effetti della deformazione plicativa.

Infine, per quanto attiene le zone dell'Ovest Polcevera oggetto di scavo in meccanizzato, su 14 prelievi ambientali e 12 campionamenti da affioramenti si segnala che, in coerenza con gli studi bibliografici, alcuni litotipi, soprattutto i serpentini e serpentinoscisti, presentano tenori elementari in alcuni metalli pesanti (cobalto e nichel soprattutto, ma anche cromo e rame), tipici del proprio fondo naturale, superiori rispetto ai limiti definiti dalla normativa, in alcuni casi anche per quelli posti al riutilizzo industriale. Questo superamento in metalli pesanti però può considerarsi omogeneo ma non costante essendo in tenori rilevati prossimi ai limiti segnalati.

Per quanto concerne la documentazione dei dati qui sintetizzati, si rimanda agli allegati del documento APG0006.

Tabella 4-3 Analisi di caratterizzazione chimica dei terreni di fase PPA 2008

n° parametro da DLgs 152 (T.U.)	DESCRIZIONE	U.d.m.	SGGA1		SPo1		SGG2		SGG3		SGG5				DLgs 152 (T.U.) All 5 Tab 1 col. A	DLgs 152 (T.U.) All 5 Tab 1 Col. B
			2,0	5,0	0,3	23	50	75	205	220	15	38	130	145		
			2,4	5,4			55	80	210	225	20	40	135	150		
1	Antimonio	mg/kg s.s.	<0.5	0,42	0,64	0,46	0,33	0,38	0,59	<0.1	0,24	0,13	0,24	0,25	10	30
2	Arsenico	mg/kg s.s.	2,2	1,9	2,3	2,2	2,1	2	2,1	9	1	2,7	1,4	3,4	20	50
3	Berillio	mg/kg s.s.	0,4	0,32	0,13	0,2	0,26	0,18	0,35	0,15	<0.1	0,2	<0.1	<0.1	2	10
4	Cadmio	mg/kg s.s.	<0.1	<0.1	0,14	0,17	<0.2	<0.1	0,1	0,1	<0.1	0,29	<0.1	<0.1	2	15
5	Cobalto	mg/kg s.s.	13,9	1<1	10,3	10	14,1	13,9	21	28,7	8,7	15,1	47,5	58	20	250
6	Cromo totale	mg/kg s.s.	19,6	17,6	134	83,4	61,7	94,2	386	113	236	32,2	54,7	52,7	150	800
7	Cromo VI	mg/kg s.s.	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	2,8	2	15
8	Mercurio	mg/kg s.s.	<0.05	<0.05	0,12	0,13	0,17	0,06	0,11	<0.05	0,1	0,1	0,21	<0.05	1	5
9	Nichel	mg/kg s.s.	57,9	40,5	146	114	102,2	116,7	331	119,5	123	39,2	948	1492	120	500
10	Piombo	mg/kg s.s.	10,3	6,5	14,5	8,5	11,8	11,7	2	3,3	2,1	6,5	2,4	0,6	100	1000
11	Rame	mg/kg s.s.	51,5	31,4	23,3	20,2	29,5	69	75,2	97	62,9	43,7	900	26,5	120	600
12	Selenio	mg/kg s.s.	2,1	1,76	1,9	1,41	2,18	2,11	1,26	3,48	0,48	0,89	0,3	0,25	3	15
13	Stagno	mg/kg s.s.	<0.5	<0.5	2,46	2,88	15,78	10,78	13,43	10,7	1,52	1,39	1,45	1,77	1	350
14	Tallio	mg/kg s.s.	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1	10
15	Vanadio	mg/kg s.s.	12,9	13,5	11,8	6,6	13,3	14,3	29,5	32	9	15,9	28,4	17,6	90	250
16	Zinco	mg/kg s.s.	80,3	39,3	75,4	42,5	97,3	91,3	3,9	103,1	7,9	52,7	32,9	17,8	150	1500
17	Cianuri (liberi)	mg/kg s.s.	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1	100
18	Fluoruri	mg/kg s.s.	2,8	3,3	1,4	1,4	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	100	2000
94	Idrocarburi Leggeri C<12	mg/kg s.s.	<0.1	<1											10	250
95	Idrocarburi pesanti C>12	mg/kg s.s.	362	14											50	750

n° parametro da DLgs 152 (T.U.)	DESCRIZIONE	U.d.m.	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	DLgs 152 (T.U.) All 5 Tab 1 col. A	DLgs 152 (T.U.) All 5 Tab 1 Col. B
			Formazioni di Monte Antola	Argilliti di Montoggio	Formazioni di Ronco	Montane	Mignaneg	Argilloscisti di Murta	Serpentinite Figogna	Scisti filladici Cravasco	Serpentinite Cravasco-Voltaggio	Gallaneto	Dolomia	Calcescisti	Metagabbri Voltri	Metabasalti Voltri	Peridotiti	Brecce	Brecce		
1	Antimonio	mg/kg s.s.	0,24	0,28	0,15	0,37	0,59	0,67	<0.1	0,29	<0.1	0,43	0,21	0,25	0,38	0,28	0,71	<0.1	0,82	10	30
2	Arsenico	mg/kg s.s.	2,3	1,1	2,2	5,1	2,6	5	1,8	1,1	1	0,8	1,1	5,4	<0.5	4,5	2,5	1,4	32,6	20	50
3	Berillio	mg/kg s.s.	0,45	0,5	0,39	0,13	0,13	0,31	<0.1	0,23	<0.1	0,16	<0.1	0,24	0,16	0,41	<0.1	<0.1	<0.1	2	10
4	Cadmio	mg/kg s.s.	0,18	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0,24	0,53	0,1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0,15	<0.1	<0.1	<0.1	2	15
5	Cobalto	mg/kg s.s.	4,3	10,3	9	10,3	6,9	12,2	61,3	18,4	42,8	8,4	2,7	19,8	1<1	16,4	58,7	37,7	48	20	250
6	Cromo totale	mg/kg s.s.	20,5	36,5	28,8	40,2	74,5	29,5	356	79,9	328	55,4	70,2	87	15,3	27,2	170	463	346	150	800
7	Cromo VI	mg/kg s.s.	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	2,8	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	2	15
8	Mercurio	mg/kg s.s.	0,1	0,15	<0.1	<0.1	0,1	0,1	<0.05	<0.1	0,11	0,1	<0.05	<0.05	0,05	<0.05	0,11	<0.05	<0.05	1	5
9	Nichel	mg/kg s.s.	29,8	58,2	31,2	68,8	79,5	80,6	1392	110	1352	64,6	48,8	119	44,3	42,7	1684	1196	2786	120	500
10	Piombo	mg/kg s.s.	13,2	21,2	80,7	6,1	18,8	21,2	27,6	21,2	0,8	6,4	1,9	11,7	2,1	15,2	5	2	3,1	100	1000
11	Rame	mg/kg s.s.	14,6	46,4	72,7	44,7	60,6	35,1	1403	63,7	10,5	43,9	15,4	59,7	51,4	46,6	18,8	15,4	22,4	120	600
12	Selenio	mg/kg s.s.	2,34	2	1,96	2,56	3,74	5,62	0,65	2,08	0,16	1,83	0,23	1,51	1,79	<17	0,4	0,38	0,33	3	15
13	Stagno	mg/kg s.s.	2,73	2,73	3,29	2,57	3,8	1,15	1,26	3,63	1,06	2,32	1,22	5,42	2,69	6,23	7,38	12,1	2,49	1	350
14	Tallio	mg/kg s.s.	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1	10
15	Vanadio	mg/kg s.s.	7,3	12,3	10,2	18,1	7,3	10,7	10	18	11	6,6	18,5	17,4	38,9	15,2	3,1	10,1	26,6	90	250
16	Zinco	mg/kg s.s.	53,4	89,6	53,1	88	110,4	86,2	65,3	130,6	23,2	59,4	5,9	94,9	33,4	114,2	28	25,1	32,4	150	1500
17	Cianuri (liberi)	mg/kg s.s.	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1	100
18	Fluoruri	mg/kg s.s.	1,3	1,5	1,5	1,3	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1,1	<1	<1	<1	<1	100	2000
94	Idrocarburi Leggeri C<12	mg/kg s.s.																		10	250
95	Idrocarburi pesanti C>12	mg/kg s.s.																		50	750

Tabella 4-5 Analisi di caratterizzazione chimica dei terreni di fase PD 2011, zona ovest Polcevera

				Sondaggio	VB7	VB1	VB8	VV16	RO1	VB11	VB12	VB14	VV5		
				Campione	CA1	CA1	CA1	CA1	CA1	CA1	CA1	CA1	CA1		
				Profondità	258.0-258.3	13.0-13.3	190.0-190.3	25.0-25.2	30.0-30.2	185	224	52.2-52.5	152-152.3		
				litotipo	metabasiti metagabbri	argilloscisti filladici	argilloscisti e scisti carbonatici	alternanza serpentiniti scisti actinolitici	alternanza serpentiniti calcescisti - scisti actinolitici	alternanza serpentiniti scisti actinolitici	calcescisti	serpentiniti con relitti peridotitici	serpentiniti	DLgs 152 (T.U.) All 5 Tab 1 col. A	DLgs 152 (T.U.) All 5 Tab 1 Col. B
	n° parametro DLgs 152 (T.U.)	DESCRIZIONE	Metodo	U.d.m.											
ANALISI CHIMICHE SU CAMPIONI DI TERRENO	1	Antimonio	EPA 3051A 2007 + EPA 6010C 2007	mg/Kg s.s.	15	5	3	3	2	17	5	14	10	10	30
	2	Arsenico	EPA 3051A 2007 + EPA 6010C 2007	mg/Kg s.s.	2	5	2	47	1	< 1	23	< 1	< 1	20	50
	3	Berillio	EPA 3051A 2007 + EPA 6010C 2007	mg/Kg s.s.	0,27	0,57	0,15	0,07	0,12	< 0,05	0,31	< 0,05	< 0,05	2	10
	4	Cadmio	EPA 3051A 2007 + EPA 6010C 2007	mg/Kg s.s.	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,25	< 0,05	< 0,05	0,13	< 0,05	< 0,05	2	15
	5	Cobalto	EPA 3051A 2007 + EPA 6010C 2007	mg/Kg s.s.	6,4	19,9	7,2	9,6	5,2	57,8	25,2	24,4	29,3	20	250
	6	Cromo totale	EPA 3051A 2007 + EPA 6010C 2007	mg/Kg s.s.	11,8	23,8	14,3	135	7,1	1089	14,7	381	408	150	800
	7	Cromo VI	CNR IRSA 16 Q 64 Vol 3 1986	mg/Kg s.s.	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	2	15
	8	Mercurio	EPA 7473 2007	mg/Kg s.s.	0,036	0,0412	0,0243	0,008	0,018	0,0005	0,0214	0,0211	0,0262	1	5
	9	Nichel	EPA 3051A 2007 + EPA 6010C 2007	mg/Kg s.s.	28,3	51	38	93,3	14,2	980	24,4	446	619	120	500
	10	Piombo	EPA 3051A 2007 + EPA 6010C 2007	mg/Kg s.s.	7	19	3	< 1	3	< 1	12	< 1	< 1	100	1000
	11	Rame	EPA 3051A 2007 + EPA 6010C 2007	mg/Kg s.s.	30,2	71,1	51,1	1,3	25,3	26,1	20	16,4	5,9	120	600
	12	Selenio	EPA 3051A 2007 + EPA 6010C 2007	mg/Kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,3	< 0,1	< 0,1	3	15
	13	Stagno	EPA 3051A 2007 + EPA 6010C 2007	mg/Kg s.s.	2,7	1	0,3	0,1	0,7	0,1	0,4	1	0,3	1	350
	14	Tallio	EPA 3051A 2007 + EPA 6010C 2007	mg/Kg s.s.	1,5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,4	0,8	< 0,1	0,1	1	10
	15	Vanadio	EPA 3051A 2007 + EPA 6010C 2007	mg/Kg s.s.	8,5	15,8	8,8	9,2	6,2	19,7	19,3	15,2	16,1	90	250
	16	Zinco	EPA 3051A 2007 + EPA 6010C 2007	mg/Kg s.s.	64,9	102	54,7	9,9	26,1	39,2	53,8	15,5	20,1	150	1500
	17	Cianuri (liberi)	EPA 9013A 2004 + EPA 9014 1996	mg/Kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1	100
	18	Fluoruri	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248	mg/Kg s.s.	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	1	< 1	< 1	< 1	100	2000
	19-24	COMPOSTI ORGANICI AROMATICI													
		Benzene	EPA 5021A 2003 + EPA 8260C 2006	mg/Kg s.s.							< 0,005	< 0,005		0,1	2
	Etilbenzene (A)	EPA 5021A 2003 + EPA 8260C 2006	mg/Kg s.s.							< 0,005	< 0,005		0,5	50	
	Stirene (B)	EPA 5021A 2003 + EPA 8260C 2006	mg/Kg s.s.							< 0,005	< 0,005		0,5	50	
	Toluene (C)	EPA 5021A 2003 + EPA 8260C 2006	mg/Kg s.s.							< 0,005	< 0,005		0,5	50	
	Xilene (D)	EPA 5021A 2003 + EPA 8260C 2006	mg/Kg s.s.							< 0,005	< 0,005		0,5	50	
	Sommatoria organici aromatici (A,B,C,D)	EPA 5021A 2003 + EPA 8260C 2006	mg/Kg s.s.							< 0,005	< 0,005		1	100	

4.2.4.2 I fondali del Canale di Calma

La descrizione delle caratteristiche chimiche dei sedimenti deriva dalle analisi svolte sui campioni prelevati dai sondaggi precedentemente descritti; in Tabella 4-6 per ogni sondaggio vengono presentate le profondità di prelievo dei campioni destinati alle analisi chimiche.

Come si può osservare, per ogni sondaggio sono stati prelevati 4 campioni a diverse profondità, in modo da caratterizzare i principali orizzonti sedimentari dei fondali. I campioni più profondi sono relativi ad un orizzonte di circa 8-9 m, ritenuto sufficiente a rappresentare condizioni attribuibili al fondo naturale o comunque a condizioni preindustriali.

I campioni CA1 dei sondaggi situati lungo il margine aeroportuale (SJ1, SJ3 e SJ6) sono rappresentativi degli strati limosi superficiali, con l'eccezione del punto SJ3 ove il campione è stato prelevato nell'orizzonte sabbioso per l'impossibilità di campionare lo strato sovrastante. Gli altri campioni (CA2, CA3 e CA4) sono tutti riferiti allo strato sabbioso (sabbie fini con componenti limose), seppur a differenti profondità.

Nel caso dei sondaggi situati lungo la diga foranea invece, solo i campioni superficiali dei sondaggi SJ8 e SJ9 sono rappresentativi dei sedimenti a granulometria fine presenti in superficie, gli altri due essendo collocati all'interno della struttura di imbasamento della scogliera. I campioni più profondi sono invece ricavati all'interno di strati sabbiosi o limosi a seconda delle caratteristiche stratigrafiche del sondaggio.

Dall'analisi visiva l'argilla ed il limo superficiali appaiono di colore "nerastro"; ciò in genere è tipico di sedimenti fini, soggetti ad accumulo di sostanze organiche, ove prevalgono condizioni di deficit di ossigeno e quindi la degradazione delle sostanze organiche è essenzialmente svolta da batteri anaerobi obbligati o facoltativi che portano alla formazione di composti ridotti (es. solfuri). È una situazione che si riscontra spesso in ambienti portuali o in zone a debole ricambio.

Il riferimento alla profondità del campione ed alla granulometria dello stesso riveste una notevole importanza nell'interpretazione dei dati chimici; è infatti noto in letteratura che generalmente i contenuti di elementi in traccia sono più elevati nelle zone ove sono predominanti le frazioni fini, in quanto queste hanno una maggiore capacità di adsorbire le sostanze presenti in soluzione e accumularle nel sedimento.

Per questo motivo spesso gli standard di qualità dei sedimenti vengono messi in relazione al contenuto di pelite (la frazione con granulometria inferiore a 60 micron) o al contenuto di carbonio organico, anch'esso in grado di intrappolare le sostanze organiche di sintesi presenti in soluzione, specialmente quelle non polari, a bassa solubilità in acqua.

La profondità del campione invece, come è intuibile, è generalmente un indicatore dell'età del sedimento e quindi è utile per discriminare i contributi di elementi di origine antropica da quelli di origine naturale; è infatti possibile che alcuni elementi siano presenti con concentrazioni naturali (cui si riferisce abitualmente con il termine "fondo naturale") con valori molto diversi a seconda del luogo e delle loro caratteristiche mineralogiche; tanto che a livello nazionale APAT prevede vengano definiti valori di riferimento locali (Livelli Chimici di Base locali) per i sedimenti delle diverse aree costiere³⁹.

³⁹ APAT ICRAM (2008) Manuale per la movimentazione di sedimenti marini.

Tabella 4-6 Campioni ambientali su cui sono state eseguite le analisi chimiche

Campione ambientale	SJ1	SJ2	SJ3	SJ5	SJ6	SJ8	SJ9
CA1	0,50-1,0 m Limo grigio scuro debolmente sabbioso e sabbia fine grigio scura da debolmente limosa a limosa	0,50-1,0 m Trovante e ghiaia; scoglio	1,00-1,40 m Sabbie, grigio-grigio scuro, da fini a medio fini, localmente limose	0,50-1,0 m Trovante e ghiaia scogliera	0,50-1,0 m Limo nerastro sabbioso	0,50-1,0 m Argilla debolmente limosa nerastra	0,70-1,00 m Argilla debolmente limosa nerastra con rari elementi di ghiaia
CA2	2,70-3,00 m Sabbia fine grigio scura da debolmente limosa a limosa	2,80-3,00 m Trovante e ghiaia; scoglio	2,80-3,00 m Sabbie, grigio-grigio scuro, da fini a medio fini, localmente limose	2,50-2,90 m Trovante e ghiaia scogliera	2,70-3,00 m Sabbie fini grigio scuro debolmente limose	3,60-4,00 m Sabbia fine con limo grigia	2,70-3,00 m Argilla debolmente limosa nerastra con rari elementi di ghiaia
CA3	5,50-6,0 m Sabbia fine grigio scura da debolmente limosa a limosa	4,50-4,85 m Sabbie grigie limose	5,00-5,30 m Sabbie, grigio-grigio scuro, da fini a medio fini, localmente limose	5,00-5,20 m Limi sabbiosi grigi	5,40-5,60 m Sabbie fini grigio scuro con aumento della frazione limosa	5,00-5,40 m Sabbia fine con limo grigia	5,50-5,80 m Sabbia fine grigia con limo
CA4	8,40-8,80 m Sabbia fine grigio scura da debolmente limosa a limosa	8,00-8,50 m Limi e sabbie limose grigie con raro ghiaino	8,00-8,30 m Sabbie, grigio-grigio scuro, da fini a medio fini, localmente limose	8,00-8,40 m Limi sabbiosi grigi	8,40-8,60 m Sabbie fini grigio scuro con aumento della frazione limosa	7,00-7,20 m Limo sabbioso da argilloso a debolmente argilloso, grigio	8,50-8,80 m Limo argillo-sabbioso grigio

I risultati delle indagini condotte nel canale di calma sono riportati nella Tabella 4-7.

Per valutare lo stato di qualità dei sedimenti sono state condotte due tipologie di analisi:

- la prima è finalizzata a formulare una caratterizzazione di tipo generale dei sedimenti presenti nel canale di calma, confrontandoli con gli standard di riferimento (in primis i valori riportati dal DM 56/09 per i sedimenti marini) e con altri dati sito specifici rilevati in ambiti limitrofi, allo scopo di evidenziare, nel caso dei metalli, l'eventuale presenza di livelli di fondo naturali superiori a quelli di legge;
- la seconda è volta a valutare la compatibilità dei sedimenti che si trovano nella zona di futura realizzazione della cassa di colmata. In questo secondo caso i risultati delle indagini svolte sono stati confrontati con il limite normativo indicato dal D.Lgs 152/2006 (allegato 5 del titolo V della parte quarta) per i suoli destinati ad uso industriale. Benché tale valore si riferisca a terreni emersi, è stato ritenuto corretto utilizzarlo, in primo luogo perché è lo stesso che viene adottato per valutare la qualità del materiale da impiegare per la costruzione della colmata, in secondo luogo perché è quello impiegato dalla Regione Liguria per autorizzare il riutilizzo di sedimenti dragati per la realizzazione di casse di colmata o vasche in ambito costiero, ai sensi dell'art 109 del D.Lgs 152/06.

Nel caso specifico è stata effettuata un'analisi di rischio per dimostrare l'assenza di rischio per la salute umana e l'ambiente marino. Recependo quanto introdotto dalla D.G.R. Liguria n. 859/08, che impone che l'utilizzo delle terre e rocce, provenienti da siti caratterizzati da uno o più superiori di CSC (Concentrazioni Soglia di Contaminazione), sia consentito ai sensi dell'art. 186 del D. Lgs. 152/06 qualora non superino le soglie di qualità previste per il sito di destinazione, l'Analisi di Rischio condotta sull'opera a mare ha stabilito tali soglie tenendo conto del suo effettivo utilizzo futuro. Lo studio condotto ha dimostrato che il rischio associato agli interventi di adeguamento del rilevato aeroportuale con i materiali di scavo è assolutamente trascurabile, pur in presenza di concentrazioni di alcuni metalli pesanti superiori ai limiti indicati dalla normativa. I risultati dello studio sono contenuti nel documento APG0007.

Tabella 4-7 Risultati delle analisi dei principali inquinanti inorganici e organici nei sedimenti del canale di calma (mg/kg s.s.)

	Antimonio	Arsenico	Berillio	Cadmio	Cobalto	Cromo totale	Mercurio	Nichel	Piombo	Rame	Selenio	Stagno	Vanadio	Zinco	Idroc. aromatici	IPA	Idroc. leggeri C<12	Idroc. pesanti C>12
SJ1-CA1	0,580	3,560	0,150	0,010	17,260	124,390	0,390	290,470	30,670	26,970	0,060	4,210	59,030	139,330	<0,01	0,009	<0,01	6,070
SJ1-CA2	0,690	12,480	0,120	0,540	20,610	210,070	0,360	338,940	27,490	18,970	0,100	2,600	85,560	135,350	<0,01	0,001	0,020	2,360
SJ1-CA3	0,830	12,090	0,160	<0,01	14,110	117,610	0,440	199,510	5,910	17,170	0,050	1,590	68,300	131,690	<0,01	<0,001	<0,01	28,710
SJ1-CA4	0,150	10,040	0,160	<0,01	15,750	144,160	0,120	213,120	6,110	18,090	0,070	0,790	65,960	87,880	0,030	<0,001	0,060	1,890
SJ2-CA1	0,400	2,660	0,240	0,040	4,270	20,900	1,650	30,570	20,370	20,430	0,100	0,280	17,380	65,330	<0,01	0,016	<0,01	67,270
SJ2-CA2	0,050	5,770	0,200	0,020	4,060	20,660	0,140	33,670	7,390	24,120	0,110	1,220	4,930	77,090	0,060	<0,001	0,180	7,950
SJ2-CA3	1,080	10,850	0,170	<0,01	17,010	107,020	0,090	219,880	9,720	23,630	0,050	1,900	57,600	132,220	<0,01	<0,001	<0,01	23,050
SJ2-CA4	0,250	15,730	0,130	<0,01	15,150	126,880	0,190	176,810	4,910	17,230	0,070	3,210	64,670	122,110	<0,02	<0,001	0,010	11,390
SJ3-CA1	1,500	6,120	0,180	0,160	6,950	33,840	0,820	54,750	138,980	44,590	0,070	3,940	42,160	140,090	<0,03	0,005	0,020	275,090
SJ3-CA2	1,310	10,150	0,080	<0,01	13,650	57,480	0,090	166,630	8,770	15,950	0,040	0,450	43,040	117,950	<0,04	0,007	<0,01	2,010
SJ3-CA3	0,520	4,620	0,130	<0,01	13,080	80,220	0,200	186,530	7,740	16,190	0,220	0,670	52,920	123,390	<0,05	0,001	0,010	4,210
SJ3-CA4	0,410	11,060	0,190	<0,01	16,070	161,790	0,740	249,710	9,910	16,460	0,080	0,210	71,580	110,950	0,010	<0,001	0,150	21,140
SJ5-CA1	0,460	6,570	0,310	0,100	10,830	10,350	0,360	56,930	17,590	16,020	0,150	1,540	22,600	73,110	<0,01	0,001	<0,01	32,550
SJ5-CA2	0,350	5,220	0,200	0,040	6,520	52,640	0,220	67,460	19,080	16,960	0,140	0,940	32,220	57,090	<0,02	<0,001	0,040	46,350
SJ5-CA3	0,190	8,950	0,080	<0,01	12,010	48,450	0,160	130,130	6,540	16,230	0,040	1,650	38,950	50,310	<0,03	<0,001	<0,01	4,190
SJ5-CA4	0,890	14,670	0,130	<0,01	14,940	119,430	0,130	179,680	5,820	16,710	0,070	0,760	65,690	108,170	0,040	<0,001	0,110	34,550
SJ6-CA1	0,080	14,000	0,290	0,480	13,790	103,970	1,390	146,580	99,570	74,230	0,080	49,350	81,750	95,960	<0,01	0,244	<0,01	5081,470
SJ6-CA2	0,460	11,610	0,150	<0,01	12,300	63,530	0,220	127,370	7,810	17,800	0,040	1,690	51,210	66,100	<0,01	<0,001	<0,01	24,160
SJ6-CA3	0,430	11,480	0,210	<0,01	14,590	122,870	0,320	165,060	29,240	24,340	0,080	1,790	67,940	112,050	<0,01	0,001	<0,01	17,680
SJ6-CA4	0,370	12,080	0,120	<0,01	13,880	143,560	0,100	180,660	10,580	15,420	0,060	4,750	71,410	119,310	<0,01	<0,001	<0,01	88,060
SJ8-CA1	0,130	8,540	0,270	0,770	10,870	173,060	1,070	122,010	141,580	72,600	0,190	36,100	98,550	145,300	0,030	0,001	0,070	1971,700
SJ8-CA2	0,570	5,220	0,150	<0,01	12,290	42,650	0,200	108,570	9,570	23,680	0,050	0,840	47,580	92,300	<0,01	<0,001	<0,01	10,390
SJ8-CA3	0,080	9,660	0,150	<0,01	12,740	49,320	0,110	113,080	8,880	21,280	0,060	0,730	52,990	87,420	<0,01	<0,001	<0,01	25,630
SJ8-CA4	0,460	7,960	0,220	<0,01	13,020	76,340	0,520	135,650	9,350	23,910	0,080	1,280	53,220	79,080	<0,01	<0,001	<0,01	32,160
SJ9-CA1	0,280	5,710	0,260	0,490	12,690	20,310	0,490	69,490	91,370	66,240	0,080	10,140	40,170	74,560	<0,01	<0,001	<0,01	630,690
SJ9-CA2	0,480	7,230	0,360	0,540	14,410	82,720	2,780	112,550	122,570	94,370	0,170	1,110	133,100	131,100	<0,01	3,900	0,030	3039,650
SJ9-CA3	0,340	9,520	0,230	<0,01	19,070	69,630	0,190	169,920	35,720	38,960	0,110	1,950	56,760	125,270	<0,01	0,001	<0,01	70,310
SJ9-CA4	1,320	8,720	0,210	<0,01	18,070	57,360	0,130	144,660	14,840	44,610	0,130	0,770	44,090	89,690	<0,01	<0,001	<0,01	16,030

Le stazioni utilizzate per caratterizzare ambienti limitrofi alla zona di riferimento sono:

- Stazione 008 ubicata in ambito portuale in prossimità della sinistra idrografica della foce del T. Polcevera (Figura 4-8). I dati utilizzati si riferiscono al periodo 2008-2009.
- Stazione 802 ubicata alla bocca dell'area portuale di Multedo (Figura 4-9). I dati utilizzati si riferiscono al periodo 2009.
- Stazione POLS facente parte della rete di monitoraggio regionale dell'ecosistema marino gestita da ARPAL. Tale stazione è ubicata a circa un chilometro dalla costa, in direzione sud est rispetto all'area di intervento (Figura 4-10), e può essere ragionevolmente considerata come indicativa di condizioni naturali essendo distante da potenziali fattori di pressione antropica. I dati utilizzati si riferiscono al periodo 2006-2009.

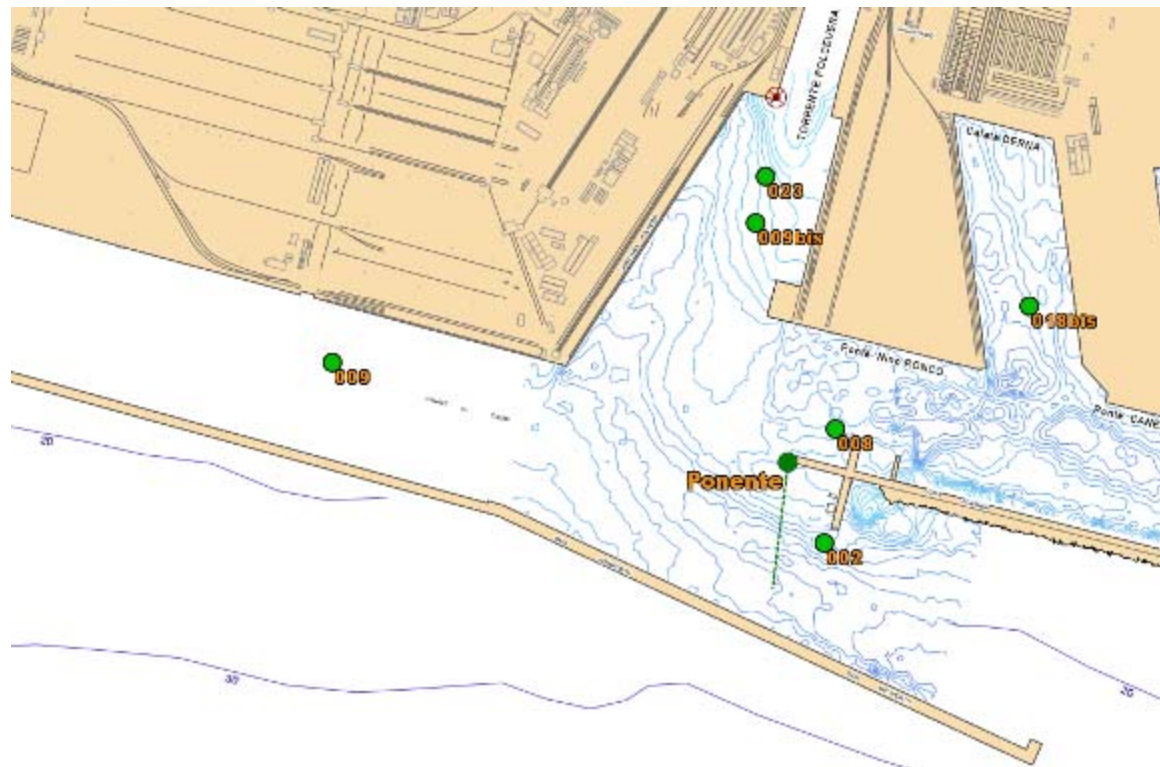


Figura 4-8 Stazioni di monitoraggio presenti nei pressi del canale di calma, area di levante del porto di Genova

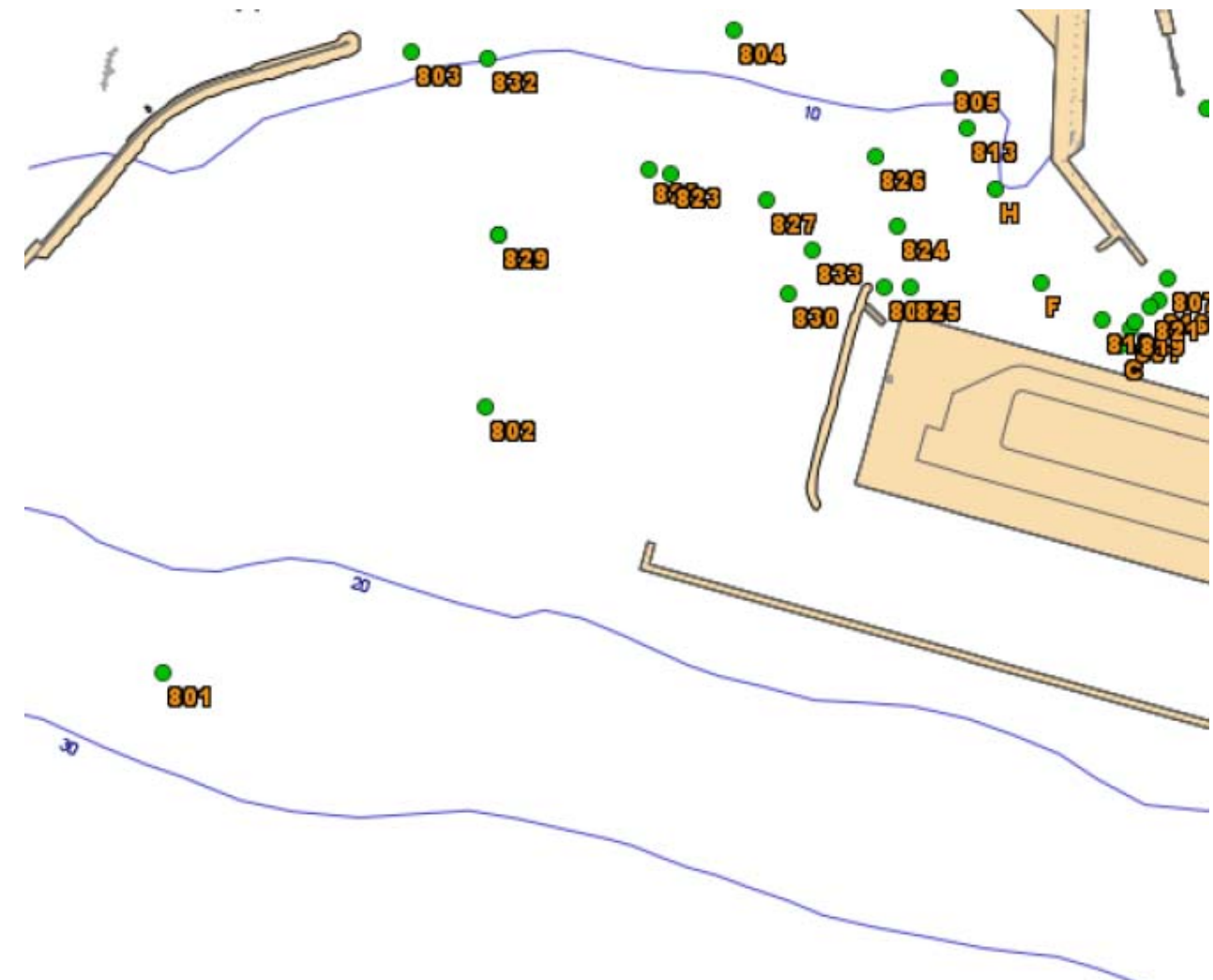


Figura 4-9 Stazioni di monitoraggio presenti nei pressi del canale di calma, area di ponente del porto di Genova

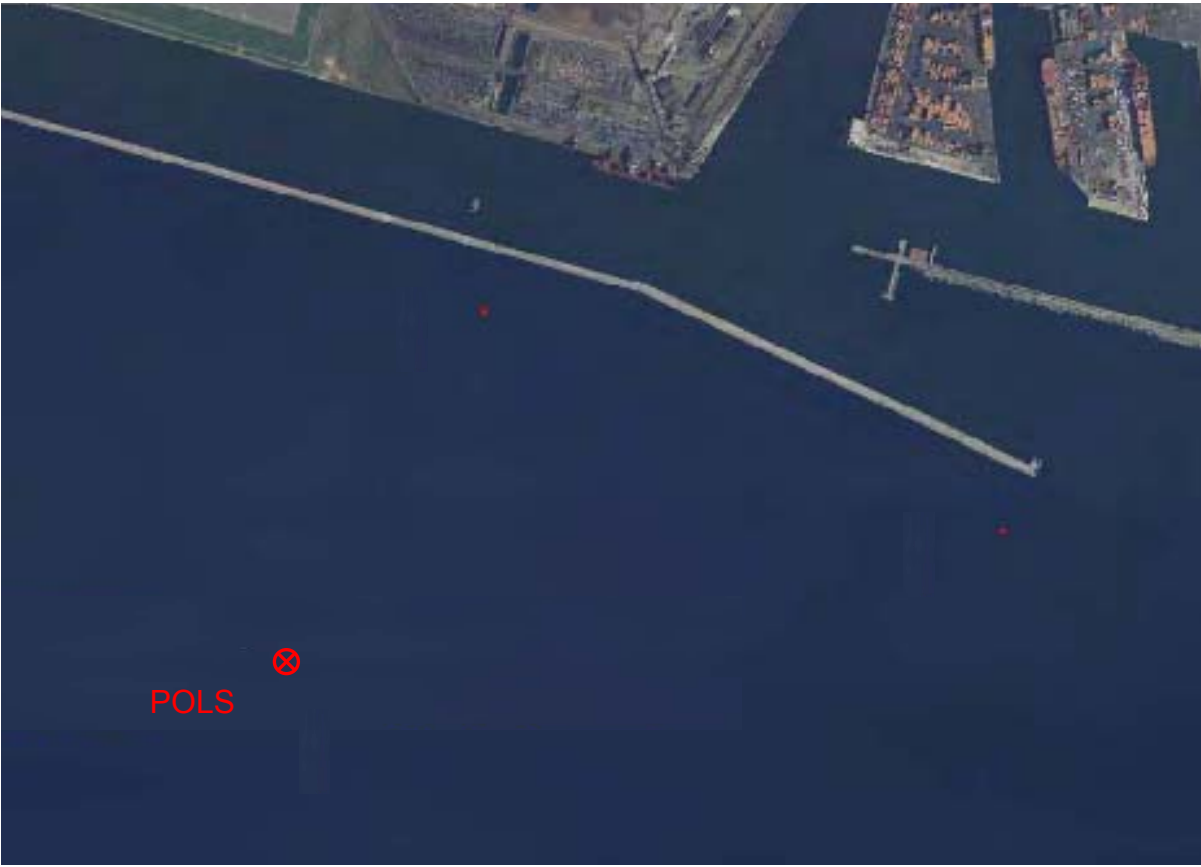
GENOVA - STAZIONI ANTISTANTI ALLA FOCE DEL TORRENTE POLCEVERA	CARATTERISTICHE STAZIONE
	Rete di monitoraggio:
	Rete regionale di monitoraggio dell'ecosistema marino;
	Tipo monitoraggio:
	Sedimento
	Identificativo:
	9032
	Codice stazione:
	MA00972
	Ubicazione:
	POLS
	Coordinate Gauss Boaga:
	Y: 4915877; X: 1489138;
	Distanza dalla diga foranea:
	~900 m
Distanza dalla costa:	
~1170 m	
Quote di prelievo:	
-34 m	
Metodiche di campionamento:	
-	

Figura 4-10 Stazione di monitoraggio della qualità dei sedimenti localizzata in mare aperto: POLS

Nella Tabella 4-8 sono riportati i valori medi delle concentrazioni di metalli pesanti riscontrate e i valori di riferimento.

Tabella 4-8 Concentrazione dei principali metalli pesanti nel sedimento (mg/kg s.s.)

	Canale di calma media	D.M. 56/09	LCB ICRAM (2006)	POL S (2006-2009)		Stazione portuale 008 (2008-2009)		Stazione portuale 802 (2009)
				media	dev.st.	media	dev.st.	
Alluminio		-	-	-	-	13641	1546	16491
Antimonio	0,52							
Arsenico	9,01	12	25	10,8	5,26	9,4	3,8	14,4
Cadmio	0,12	0,3	0,35	0,19	0,11	0,49	0,07	0,05
Cobalto	13,21							
Cromo totale	87,19	50	100	201	93	115	40	340
Ferro		-	-	-	-	40797	4285	39163
Mercurio	0,49	0,3	0,4	0,24	0,06	0,53	0,21	0,11
Nichel	149,66	30	70	147	26	119	28	373
Piombo	32,4	30	40	199	242	108	9,8	27
Rame	30,11	-	40	41	10	85	25,8	24
Selenio	0,09							
Stagno	4,87							
Vanadio	56,83	-	-	40,5	4	39	4,3	42
Zinco	103,22	-	100	121	85	228	46	82

Come si può notare, i valori riscontrati nel canale di calma si mantengono generalmente nei limiti previsti dalla legge, anche se per alcuni parametri si ottengono valori superiori. Ciò non deve sorprendere, considerando che sia i valori di legge che i livelli chimici di base (LCB) proposti da ICRAM, seppure con finalità diverse, sono stati sviluppati per sedimenti marini costieri non soggetti ad alterazione antropica e non per aree portuali quali quella in esame.

Un confronto con le stazioni limitrofe evidenzia peraltro che tale situazione si riscontra anche in queste stazioni.

Si può notare come i valori medi di cromo e nichel della stazione POLS, situata all'esterno della diga foranea, siano particolarmente elevati. Ciò potrebbe indicare un arricchimento naturale dei sedimenti dovuto alle caratteristiche litologiche dei bacini imbriferi dei corsi d'acqua che sfociano nell'area di studio.

Tale ipotesi trova una ragionevole conferma negli studi condotti da ARPAL sulle rocce che formano il Gruppo di Voltri⁴⁰.

Tale studio, infatti, ha messo in luce l'elevato contenuto di cromo, nichel e cobalto nei suoli su ultramafiti (principale sorgente geochimica dei metalli pesanti) del Gruppo di Voltri; in particolare nelle serpentiniti del Gruppo di Voltri si raggiungono i 1.966 mg/kg s.s. di cromo, 2.533 mg/kg s.s. di nichel e 125 mg/kg s.s. di cobalto.

⁴⁰ Dotti N., Beccaris G., Pucci V., Proposta di metodologia per la determinazione del fondo naturale ed esempio applicativo. Progetto realizzato dal Settore Geologia e Idrogeologia – Direzione Scientifica in collaborazione con i Dipartimenti ARPAL Provinciali di Genova, La Spezia e il DIP.TE.RIS dell'Università di Genova. Atti di convegno: settimana ambientale 2004.

Elevati valori di tali composti sono stati rilevati anche negli "stream sediments" e negli arenili originatisi dallo stesso gruppo litologico in cui si ritrovano fino a 1.731 mg/kg s.s. di cromo, 641 mg/kg s.s. di nichel e 27,6 mg/kg di s.s. di cobalto.

Riesaminando i dati ottenuti nelle stazioni situate lungo il canale di calma, si riscontrano valori del medesimo ordine di grandezza, con concentrazioni generalmente più elevate nei campioni profondi (medie di 118,5 mg/kg s.s. di cromo e 182,9 mg/kg s.s. di nichel) e inferiori nei campioni superficiali (medie di 69,6 mg/kg s.s. di cromo e 110,1 mg/kg s.s. di nichel).

Le differenze fra i campioni profondi e quelli superficiali non sono peraltro risultate statisticamente significative⁴¹ (test "t" di Student con livello di significatività p<0,05; Figura 4-11), il che confermerebbe un'uniformità nella distribuzione di tali composti nel sedimento dovuta alla medesima origine geochimica.

Un'analisi delle correlazioni esistenti fra i diversi parametri ha evidenziato correlazioni lineari significative (p<0,05) con valori generalmente compresi fra 0,6 e 0,8 tra un gruppo di metalli (cromo, nichel e cobalto) e, in misura minore, tra vanadio e zinco ed un altro gruppo di parametri (piombo, stagno, cadmio, rame e berillio e gli idrocarburi a lunga catena (C>12)).

Considerando gli idrocarburi pesanti come tracciante di contaminazione di origine antropica, i risultati dell'analisi fanno ipotizzare che per questi metalli il contributo antropico sia significativo e da ricondursi alle fonti presenti nella zona, quali l'attività siderurgica e le attività portuali.

In questo caso l'analisi della distribuzione degli analiti dei sedimenti a diverse profondità evidenzia generalmente differenze significative con i valori maggiori riscontrati negli strati superficiali.

⁴¹ Le analisi statistiche sui campioni sono state eseguite considerando anche i campioni con concentrazioni inferiori al limite di rilevabilità; in questi casi si è assegnato un valore pari alla metà del limite, secondo le procedure normalmente utilizzate e approvate dal Ministero dell'Ambiente

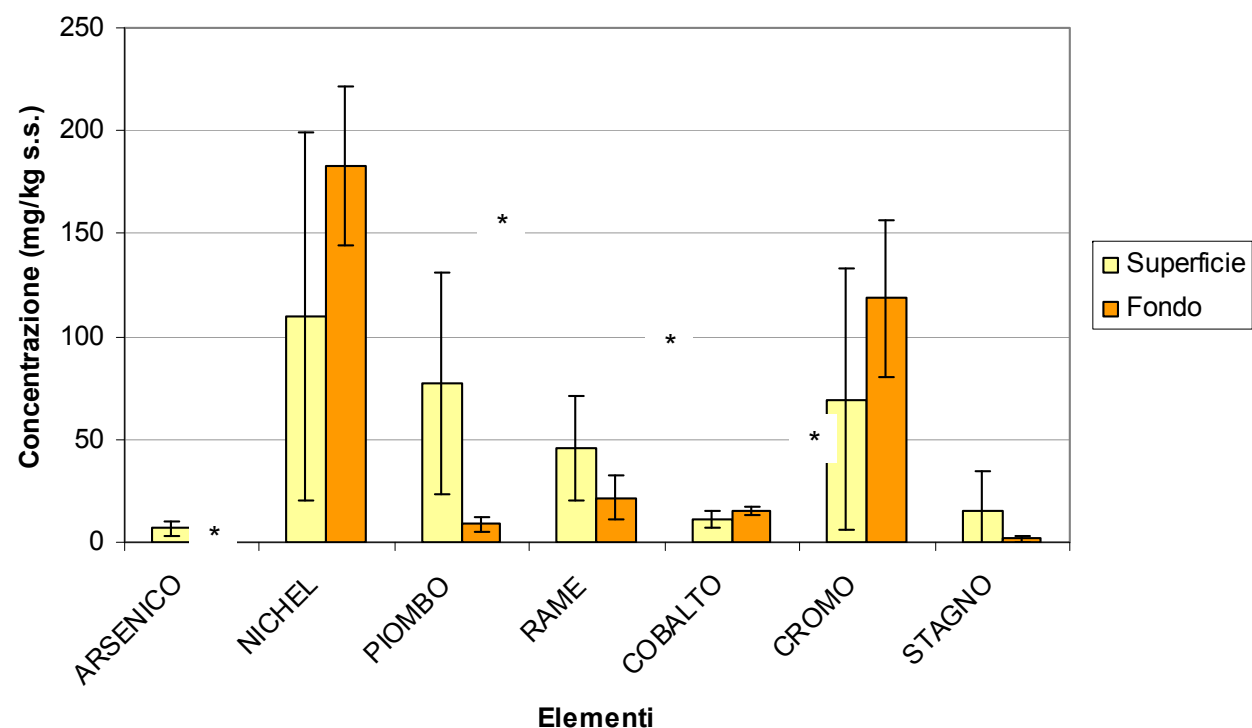


Figura 4-11 Differenze tra le concentrazioni medie e deviazione standard dei principali metalli pesanti rilevate nello strato superficiale e quelle rilevate nello strato profondo. La significatività statistica della differenza tra i due strati è indicata dall'asterisco (*)

Considerando i microinquinanti organici (Tabella 4-9), il confronto è limitato a pochi parametri; nei campioni prelevati nel canale di calma si evidenzia una presenza significativa di idrocarburi pesanti, al di sopra dei valori limite.

L'analisi evidenzia una presenza significativa di questa famiglia di composti nelle frazioni superficiali in tutte le stazioni misurate, che generalmente decresce negli strati più profondi, pur rimanendo su valori sempre apprezzabili.

Le concentrazioni più elevate si riscontrano nella parte orientale del canale; ciò è ragionevolmente attribuibile ad attività antropiche, come per altro riscontrato in molti ambiti portuali, ed alle condizioni idrodinamiche, già descritte in precedenza, che potrebbero aver favorito l'accumulo in tale area. Tale ipotesi è confortata dal confronto con le due stazioni portuali situate a levante e a ponente del canale, che mostrano valori paragonabili a quanto rilevato nel sito, solo nella stazione orientale.

Tabella 4-9 Concentrazione dei principali microinquinanti organici nel sedimento (mg/kg s.s.)

	Canale di calma	D.M. 56/09	LCB ICRAM (2006)	POLS (2006-2009)	Stazione portuale 008 (2008-2009)	Stazione portuale 802 (2009)
	Media(*)			media	media	
Acenaftene	-	-	0,007	0,063	0,017	< l.r. (0,0004)
Acenaftilene	-	-	-	0,013	< l.r. 0,02	< l.r. (0,020)
Antracene	0,045	0,047	0,047	0,826	0,140	0,001
Fluorene	-	0,021	0,021	0,110	0,036	0,001
Naftalene	0,035	0,035	0,035	0,096	0,037	0,001
Fenantrene	-	0,087	0,087	0,886	0,272	0,002
Benzo(a)antracene	-	0,075	0,075	1,560	0,329	0,003
Benzo(a)pirene	0,03	0,08	0,08	2,590	0,633	0,005
Benzo(b)fluorantene	0,04	-	-	1,610	0,501	0,004
Benzo(g,h,i)perilene	0,055	-	-	1,070	0,278	0,004
Benzo(k)fluorantene	0,02	-	-	1,080	0,305	0,002
Crisene	-	0,108	0,108	3,550	0,413	0,002
Dibenzo(a,h)antracene	-	0,006	0,006	0,180	0,048	0,001
Fluorantene	0,11	0,113	0,113	-	0,663	0,005
Indeno(1,2,3-c,d)pirene	0,07	-	-	1,15	0,348	< l.r. (0,002)
Pirene	-	0,153	0,153	2,99	0,840	0,006
Sommatoria IPA	0,15	0,8	0,9	17,77	4,870	0,047
Idrocarburi aromatici	0,013					
Idrocarburi leggeri (C<12)	0,03					
Idrocarburi pesanti (C>12)	413,45	-	-	-	438	< l.r. (5)
Tributilstagno	5	-	-	-	89	N.D.

(*) media ottenuta assegnando metà del limite di rilevabilità ai valori sotto soglia

Nella Tabella 4-10 vengono confrontati i valori dei sedimenti nelle stazioni situate nell'impronta della futura cassa di colmata con i limiti di legge (D.Lgs 152/06).

Come si può osservare solo in un campione vi è un superamento dei limiti previsti per le zone ad uso industriale (riferimento utilizzato per la futura colmata), mentre vi sono superamenti dei limiti di colonna A per stagno e nichel, probabilmente dovuti a cause naturali.

Come sopra ricordato, la presenza di idrocarburi è riconducibile alle attività industriali presenti nell'area di interesse. La realizzazione della colmata avverrà, comunque, assumendo tutte le cautele necessarie, adottando l'approccio previsto dalla Regione Liguria per la movimentazione dei sedimenti marini.

Tabella 4-10 Risultati delle analisi dei principali inquinanti inorganici e organici (mg/kg s.s.) nei sedimenti situati nell'impronta della cassa di colmata e confronto con i limiti del DLgs 152/06

	Antimonio	Arsenico	Berillio	Cadmio	Cobalto	Cromo totale	Mercurio	Nichel	Piombo	Rame	Selenio	Stagno	Vanadio	Zinco	Idroc. aromatici	IPA	Idroc. leggeri C<12	Idroc. pesanti C>12
Colonna A (D.Lgs. 152/06)	10	20	2	2	20	150	1	120	100	120	3	1	90	150	1	10	10	50
Colonna B (D.Lgs. 152/06)	30	50	10	15	250	800	5	500	1000	600	15	350	250	1500	100	100	250	750
SJ1-CA1	0,580	3,560	0,150	0,010	17,260	124,390	0,390	290,470	30,670	26,970	0,060	4,210	59,030	139,330	<0,01	0,009	<0,01	6,070
SJ1-CA2	0,690	12,480	0,120	0,540	20,610	210,070	0,360	338,940	27,490	18,970	0,100	2,600	85,560	135,350	<0,01	0,001	0,020	2,360
SJ1-CA3	0,830	12,090	0,160	<0,01	14,110	117,610	0,440	199,510	5,910	17,170	0,050	1,590	68,300	131,690	<0,01	<0,001	<0,01	28,710
SJ1-CA4	0,150	10,040	0,160	<0,01	15,750	144,160	0,120	213,120	6,110	18,090	0,070	0,790	65,960	87,880	0,030	<0,001	0,060	1,890
SJ3-CA1	1,500	6,120	0,180	0,160	6,950	33,840	0,820	54,750	138,980	44,590	0,070	3,940	42,160	140,090	<0,03	0,005	0,020	275,090
SJ3-CA2	1,310	10,150	0,080	<0,01	13,650	57,480	0,090	166,630	8,770	15,950	0,040	0,450	43,040	117,950	<0,04	0,007	<0,01	2,010
SJ3-CA3	0,520	4,620	0,130	<0,01	13,080	80,220	0,200	186,530	7,740	16,190	0,220	0,670	52,920	123,390	<0,05	0,001	0,010	4,210
SJ3-CA4	0,410	11,060	0,190	<0,01	16,070	161,790	0,740	249,710	9,910	16,460	0,080	0,210	71,580	110,950	0,010	<0,001	0,150	21,140
SJ6-CA1	0,080	14,000	0,290	0,480	13,790	103,970	1,390	146,580	99,570	74,230	0,080	49,350	81,750	95,960	<0,01	0,244	<0,01	5081,470
SJ6-CA2	0,460	11,610	0,150	<0,01	12,300	63,530	0,220	127,370	7,810	17,800	0,040	1,690	51,210	66,100	<0,01	<0,001	<0,01	24,160
SJ6-CA3	0,430	11,480	0,210	<0,01	14,590	122,870	0,320	165,060	29,240	24,340	0,080	1,790	67,940	112,050	<0,01	0,001	<0,01	17,680
SJ6-CA4	0,370	12,080	0,120	<0,01	13,880	143,560	0,100	180,660	10,580	15,420	0,060	4,750	71,410	119,310	<0,01	<0,001	<0,01	88,060

4.2.5 Aspetti morfologici generali

4.2.5.1 Le influenze litologiche e strutturali

Il paesaggio morfologico delle Alpi Liguri si distingue per la peculiarità dei suoi caratteri che riflettono condizioni geologiche assai eterogenee e una notevole articolazione topografica di tutto il territorio, a sua volta attraversato dalla dislivellata tra il bacino adriatico e quello tirrenico.

Le linee fondamentali dell'assetto geomorfologico sono fondamentalmente controllate dalla litologia e dalla struttura tettonica.

Quest'ultima, oltre ad aver determinato, con l'orogenesi alpina, la messa in posto dei principali corpi rocciosi e delineato, con il dispiegarsi dei numerosi sistemi di fratture, il disegno di un primordiale reticolo idrografico, ha guidato successivamente, con movimenti post-orogeni distensivi, basculamenti, fenomeni di subsidenza e di sollevamento, l'evoluzione morfologica di dettaglio.

Su di essa si è esercitata, spesso profondamente, anche l'influenza della litologia, che nelle Alpi Liguri è rappresentata da termini assai diversificati. Ciò ha favorito una spiccata selettività da parte delle forze erosive, con riflessi notevoli sugli aspetti del paesaggio, con il concorso di una marcata intensità dei fenomeni di alterazione superficiale e di modellamento gravitativo, in coincidenza con le frequenti variazioni climatiche nel corso dei tempi quaternari e con la presenza di forti dislivelli altimetrici.

Forme assai articolate, con versanti a forte pendenza, pareti verticali, creste dentellate, ecc. si riscontrano generalmente in rilievi modellati su rocce sia metamorfiche (serpentiniti) che sedimentarie (dolomie e calcari dolomitici), mentre calcescisti, filladi e gran parte delle metamorfite pre-namuriane, spesso notevolmente alterate, danno luogo a forme più morbide; queste sono inoltre caratteristiche della maggior parte delle aree con affioramenti flyschoidi.

La presenza di rocce carbonatiche ha inoltre favorito l'impostarsi di morfologie carsiche, talora assai sviluppate, in particolari condizioni ambientali e strutturali, nelle fasce altimetriche più elevate.

La notevole pendenza dei versanti, unitamente alla considerevole tettonizzazione di quasi tutti i corpi rocciosi, ha da parte sua favorito, grazie anche alla fittezza della rete idrografica, l'attività erosiva delle acque incanalate e il conseguente deposito di materiali alluvionali agli sbocchi vallivi, come testimonia la successione delle brevi ma numerose piane torrentizie lungo la fascia costiera o la notevole entità delle coperture detritiche sia al piede che lungo gli stessi versanti.

4.2.5.2 La neotettonica

La dissimmetria tra il versante tirrenico ed il padano può giustificarsi con il fenomeno, di basculamento, che dovette interessare, presumibilmente in età successiva al Pleistocene inferiore, un'antica superficie di spianamento che si stendeva, emersa, tra il vecchio golfo padano e il Mar Ligure: tale superficie si sarebbe lievemente inclinata verso Nord

lasciando spazio, a Sud, ad un breve ma scosceso versante affacciato sul bacino ligure-tirrenico.

E' su questa antica superficie che in età plio-pleistocenica si sarebbero inizialmente formati i numerosi meandri che caratterizzano il tratto superiore di molti corsi d'acqua, come le due Bòrmide, e che attualmente si trovano incassati sul fondo dei rispettivi alvei in conseguenza delle successive variazioni del livello di base, a loro volta legate prevalentemente alle ricorrenti fasi della tettonica recente (*neotettonica*).

Nel corso del Pliocene e del Quaternario si sono a più riprese verificati dei movimenti tettonici, in prevalenza a componente verticale, che, oltre a determinare nuovi lineamenti morfologici, come scarpate di faglia, deformazione di preesistenti superfici ecc., hanno spesso provocato sia fenomeni di subsidenza sia modifiche all'assetto dell'idrografia e delle linee di costa.

Le principali fasi dell'attività neotettonica si sono succedute, separate da intervalli di relativa stabilità di durata assai diversa, con intensità generalmente decrescente. Una vivace fase neotettonica (collocabile a circa 1,65 Ma) segnerebbe la separazione tra il Pliocene e il Quaternario, mentre altre due distinte fasi neotettoniche marcherebbero la conclusione del Pleistocene antico (0,7 Ma) e l'inizio dell'Olocene (18 mila anni or sono).

4.2.5.3 I terrazzi

Le influenze della tettonica quaternaria, unitamente a quelle delle oscillazioni glacio-eustatiche, hanno portato alla formazione di numerosi ordini di terrazzi, ben riconoscibili sia nelle valli dei due opposti versanti, padano e tirrenico, sia lungo lo stesso litorale. Lungo i maggiori corsi d'acqua sono riconoscibili almeno tre ordini di terrazzi, riferibili, come formazione, alle tre ultime fasi glaciali pleistoceniche.

I terrazzamenti delle brevi valli del versante tirrenico si raccordano generalmente con quelli marini.

Numerosi sono gli ordini dei terrazzi marini finora riconosciuti e le cui tracce si riscontrano nei promontori rocciosi che orlano la costa dal confine francese fino a Genova.

I più antichi (di età pliocenica) si trovano attestati oltre i 150 m di quota (trasgressione piacentiana), come testimoniano i depositi scagliati a diverse altezze. Qui i depositi pliocenici si spingono fin oltre i 600 m di quota anche a causa del regime di sollevamento che caratterizza la tettonica di questo tratto del litorale ligure.

Ancora più complessa è la successione dei *terrazzi marini quaternari*, di cui sono stati accertati almeno sei ordini.

Va ricordato, inoltre, che prima che il livello del mare si stabilisse alla quota attuale, esso discese, durante l'acme della glaciazione würmiana (Würm III), poco oltre l'isobata di 100 m, come evidenzia l'andamento della topografia della piattaforma sottomarina e della relativa scarpata.

4.2.5.4 Rischio frane

Per le sue caratteristiche geologiche, geomorfologiche e climatiche, il territorio in esame è esposto in modo significativo ai fenomeni di instabilità dei suoli. Le piogge, spesso torrenziali, e le piene dei torrenti che ne conseguono, contribuiscono a innescare, sia sulla costa che all'interno, fenomeni di erosione accelerata e brusche oscillazioni delle falde acquifere sotterranee.

Da questa situazione derivano dissesti di varia tipologia: frane di crollo dovute a particolari situazioni di fragilità strutturale e tettonica degli ammassi rocciosi su pendii acclivi; scorrimenti o scivolamenti di coltri o pacchi di roccia in presenza di acque di falda e superficiali disorganizzate; improvvise e veloci colate detritiche; deformazioni gravitative profonde di versante, lente, continue nel tempo e lesive per le strutture sovrastanti. L'interferenza tra le aree a pericolo di frana e gli elementi territoriali vulnerabili (centri abitati, strade, fognature, emergenze ambientali di pregio) determina il cosiddetto " rischio di frana".

4.2.6 Analisi geomorfologia di dettaglio

4.2.6.1 Inquadramento geomorfologico dei bacini idrografici interessati dal progetto

Morfologicamente l'area è caratterizzata da una stretta fascia pianeggiante, parallela alla costa, che passa bruscamente ai rilievi montuosi retrostanti sempre molto acclivi, talora aspri, che raggiungono quote superiori ai 700 metri s.l.m.

Il reticolo idrografico è caratterizzato da torrenti montani, a prevalente andamento nord-sud, con versanti spesso a forte acclività, fondovalle incassati e strette fasce alluvionali. L'unico corso d'acqua con un fondovalle più sviluppato è il Torrente Polcevera, che nell'area di studio risulta regimato e scorre all'interno di argini artificiali.

Il tracciato in progetto si sviluppa attraversando, da ovest ad est, i bacini idrografici dei torrenti Cerusa, Leiro, Branega, San Pietro o Foce, Varenna, Chiaravagna, Polcevera e, marginalmente, Bisagno. Vi sono, inoltre, una serie di aree scolanti e bacini di dimensioni minori con corsi d'acqua spesso tombinati nella parte terminale, si tratta di elementi caratterizzati da deflusso in ambiente quasi completamente urbanizzato.

Il bacino del Torrente Cerusa occupa complessivamente circa 24 km². I bacini secondari sono molto più sviluppati in sponda orografica destra che in sinistra. L'andamento dell'asta principale appare fortemente influenzato dall'assetto geologico-strutturale dell'area. Il bacino è caratterizzato da versanti principali frequentemente interrotti da impluvi minori e da versanti secondari di forma stretta ed allungata.

Il bacino del Torrente Branega occupa circa 5 km² sviluppandosi da 881 m s.l.m. (Monte Cuccio) al livello del mare; il corso d'acqua principale ha lunghezza circa 5 km, ed è caratterizzato da una valle molto incisa.

Il bacino del Torrente San Pietro o Foce, esteso circa 3.6 km² da quota 617 m al livello del mare, è percorso da un reticolo idrografico composto principalmente dal Rio Fagaggia, ad ovest, e dal Rio San Pietro, ad est, entrambi a direzione NNE-SSO e che si uniscono a circa 300 m dalla foce in mare. Il bacino è caratterizzato dalla presenza di numerosi dissesti, per lo più impostati nei livelli superficiali.

Il bacino del Torrente Leiro è ubicato a monte dell'abitato di Voltri, a Ovest del capoluogo ligure e si caratterizza per la presenza di numerose ramificazioni. L'asta principale ha uno sviluppo di circa 11 Km e si allunga secondo un orientamento circa Nord-Sud. La direzione di deflusso, praticamente perpendicolare alla costa ligure, raggiunge il mare nel punto più settentrionale del Golfo di Genova, nelle vicinanze dell'abitato di Voltri. I suoi affluenti principali sono il rio Gorsexio, il rio Acquasanta ed il rio Ceresolo, che drenano

rispettivamente una superficie di 8.6 km², 17.8 km² e 4.9 km²; un'affluente minore è il rio Piccardo.

Le aste dei torrenti Gorsexio, Acquasanta e Ceresolo, hanno una lunghezza rispettivamente pari a 6.3 km, 8.7 km e 4.9 km. Lungo i versanti, in alcune zone, soprattutto in corrispondenza di tratti d'alveo in curva sono stati rilevati fenomeni di erosione. A questi si sono associati locali scalzamenti di materiale lungo le sponde e sul fondo dell'alveo.

Il Torrente Varenna si sviluppa in direzione nord-sud per circa 9 km sottendendo un bacino idrografico di circa 22 km². Il suo affluente principale è rappresentato dal Rio Cantalupo, in destra idrografica. Nel tratto esaminato i versanti del bacino sono caratterizzati da movimenti franosi di medie dimensioni, mentre sono presenti fenomeni coinvolgenti spessori ed estensioni avvicinandosi ai corsi d'acqua.

Il bacino del Torrente Chiaravagna, esteso nell'entroterra di Sestri Ponente per circa 3.5 km e occupante una superficie di circa 11 km², è caratterizzato da una morfologia fortemente influenzata dall'attività antropica: nella parte medio bassa del bacino sono presenti alcune attività di cava, si concentrano numerose strutture produttive ad alta qualificazione tecnologica ed in generale è presente un forte sviluppo urbano; nella parte alta è presente la più grande discarica di rifiuti solidi urbani autorizzata nella Regione; infine nel bacino è anche presente la spianata degli Erzelli, ottenuta attraverso la demolizione della vetta del M. S.Croce. In generale le criticità che si possono riscontrare lungo il tracciato sono fenomeni di instabilità di versante, attivi e potenziali, principalmente legati alle scarpate di cava, e potenziali fenomeni di allagamento e di erosione spondale in corrispondenza degli attraversamenti.

Il bacino del Torrente Polcevera è esteso per circa 140 km² da quota 1113 m (Monte Taccone) fino alla foce situata in mare presso Cornigliano; l'asta principale è lunga circa 20 km. Il Torrente Polcevera trae origine dalla confluenza del torrente Verde con il torrente Riccò, nei pressi di Pontedecimo.

Gli affluenti in sinistra idrografica, che sono principalmente interessati dal progetto definitivo, sono il torrente Secca, che confluisce nel Polcevera in prossimità di Bolzaneto, il Geminiano ed il Torbella.

Gli affluenti in sponda destra sono i torrenti Burba, Trasta e Fegino.

Il reticolo idrografico del Polcevera e dei maggiori affluenti è fortemente condizionato dall'assetto strutturale, le cui direttrici principali sono disposte secondo direzioni N-S. La piana alluvionale di fondovalle si estende per una lunghezza di circa 7.5 km, occupando una superficie di 5 km². I sedimenti di cui è composta hanno spessori crescenti verso mare passando da pochi metri in corrispondenza di Pontedecimo, fino a circa 50 m nella zona della foce. Sulla prosecuzione a mare del Polcevera si trova un canyon sottomarino formatosi per fenomeni erosivi dovuti all'eccesso di sedimento trasportato. Gli effetti dell'antropizzazione nel bacino del Torrente Polcevera si osservano lungo i versanti, spesso oggetto in passato di attività agricole e pastorali, e soprattutto nei fondovalle, dove il crescente sviluppo degli insediamenti industriali e delle infrastrutture viarie è avvenuto lungo le aste dei corsi d'acqua a discapito degli alvei. A causa dell'elevato grado di antropizzazione raramente sono riconoscibili significative forme di evoluzione fluviale.

Dal punto di vista della stabilità dei versanti il tratto esaminato del bacino del Torrente Polcevera è caratterizzato dalla presenza di fenomeni franosi di dimensioni medio-piccole,

impostatisi spesso ai danni della coltre di alterazione superficiale, ma in alcuni casi coinvolgenti spessori maggiori.

4.2.6.2 *Forme e depositi dovuti all'azione della gravità e processi di pendio*

Nell'area studiata è presente una cospicua coltre eluvio-colluviale e di alterazione, che in qualche caso si estende dal crinale fino al fondovalle, sulla quale si impostano i fenomeni franosi. L'attività agricola, laddove è ancora presente, determina una mitigazione dei fenomeni di dissesto in quanto localizzata in terrazzamenti realizzati su versanti anche molto acclivi.

In base al loro grado di attività le frane, sono state distinte in:

- frane attive, per le quali è possibile riconoscere un'evoluzione stagionale;
- frane quiescenti, che attualmente non hanno indizi di attività;
- paleofrane.

Per le frane quiescenti, visto che tali fenomeni non hanno necessariamente esaurito la loro potenzialità evolutiva, non è comunque possibile escludere una loro riattivazione, quantomeno parziale. La riattivazione potrebbe avvenire in concomitanza piogge di intensità eccezionale, eventi sismici dotati di elevata energia, oppure eventuali interventi antropici, quali scavi al piede e/o sovraccarichi in testa, in grado di riattivare i dissesti.

Gli studi geomorfologici di dettaglio hanno inoltre permesso di individuare due zone con morfologie (versante dissestato, con contropendenze e presenza di materiale intensamente fratturato) che fanno presupporre l'esistenza di deformazioni gravitative profonde di versante (DGPV):

- la prima DGPV è ubicata lungo il versante destro orografico della Val Branega, tra il Monte Amandola ed il corso del torrente. Le informazioni disponibili e l'inaccessibilità dei versanti non hanno consentito di analizzare il fenomeno nel dettaglio;
- la seconda DGPV interessa il versante sinistro della Val Torbella (settore est del bacino del Polcevera) ed è caratterizzata da ripiani e contropendenze, inoltre il sondaggio SA7-1 ha evidenziato la presenza di materiale completamente fratturato fino alla profondità di circa 70 m.

Gli studi a corredo della progettazione fanno ritenere che le frane in questione abbiano raggiunto uno stato di equilibrio, che potrebbe alterarsi solamente in relazione ad eventi di eccezionale rilevanza. Nelle aree interessate da questi dissesti si sono instaurati movimenti franosi, caratterizzati prevalentemente da meccanismi complessi, sia quiescenti che attivi.

Nell'area interessata dal progetto sono stati inoltre individuati numerosi fenomeni di franosità diffusa sia attiva che quiescente: si tratta di forme di piccole dimensioni, tra loro ravvicinate ed anastomizzate, che si impostano sia lungo versanti con coperture detritiche e di alterazione, sia nell'ambito di depositi antropici, come quello presente nella cava ubicata in sinistra idrografica del Torrente Varenna.

Altri fenomeni presenti con frequenza sono stati quelli di soliflusso che si impostano sulle coltri di disfacimento del substrato lapideo e che non è escluso possano evolvere in

movimenti a maggiore pericolosità. Anche le frane di dimensioni non cartografabili sono da considerare come indice di versanti predisposti al dissesto.

Sono state inoltre distinte le seguenti forme:

- orlo di distacco di frana, che rappresenta la linea di rottura lungo la quale è avvenuto un distacco di materiale, talora anche di notevoli volumi. L'orlo evidenzia la parte superiore (testata) del movimento franoso.
- orlo di scarpata o rottura di pendio, che comprende le scarpate naturali, connesse alla litologia e/o ad elementi tettonici disgiuntivi, oppure le forme di deposito o erosive nell'ambito di accumuli di detrito e le frane quiescenti. Queste forme sono presenti in tutte le litologie rilevate.
- orlo di scarpata in erosione.

4.2.6.3 *Forme e depositi dovuti allo scorrimento delle acque*

L'azione erosiva delle acque incanalate svolge un importante ruolo nell'attivazione dei dissesti, pertanto sono stati cartografati gli alvei in approfondimento, le porzioni di alveo soggette ad erosione di sponda e le aree con erosione diffusa. Queste ultime rappresentano quelle zone ove avviene un trasporto delle particelle detritiche lungo linee di massima pendenza ad opera del velo d'acqua che ricopre diffusamente il suolo, il quale subisce un logoramento pressoché uniforme su tutta la superficie.

Questo fenomeno è caratterizzato da un finissimo reticolato di rivoli, i quali si distribuiscono sul pendio in maniera diversa nel tempo, i solchi generati, nelle zone coltivate, vengono facilmente eliminati dalle lavorazioni agrarie stagionali. Quando il fenomeno si accentua si formano sottili linee di scorrimento idrico che finiscono per concentrarsi e canalizzarsi entro incisioni già esistenti o approfondite dalla stessa corrente in forma di rigagnoli, molto spesso mettendo a nudo il substrato.

4.2.6.4 *Forme e depositi antropici*

Sono state incluse in questa classe le forme di origine antropica ancora riconoscibili, dovute ad accumulo e riporto di materiali per varie esigenze. Esse comprendono: rilevati stradali, riporti e discariche di materiali di risulta. Tali forme sono state cartografate nei casi in cui rappresentino significative alterazioni della originaria morfologia.

Le Cave sono state rappresentate unitamente alle aree di loro pertinenza, distinguendo tra attive ed inattive o dismesse. I fronti di cava inattivi presentano talora fenomeni di crollo.

Le scarpate di origine antropica indicano la presenza di rotture di pendio determinate da sostanziali modifiche del profilo del versante ad opera dell'uomo. Appartengono a queste forme le scarpate connesse ai coronamenti ed alle aree in fossa delle cave, i salti morfologici determinati da movimenti di terra per opere di urbanizzazione ed i margini degli accumuli di terreno di riporto.

4.2.6.5 *Forme e depositi carsici*

Nell'area sono presenti alcuni litotipi favorevoli alla generazioni di fenomeni carsici e in bibliografia sono segnalate 3 aree carsiche:

- Alta Val Chiaravagna, dove sono presenti cavità sia nella Dolomia del Monte Gazzo sia nei litotipi calcarei della serie Gallaneto-Lencisa

- Monte Gazzo dove le strutture carsiche interessano unicamente la Dolomia del Monte Gazzo;
- Monte Antola dove la Formazione carsogena è rappresentata dai Calcari del Monte Antola.

4.2.6.6 Zonazione geomorfologica

Il territorio rilevato è grossolanamente divisibile in 6 settori distinti dal punto di vista dei caratteri geomorfologici:

- Fascia costiera;
- Settore a ovest della struttura tettonica "Sestri-Voltaggio";
- Settore della Dolomia del Monte Gazzo
- Settore tra il Monte Gazzo e la Val Polcevera;
- Val Polcevera;
- Settore ad est del Torrente Polcevera.

Fascia costiera

La fascia costiera, oramai pressoché irriconoscibile per i pesanti interventi di antropizzazione, è impostata sia sui depositi alluvionali dei torrenti Bisagno, Polcevera, Chiaravagna e minori e sia su depositi transizionali.

Gli interventi di antropizzazione hanno portato alla modificazione ed al livellamento della zona, soprattutto mediante riporti entro la vecchia cinta muraria, ed alla creazione di imponenti terrazzamenti nella fascia di raccordo verso monte.

La linea di costa lungo il fronte portuale ha subito una progressiva migrazione verso mare ad opera dei successivi interventi di colmata, finalizzati ad ampliare l'area industriale. La morfologia della zona risente enormemente da un lato delle variazioni del livello del mare, che hanno portato alla formazione di terrazzi marini a varie quote, dall'altro della presenza dei corsi d'acqua che hanno inciso le rocce alterate e tettonizzate generando valli molto incassate, con versanti ripidi e piccole piane nella zona in cui sfociano in mare.

Settore ad ovest della Sestri-Voltaggio

La zona ovest dell'area rilevata si imposta sui litotipi dell'UT Voltri e Palmaro- Caffarella ed è caratterizzata dallo sviluppo di morfologie strettamente legate alla resistenza del substrato.

Nelle aree più vicine alla costa e nella zona tra il Monte Amandola e Vesima affiorano prevalentemente calcescisti la cui erodibilità determina lo sviluppo di coltri eluvio-colluviali costituite da depositi talora di spessore consistente a granulometria prevalentemente di sabbie-limose, sabbia-argillosa e ghiaie, sulle quali si instaurano diffusi fenomeni erosivi e dissesti, sia attivi che quiescenti (tipo colata o rototraslazione).

Nella parte alta delle valli, vicino alle testate dei bacini, la presenza di estesi affioramenti di serpentiniti e lherzoliti più competenti dà luogo a morfologie aspre ed a scarsa od assente presenza di coperture e suoli. In questo ambito prevalgono le frane in roccia e le falde di detrito derivanti dal disfacimento dell'ammasso roccioso alterato e fratturato. Diffusi sono i fenomeni erosivi per ruscellamento diffuso e scorrimento superficiale. I versanti sono normalmente ripidi e denudati, mentre le valli risultano strette e molto incise (es. Val Branega). Sul lato occidentale (M. Gazzo) si evidenzia, entro le serpentiniti del Gruppo di Voltri, una fascia a morfologia blanda, dalla quale emergono litosomi lherzolitici massivi di grande volume, con superfici levigate. Sono stati interpretati come lithons residuali entro

una fascia ad elevata laminazione a ridosso della Linea Sestri - Voltaggio. All'interno di questa fascia a morfologia blanda, coperta da suoli a matrice fine, sono presenti sorgenti, alcune delle quali impattate dallo scavo del tunnel ferroviario di servizio al porto di Voltri.

Settore della Dolomia del M. Gazzo

Coincide con l'area di affioramento dell'Unità Morfotettonica Gazzo-Isoverde. Il nucleo dolomitico dell'unità è caratterizzato da un rilievo morfologico significativo, quasi interamente intaccato dalle cave di dolomia. Delle morfologie superficiali sono conservate poche tracce. L'ammasso è interessato da evidenti fenomeni carsici, con condotte freatiche fino a 200 m di quota, attualmente asciutte. Le condotte a livello del fondovalle risultano interessate da flussi idrici temporaneamente consistenti.

Settore tra M.te Gazzo e Val Polcevera

Il settore più occidentale della struttura tettonica "Sestri-Voltaggio" è caratterizzato da marginali affioramenti dell'Unità Morfotettonica Gazzo-Isoverde. Il nucleo dolomitico dell'unità è caratterizzato da un rilievo morfologico significativo, quasi interamente intaccato dalle cave di dolomia. Delle morfologie superficiali sono conservate poche tracce. L'ammasso è interessato da evidenti fenomeni carsici, con condotte freatiche fino a 200 m di quota, attualmente asciutte.

Più ad est, e per la maggior parte di questo settore, si ritrovano rocce appartenenti alle UT Figogna e Cravasco-Voltaggio, in prevalenza costituite da serpentiniti e metabasalti. Le morfologie si presentano aspre dove i materiali sono meno tettonizzati (M.te Figogna), mentre nelle zone interessate da cataclasi si evidenziano ampie superfici denudate interessate da fenomeni di erosione accelerata. Il fenomeno è molto evidente all'imbocco della Val Cassinelle, entro la cava di serpentinite in sinistra idrografica, dove le serpentiniti presentano facies cataclastiche, della granulometria della sabbia, che hanno generato forme di erosione con un aspetto calanchivo (gully erosion), soggette a crolli ripetuti di materiale dalle pareti.

In alta Val Cassinelle i metabasalti danno origine a pareti verticali di altezza decametrica, che generano successioni di piccole cascate lungo il torrente; appena più a valle il torrente incide profondamente le unità serpentinitiche dando luogo a una forra con pareti da sub-verticali a ripide, non evidenziate dalla cartografia tecnica regionale.

Sono presenti alcuni depositi di frana che interessano generalmente le serpentiniti e secondariamente i metabasalti; si tratta sempre di frane a blocchi, talora con caratteristiche di colata se la pendenza del versante è ridotta, probabilmente legate a fenomeni di espansione laterale dovuti all'appoggio sulle facies più laminate e tettonizzate.

Val Polcevera

La Val Polcevera è dominata dalle successioni di argilloscisti, argilliti ed unità flyschoidi, che determinano morfologie morbide sebbene caratterizzate da versanti ripidi.

L'elevato spessore delle coltri di alterazione, che supera localmente i 15 metri, ma presenta valori medi di 2-4 m, è facilmente inciso da rii minori e canali di ruscellamento temporaneo, con scarpate in erosione che raggiungono i 6-7 metri di altezza; tuttavia data l'intensa copertura vegetale non si evidenziano testate in arretramento e significativi fenomeni di erosione accelerata. I versanti impostati nell'ambito di unità argillitiche sono spesso soggetti a frane in corrispondenza di interventi antropici, come a monte dei serbatoi ERG dismessi. Il fondovalle è sostanzialmente pianeggiante sebbene quasi interamente antropizzato e modificato dai rilevati ferroviari e stradali realizzati sulla sponda

orientale e dalle spianate dell'area industriale ubicata sulla sponda occidentale. L'alveo di esondazione del fiume è interamente contenuto entro le scarpate morfologiche, completamente rettificata e rivestita da muri. Per ampi tratti anche il fondo del fiume è rivestito da lastre di cemento.

L'evoluzione neotettonica non mostra interferenze significative con l'evoluzione morfoclimatica dei versanti; nelle aree di cresta sono conservate paleosuperfici residuali, con discreto grado di correlazione, alle q. 90-100, 140, 190-200 m s. l. m.

Settore ad est del Torrente Polcevera

Il settore orientale è dominato dalla cresta dei Forti costituita dalla Formazione del Monte Antola che, soprattutto nella parte basale, presenta bancate carbonatiche di discreto rilievo morfologico; queste scarpate hanno generato consistenti falde di detrito. Le pareti ad elevata acclività hanno generato fenomeni franosi nel recente passato; a NE di Begato sono conservate tracce visibili e di fronte, in località C. del Diavolo, è presente una frana attiva caratterizzata dalla riattivazione di una precedente colata di blocchi estesa su un fronte più ampio.

Alcuni dissesti minori sono diffusi sui versanti; in particolare la Formazione di Ronco appare suscettibile in corrispondenza di alcune delle linee strutturali ad andamento coniugato lungo la direttrice E-O.

4.2.7 Caratterizzazione geomorfologica dei fondali nel canale di calma

Nell'ambito del presente progetto è stato eseguito un rilievo di dettaglio della batimetria del canale di calma e delle zone adiacenti; il risultato è presentato nella Figura 4-12; come si può osservare, la profondità del fondale si aggira sui 10 m circa, con variazioni comprese fra i -4,5 m e i -14,5 m.

L'andamento delle linee batimetriche mette in evidenza l'influenza delle correnti rispetto all'ostacolo costituito dalle dighe portuali, che tendono a mantenere il materiale in sospensione all'interno del porto. Tale materiale tende quindi a depositarsi parzialmente nella zona antistante la foce del Torrente Polcevera e in minima parte a fuoriuscire dalla bocca di porto a seguito dell'azione della marea. Una parte dei detriti del Polcevera entra nel canale di calma, depositandosi in prevalenza nel tratto più orientale del canale (Figura 4-12), in quanto la corrente litoranea che si sviluppa nel canale di calma sotto l'influenza dei venti prevalenti spinge le acque del canale da est verso ovest favorendo l'ingresso dei detriti nel canale. La deposizione di tale materiale viene favorita nelle aree in cui le velocità delle correnti parallele alla costa provenienti dalla bocca orientale del canale sono minori, ossia lungo il margine aeroportuale (Figura 4-12).

In corrispondenza del canale artificiale dello stabilimento ILVA, è ben evidente una trincea profonda circa un paio di metri rispetto al piano del fondale, realizzata per la posa di una condotta di scarico.

Lungo la piattaforma aeroportuale si individuano aree a bassa profondità, -4, -5 m. È probabile che si tratti di accumuli detritici generati dagli apporti di materiale solido trasportati dai torrenti (Rio Secco e Rio Roncallo) che sotto passano l'aeroporto.

Il confronto con le profondità all'esterno della diga foranea evidenzia l'alterazione del regime sedimentologico naturale, indotta dalla presenza della struttura, ultimata nel 1962; all'interno del canale le profondità sono generalmente inferiori di quelle immediatamente esterne a causa del prevalere dei fenomeni di sedimentazione.



Figura 4-12 Profilo batimetrico del canale di calma

Per quanto attiene alla stratigrafia dei sedimenti, la stessa è stata analizzata a partire dai sondaggi eseguiti all'interno del canale stesso per la caratterizzazione geotecnica.

Come si può notare dalla Figura 4-13 e dalla Tabella 4-11, i prelievi sono stati eseguiti lungo la diga foranea, a circa 22 m di distanza dalla stessa, e lungo la banchina aeroportuale, ad una distanza di circa 13 m.

La descrizione completa delle stratigrafie è contenuta nella relazione Geologica, geotecnica e sismica, cui si rimanda; nel seguito si richiamano sinteticamente solo le caratteristiche principali degli strati superficiali (fino a -10 m dal piano fondale), all'interno dei quali sono stati ricavati i campioni per la caratterizzazione chimico fisica.

Considerando i profili stratigrafici dei campioni situati lungo il margine aeroportuale (Figura 4-14), si può osservare la presenza di uno strato di materiali fini (essenzialmente limi) per una profondità di circa un metro, sotto il quale è presente uno strato di sabbie fini.

Nel caso dei sondaggi situati lungo il margine della diga foranea (Figura 4-15), nei due campioni più occidentali si riscontrano trovanti e ghiaie (probabilmente parte del materiale della diga) nei primi 3- 4 m, cui segue uno strato di sabbie fini con presenza di limi, seguito da uno strato di limo-limo sabbioso fino ai 10 m di profondità. I due campioni orientali invece presentano in superficie (primi 3 metri) uno strato di argille nerastre, incoerenti, seguite dallo strato sabbioso e dai limi con potenza variabile. In un solo campione (SJ8) si riscontra la presenza di argille anche in profondità.

I profili stratigrafici confermano i risultati derivati dagli studi modellistici sulle correnti e sul trasporto solido, descritti nel capitolo precedente, e portano a ritenere che la presenza in superficie di strati fini sia la conseguenza della costruzione della diga, la quale ha reso possibile la sedimentazione anche delle frazioni più fini di origine fluviale; in quest'ottica si potrebbe affermare che lo strato sabbioso che si incontra sotto le frazioni fini sia effettivamente rappresentativo dei fondali originariamente presenti prima della costruzione della diga.



Figura 4-13 Localizzazione dei punti di esecuzione dei sondaggi geognostici

Tabella 4-11 Caratteristiche dei punti di sondaggio

Punto	Data	Coordinate Gauss Boaga	Profondità del fondale (m)	Profondità del sondaggio (m dal piano fondale)
SJ1	Dal 21/10/10 al 22/10/10	X: 1486016,1618; Y: 4917924,9735;	n.d.	48
SJ2	Dal 7/10/10 al 9/10/10	X: 1486443,6981; Y: 4917593,7700;	13,70	60
SJ3	Dal 14/10/10 al 15/10/10	X: 1486980,1739; Y: 4917659,1132;	11,80	49
SJ5/SJ5bis*	10/10/10	X: 1487407,9339; Y: 4917328,7242;	13,10	42,50
SJ6	Dal 20/10/10 al 21/10/10	X: 1487943,7402; Y: 4917392,7628;	12,20	60
SJ8/SJ8bis*	Dal 7/10/10 al 9/10/10	X: 1488372,0278; Y: 4917063,1618;	13,10	60
SJ9/SJ9bis*	Dal 15/10/10 al 16/10/10	X: 1489011,3591; Y: 4916888,8169;	11,10	60

* Sondaggi eseguiti sulla medesima verticale con profondità diverse

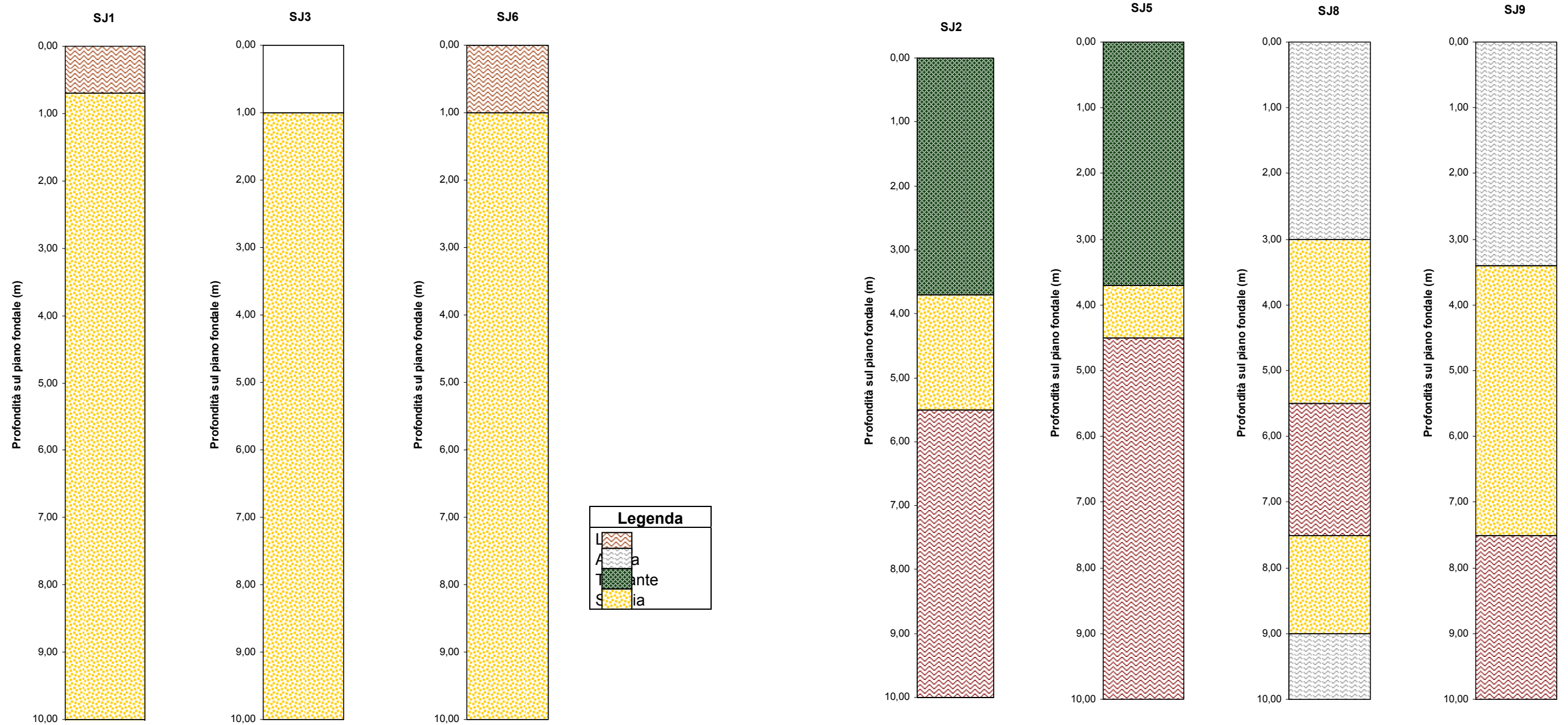


Figura 4-14 Stratigrafie superficiali dei sondaggi situati lungo il margine aeroportuale (il primo metro del campione SJ3 non è stato prelevato perché troppo incoerente, il carotiere è affondato per peso proprio)

Figura 4-15 Stratigrafie superficiali dei sondaggi situati lungo la diga foranea

4.2.8 Aspetti idrogeologici

4.2.8.1 Inquadramento climatologico

Relativamente alle caratteristiche climatologiche per la ricostruzione del regime pluviometrico dell'area in esame sono state analizzate le serie storiche relative a n. 10 stazioni pluviometriche e n. 4 stazioni termometriche ubicate all'interno del territorio in esame (cfr. IDRO301 e tavole allegate).

Tabella 4-12 Stazioni pluviometriche e precipitazioni medie annue (cfr. IDRO301)

Stazione	Quota (m s.l.m.)	P media (mm/a)	Serie	n. anni
GE-Centro	21,0	1174,0	1961-90	29,0
GE-Università	21,0	1237,7	1937-2005	59,0
Alpicella	48,0	1233,0	1935-84	48,0
GE-Pontedecimo	75,0	1350,9	1935-2005	41,0
Mele	270,0	1621,5	1961-2005	39,0
Fiorino	290,0	1678,4	1935-2005	62,0
Isoverde	300,0	1692,7	1935-2005	64,0
Valleregia	370,0	1496,0	1961-76	13,0
Crocetta d'Orero	460,0	1444,4	1935-2005	53,0
Viganego	470,0	1681,0	1935-2005	25,0

Gli afflussi meteorici nell'area interessata dalle opere sono particolarmente abbondanti, prossimi a valori medi di 1500 mm/anno alle quote collinari, quasi il doppio della media nazionale. L'esame dei dati di piovosità annua disponibili evidenzia inoltre la presenza di variazioni dei valori massimi e minimi anche significativamente distanti dalla media.

Le precipitazioni sono caratterizzate da elevata intensità con valori ricorrenti che superano i 100 mm/giorno e casi critici che superano i 300 mm/giorno.

Tabella 4-13 Stazioni termometriche e temperature medie annue (cfr. IDRO301)

Stazione	quota (m s.l.m.)	T media (°C)	Serie	n. anni
GE-Centro	21,0	15,7	1961-90	29,0
Mignanego	250,0	11,5	1961-90	29,0
Passo del Giovi	475,0	10,4	1951-80	29,0
Montebruno	657,0	9,5	1961-90	29,0

Utilizzando i dati di precipitazione (P) e temperatura media (T) mensile e calcolando l'evapotraspirazione potenziale (E) con il metodo di Thornthwaite è stata effettuata la stima della precipitazione efficace Pe. La stima è stata condotta escludendo i mesi con deficit di

deflusso (P<E). I valori di Pe variano da un minimo di circa 500 mm a livello del mare a un massimo di circa 1000 millimetri a quota 500 m s.l.m.

La distribuzione mensile dei valori medi di evapotraspirazione potenziale e di precipitazione, riportata nei grafici seguenti, consente di valutare il bilancio idrico della zona in esame, che evidenzia l'instaurarsi di una situazione di deficit idrico nel periodo compreso tra maggio e agosto, in cui vengono intaccate le riserve idriche del suolo, mentre nei rimanenti periodi dell'anno si hanno condizioni di surplus idrico che favoriscono la ricarica delle riserve idriche.

Dall'esame dei diagrammi risulta evidente come l'entità del deficit idrico diminuisca con l'aumentare della quota mentre il surplus idrico mostri un andamento opposto.

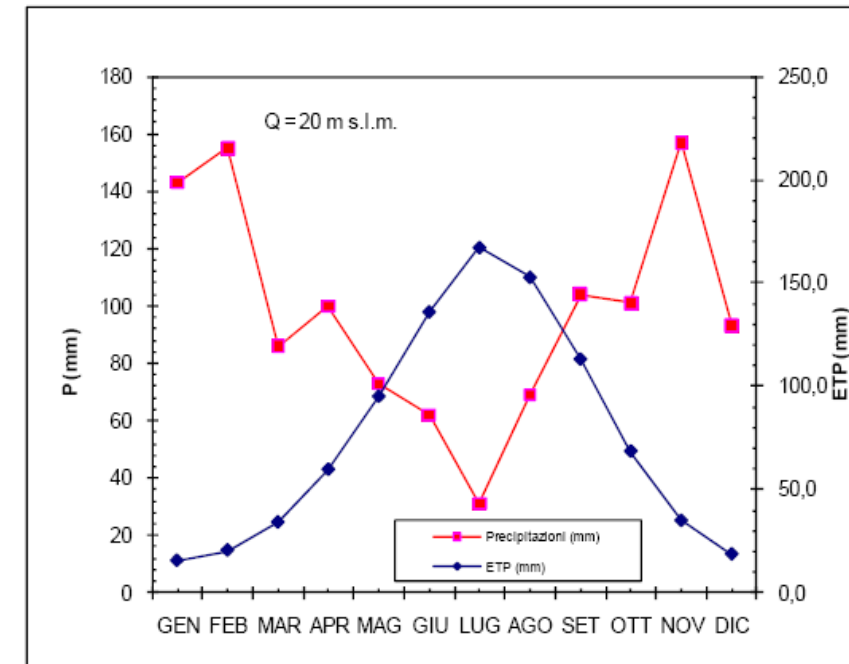


Figura 4-16 Bilancio idrico per la Stazione di Genova Centro al livello del mare (cfr. IDRO301)

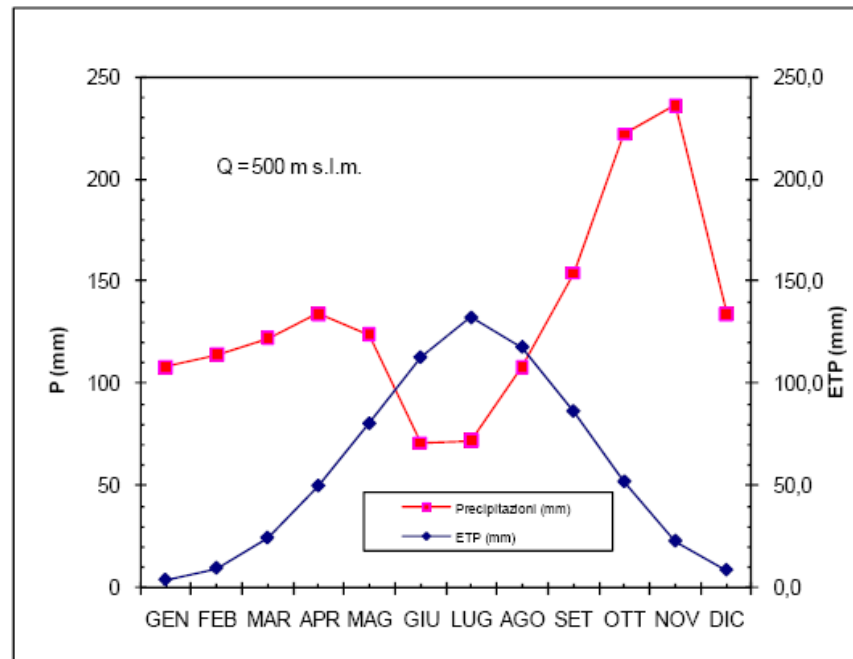


Figura 4-17 Bilancio idrico per la Stazione di Passo dei Giovi a quota 500 m s.l.m. (cfr. IDRO301)

Nello studio idrogeologico redatto dalla Hydrodata (cfr. IDRO301), a fronte di valori medi annui delle precipitazioni e delle temperature a quota 500 m s.l.m. ($P = 1599$ mm/anno; $T = 9,5$ °C), vengono fornite alcune stime relative al deflusso medio superficiale (R) ed all'infiltrazione efficace (I):

- $R = 957$ mm/anno
- $I = 103$ mm/anno

Il regime pluviometrico nella zona in esame, associato alla ridotta permeabilità in generale delle rocce affioranti e all'elevata energia di rilievo, favorisce il processo di ruscellamento di superficie che dà origine, in ogni stagione dell'anno, a fenomeni di piena frequenti e di elevata intensità, in tutti i corsi d'acqua dell'area.

4.2.8.2 Sorgenti e pozzi presenti nell'area in esame

Al fine di ottenere un quadro conoscitivo relativo alla distribuzione delle sorgenti e dei pozzi situati nell'area investigata nello studio idrogeologico a supporto del progetto, oltre a una analisi preliminare dei dati bibliografici, è stata eseguito un censimento dei punti d'acqua situati in una fascia di circa 2 km a cavallo del tracciato; in diversi casi, tuttavia, sono stati censiti anche punti d'acqua più distanti in quanto ritenuti significativi nell'ambito del contesto idrologico locale, della significatività socio economica e dei rapporti di interferenza con lo scavo.

Per ognuno dei punti d'acqua è stata predisposta una scheda contenente le seguenti informazioni:

- ubicazione (comune, coordinate geografiche e località – rilevate mediante GPS);
- eventuale gestore;
- bacino d'utenza;
- periodicità della portata;

- contesto geomorfologico, strutturale e geologico;
- ripresa fotografica;
- eventuale prelievo di un campione d'acqua.

Per le sorgenti viene indicata inoltre:

- tipo di sorgente;
- tipo di captazione (se presente);
- portata;
- parametri geochimici misurati: pH, conducibilità elettrica, solidi disciolti (TDS);
- eventuale carattere solforoso.

Per i pozzi sono riportate anche:

- caratteristiche dello scavo (profondità e diametro);
- livello della falda (sia dinamico sia statico);
- portata emunta e caratteristiche delle acque.

Nell'area investigata sono stati censiti 441 punti d'acqua (398 sorgenti e 43 pozzi). I dati completi, riassunti in forma tabellare, sono riportati nello Studio idrogeologico della Hydrodata (cfr. IDRO301).

Di seguito viene analizzata la distribuzione dei punti d'acqua all'interno dei bacini, descritti, da ovest verso est.

Bacino del Rio Fontanelle: si sottolinea la presenza di 4 sorgenti gestite dall'acquedotto Mediterranea delle acque che, con una portata di ~ 105 l/min, rappresentano circa il 90% della risorsa idrica rilevata nel bacino.

Bacino Torrente Cerusa: la portata complessiva delle sorgenti ammonta a circa 83 l/min, ma nel conteggio non si somma il contributo di un'importante sorgente gestita dall'Opera Pia (S168), che non è stata misurata a causa dell'impossibilità di accesso alla struttura di captazione; si ipotizza una portata rilevante, alla luce del fatto che rifornisce circa una decina di abitazioni con acqua ad uso idropotabile.

I 5 pozzi (P018-019-020-021-022) sono in gestione a Mediterranea delle acque e si situano all'interno della struttura dell'acquedotto all'imbocco della valle Cerusa. I pozzi, secondo quanto dichiarato dai responsabili della struttura, forniscono una portata complessiva di circa 10.300 l/min e rappresentano quindi un'importante fonte di acqua.

Bacino Leiro - Acquasanta: la portata totale delle sorgenti è stimata ai 155 l/min c.a. a questa va aggiunto il valore di portata della sorgente S259 di proprietà dell'acquedotto privato Le sette fontane. Da questo punto-acqua vengono distribuiti circa 180 l/min, di cui però, una parte non quantificabile, viene prelevata, attraverso briglie di derivazione, direttamente dal torrente Condotti.

L'ammontare della portata dei 3 pozzi rilevati nell'area non è ancora definito, in quanto si tratta di opere recenti non ancora utilizzate. Questi pozzi (P015-016-017) appartengono alle Opere Pie Riunite e saranno presto finalizzati al rifornimento idrico di un centro termale in costruzione ad Acquasanta.

Bacino Branega: la portata delle sorgenti è stata stimata superiore a 300 l/min. Di queste, 6 sono sfruttate dall'acquedotto Mediterraneo delle acque, per una portata totale di circa 165 l/min (S188-189-190-191-192-193). La sorgente S193 si trova all'interno della galleria ferroviaria Acqui – Ovada, infatti i lavori per la realizzazione dell'opera ferroviaria, costruita nell'800, provocarono il prosciugamento delle sorgenti superficiali presenti nella zona, mentre le acque profonde furono captate in galleria attraverso una rete di tubazioni, sfruttata tuttora dall'acquedotto Mediterraneo delle Acque, con una portata di circa 65 l/min. La sorgente non è accessibile direttamente pertanto le misure sono state effettuate in corrispondenza del bottino di presa esterno alla galleria. Si sottolinea la presenza, in corrispondenza di lineamenti tettonici, di sorgenti sulfuree.

Bacino Fagaggia e Bacino San Pietro: in questi due bacini si rinvenivano numerosi punti d'acqua, tra cui pozzi appartenenti tutti a gestori privati; perlopiù si tratta di proprietari di piccoli appezzamenti di terreno coltivati. Le informazioni relative alle portate sono assai scarse e le quantità dichiarate dai proprietari sono particolarmente esigue.

Bacino Varenna: i punti-acqua individuati in questa porzione del Bacino Varenna, sono interamente rappresentati da sorgenti, sfruttate da privati a scopo irriguo e domestico, con una portata totale stimata attorno a 200 l/min.

Bacino Chiaravagna e Bianchetta: sono attualmente presenti sorgenti con una portata complessiva di meno di 50 l/min. Prima della costruzione del collegamento ferroviario con il porto di Voltri, il numero di sorgenti era più rilevante, ma lo scavo della Galleria ferroviaria Borzoli ha drenato buona parte delle acque sotterranee.

Bacino Polcevera: all'interno dei depositi alluvionali sono presenti diversi pozzi captati da Mediterraneo delle Acque, con una portata complessiva di circa 25.000 l/min. Questo campo pozzi rappresenta una delle principali fonti di acqua potabile per la città di Genova.

Bacino Bisagno: in ragione della scarsa permeabilità delle unità geologiche presenti le sorgenti sono estremamente ridotte.

Nella **Figura 4-18** vengono riportate le sorgenti censite nell'ambito dello Studio idrogeologico Hydrodata (cfr. IDRO301), distinte per classi di portata. Le misure sono state effettuate durante due campagne di indagine: a luglio 2010 per il settore ovest Polcevera e a settembre 2010 per il settore est Polcevera.

L'analisi della distribuzione dei punti d'acqua all'interno dei bacini e del quadro riassuntivo degli utilizzi e delle portate dei diversi punti d'acqua permette di evidenziare che:

- per un discreto numero di bacini le sorgenti sono scarse se non assenti;
- la portata complessiva delle sorgenti censite nell'area di studio è molto bassa, inferiore a 2000 l/min;
- la stragrande maggioranza delle sorgenti ha una portata inferiore a 20 l/minuto;
- circa l'80 % delle sorgenti ha un uso domestico o irriguo;
- la portata complessiva dei pozzi, se si escludono i pozzi che emungono da falde idriche alluvionali, è addirittura trascurabile visto che non raggiunge i 10 l/min;
- le principali captazioni ad uso potabile sono costituite dai pozzi nelle piane alluvionali del Torrente Cerusa (170 l/sec) e soprattutto del Torrente Polcevera (400 l/sec);

- le sorgenti sulfuree, che, come vedremo meglio in seguito, sono un indizio che le circolazioni idriche profonde sono molto limitate (11 sorgenti e 1 pozzo), sono presenti solo in un'area circoscritta (vedi **Figura 4-19**).

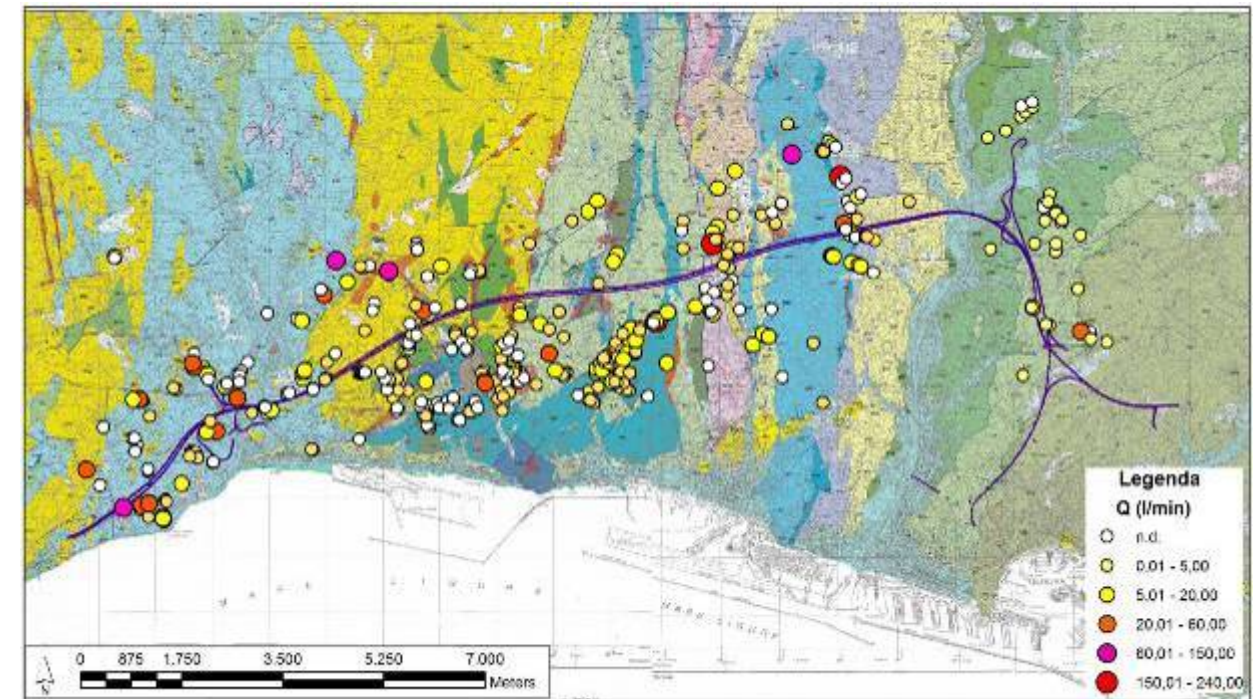


Figura 4-18 Valori di portata delle sorgenti censite – misure: luglio 2010 ovest Polcevera, settembre 2010 est Polcevera (cfr. IDRO301)

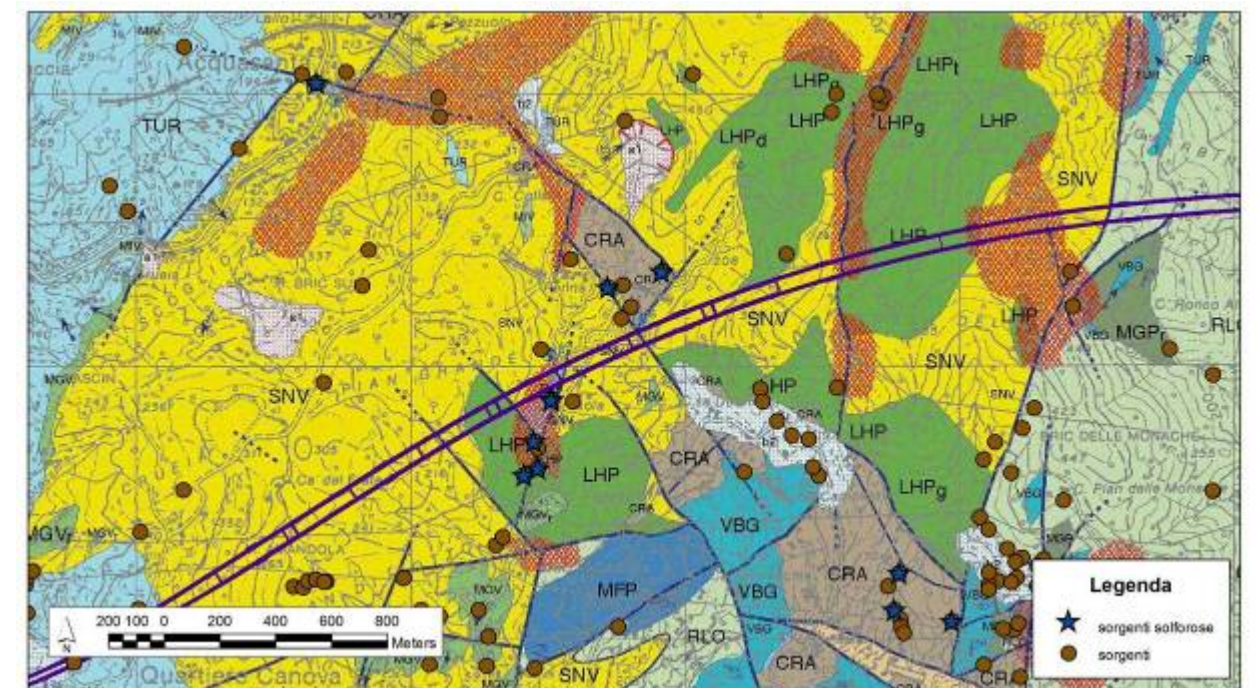


Figura 4-19 Sorgenti "solforose" censite nell'area in esame (cfr. IDRO301)

4.2.8.3 Circolazioni idriche sotterranee

Nell'area in esame sono presenti per gran parte unità idrogeologiche formate da massici fratturati con permeabilità secondaria medio-bassa.

La circolazione idrica sotterranea in contesti in cui predomina la permeabilità secondaria è strettamente legata alla fessurazione delle rocce; tale circolazione può variare in relazione ad estensione, densità ed ampiezza delle discontinuità. Le direzioni di deflusso seguono gli andamenti dei sistemi di fratturazione e dei giunti di stratificazione e sono anch'esse condizionate dalla presenza di piani di faglia, strutture complesse, riempimenti di fratture, etc. Nell'ambito di tali acquiferi possono essere presenti sia falde libere che in pressione, legate alla presenza di orizzonti impermeabili o di blocchi fratturati saturi separati fra loro da setti impermeabili.

La circolazione sotterranea segue di norma un andamento parietale ("falda di versante"), in cui vi è una sostanziale coincidenza tra spartiacque sotterranei e superficiali, ovvero la congruenza tra bacini imbriferi principali e bacini idrogeologici.

I dati acquisiti sui punti d'acqua e i risultati delle analisi idrochimiche e chimico-isotopiche eseguite sulle acque sotterranee hanno consentito la caratterizzazione dei circuiti di alimentazione dei pozzi e sorgenti censiti nell'area di studio (cfr. IDRO301 e tavole allegate). Si è potuto constatare come la circolazione in "falda di versante" avvenga secondo una "zonazione idrogeologica verticale", cui corrisponde una *stratificazione idrochimica delle acque*.

Sono state individuate in linea di massima tre circolazioni:

- una circolazione corticale epidermica ("local");
- una circolazione più profonda ("intermediate");
- una circolazione profonda ("regional").

La circolazione corticale epidermica ("local") si trova nella fascia di decompressione delle fratture, di norma particolarmente attiva orientativamente nei primi 20-50 m dal piano campagna, con regime dei circuiti fortemente variabile in funzione della ricarica stagionale ma influenzata sostanzialmente anche delle precipitazioni brevi e intense. Le analisi isotopiche sull'ossigeno evidenziano come i tempi di residenza delle acque siano anche inferiori all'anno idrologico e come si riscontrino inoltre significativi rimescolamenti di acque di infiltrazione locale in prossimità della zona di risorgenza.

La composizione isotopica delle acque evidenzia una quota isotopica di ricarica prossima alla quota di risorgenza. Dal punto di vista idrochimico le acque di questa circolazione sono essenzialmente in facies carbonatica, ovvero con HCO_3 come anione dominante e con uno scarso contenuto di TDS.

La circolazione più profonda ("intermediate"), generalmente più lenta e con maggiori tempi di residenza sotterranei, ma ancora variabile e poco influenzata dai cicli di ricarica stagionali; dal punto di vista idrochimico le acque di questa circolazione sono essenzialmente in facies solfatica, ovvero con SO_4 come anione dominante.

La circolazione profonda ("regional"), lenta e con i tempi di residenza sotterranei più elevati, scarsamente variabile o influenzata solo dai cicli di ricarica stagionali; tale circolazione è più attiva nei settori tettonizzati, e prevalentemente nelle dislocazioni in regime trascorrente o distensivo, dove la fratturazione risulta maggiormente pervasiva in profondità. La composizione isotopica delle acque evidenzia una quota isotopica di ricarica molto più alta della quota di risorgenza. Dal punto di vista idrochimico le acque di questa

circolazione mostrano un chimismo evoluto, con valori elevati di conducibilità elettrica e di TDS, e mostrano il cloro come anione dominante. Indicativo di questa circolazione è anche lo zolfo.

Le indagini idrogeologiche eseguite hanno permesso di attribuire le sorgenti e i pozzi censiti alle diverse circolazioni idriche sotterranee individuate (vedi figure seguenti).

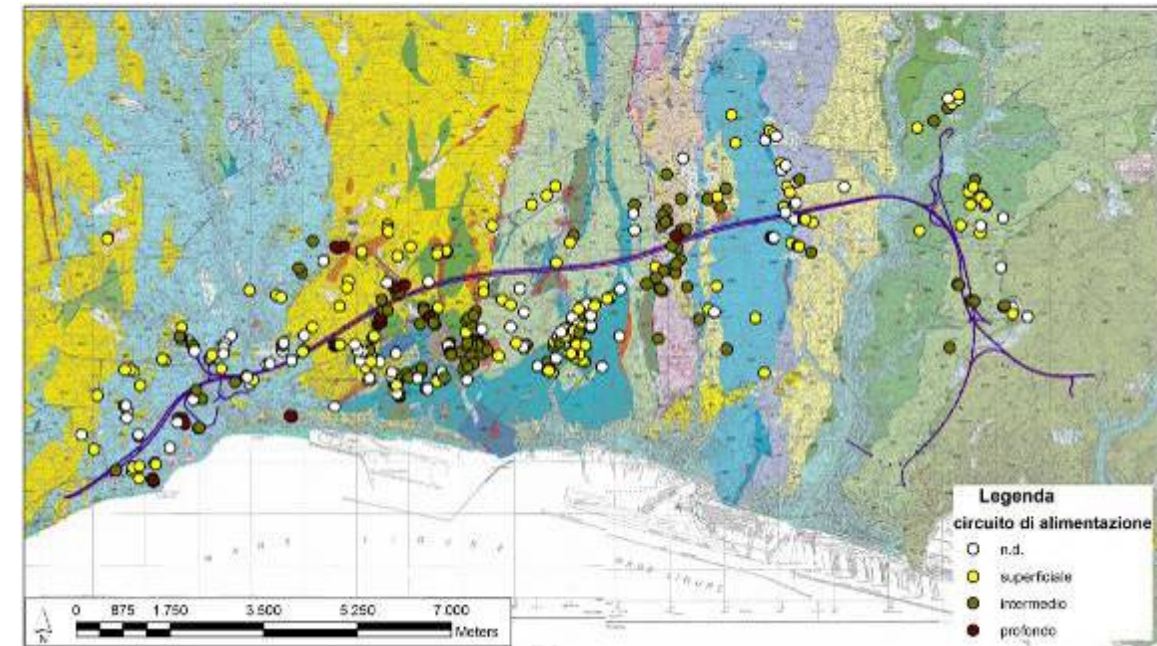


Figura 4-20 Sorgenti e relativa circolazione sotterranea di alimentazione (cfr. IDRO301)

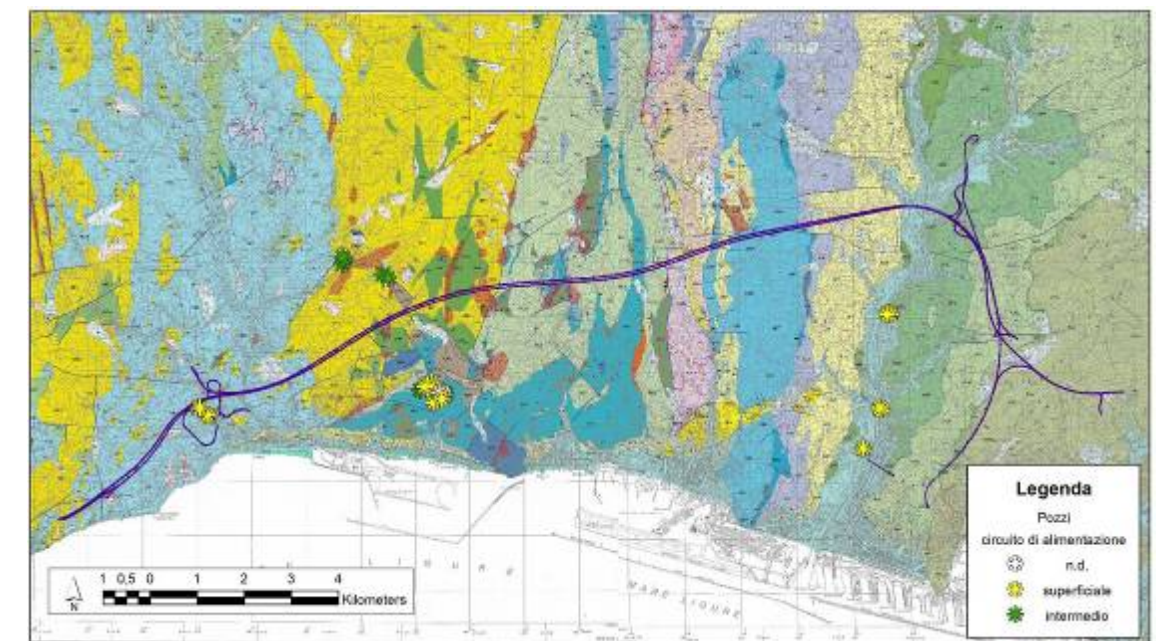


Figura 4-21 Pozzi e relativa circolazione sotterranea di alimentazione (cfr. IDRO301)

Ulteriori distinzioni sulle modalità di circolazione delle acque nel sottosuolo possono essere fatte tra le parti alte e basse dei versanti (vedi figure seguenti).

Nelle parti alte dei versanti le acque di infiltrazione vanno ad alimentare la circolazione nella coltre di alterazione superficiale e nel circuito epidermico che possono emergere in sorgenti poste a varie quote. Le aliquote di pioggia che si infiltrano possono contribuire anche, in particolari condizioni strutturali, all'alimentazione dei circuiti profondi.

Nella parti basse dei versanti non si osservano generalmente sorgenti ma le acque dei vari circuiti più o meno profondi vanno ad alimentare la falda contenuta nei depositi alluvionali di fondovalle.

Gli acquiferi più importanti presenti nell'area in esame per la loro potenzialità e per lo sfruttamento cui sono soggette sono quelli, in ordine di importanza, presenti nei depositi alluvionali attuali e antichi della vallata del Torrente Polcevera, nelle Dolomie di Monte Gazzo e nei Metabasalti del Monte Vigogna.

Relativamente all'acquifero alluvionale la circolazione idrica sotterranea è strettamente legata a porosità, forma, estensione e dimensione dei depositi ed alla posizione e continuità di livelli coesivi, che possono compartimentare localmente la falda. Gli apporti idrici sono dovuti sia ad infiltrazione diretta che ad alimentazione di subalveo del Torrente Polcevera e la normale direzione del deflusso delle acque segue la direzione dell'asse vallivo.

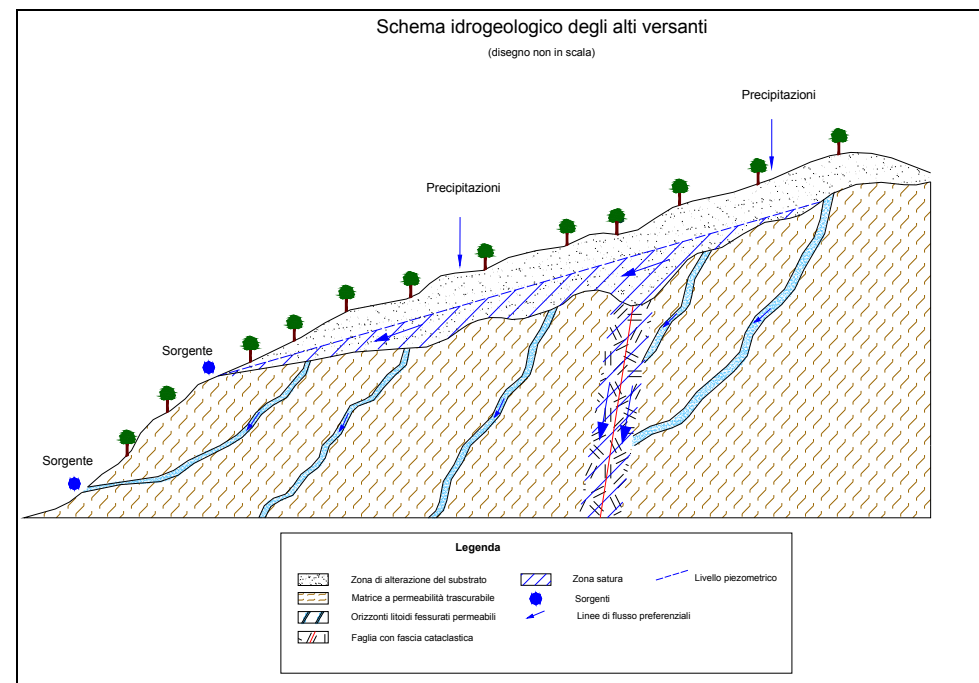


Figura 4-22 Schema delle circolazioni idriche nelle porzioni alte dei versanti

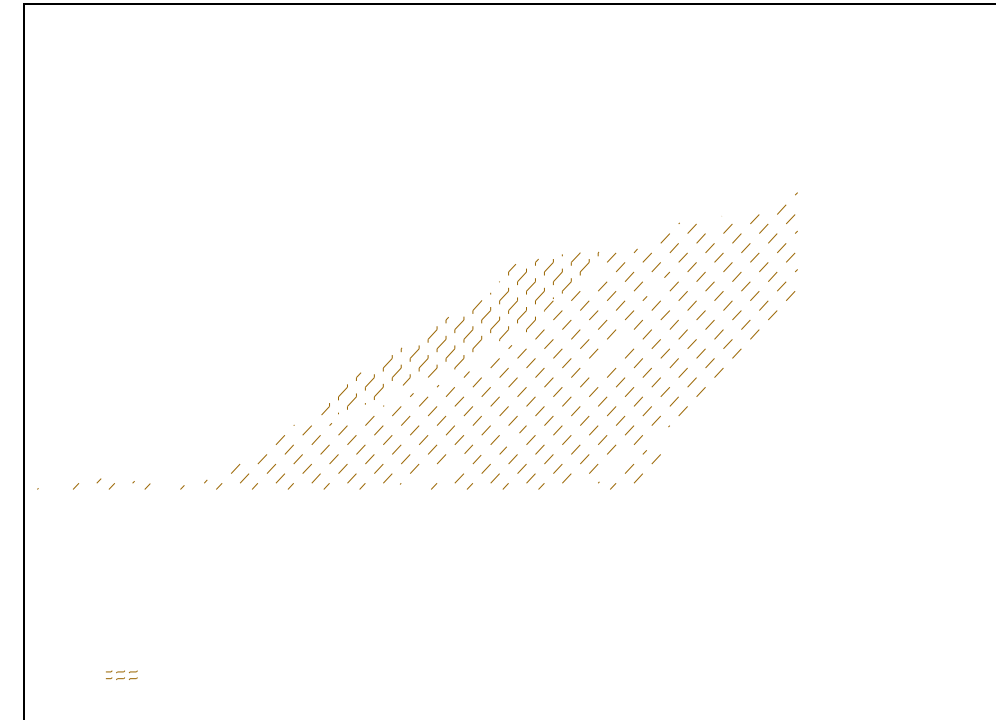


Figura 4-23 Schema delle circolazioni idriche nelle porzioni basse dei versanti

4.2.9 Unità idrogeologiche

4.2.9.1 Unità idrogeologiche individuate

Sulla base delle caratteristiche litologiche delle formazioni geologiche presenti, del grado di permeabilità, valutato sulla base dei dati ricavati dalle prove in sito o dalla letteratura, del grado di fratturazione, della presenza e caratteristiche dei punti d'acqua, dei livelli di falda e di tutti gli altri dati acquisiti durante il rilevamento geologico e il censimento dei punti d'acqua è stato possibile ricostruire il modello concettuale di circolazione delle acque sotterranee e redigere una carta dei complessi idrogeologici nella quale sono stati individuate 26 Unità idrogeologiche (cfr. GEO001) divise in due gruppi riconducibili al tipo di permeabilità (per porosità – primaria; per fessurazione secondaria) ed in quattro classi riconducibili alla permeabilità media (Molto Alto - Alto, Medio, Basso, Molto Basso).

4.2.9.2 Unità idrogeologiche a permeabilità primaria per porosità

Unità dei depositi antropici

Costituita dall'Unità geologica dei terreni di riporto ha un grado di permeabilità da alto a molto alto e solo contenere modeste, locali e a volte temporanee falde idriche alimentate dalle piogge, da emergenza sepolte sotto tali terreni e anche da perdite delle reti idriche.

Grado di permeabilità stimato: molto alto – alto.

Unità dei depositi di spiaggia

E' formata dalla Unità geologica dei depositi di spiaggia e ha un grado di permeabilità da alto a molto alto e può contenere modeste falde idriche sovrapposte al cuneo salino.

Grado di permeabilità stimato: molto alto – alto.

Unità alluvionale

Comprende l'Unità geologica dei depositi alluvionali attuali ed antichi e ha un grado di permeabilità molto variabile (da molto alto a molto basso)

I depositi alluvionali costituiti da materiali prevalentemente grossolani con alti coefficienti di permeabilità e sede di acquiferi indipendenti. Tali depositi interessano principalmente la Val Polcevera, con spessori che variano da pochi metri fino a decine di metri, mentre sono presenti in modo più limitato in corrispondenza degli altri corsi d'acqua.

Il Polcevera ha un andamento N-S per una lunghezza di circa 22 km ed un bacino a forma a ventaglio che occupa un'area complessiva di 144 km². Dopo aver percorso l'ampia piana alluvionale per una lunghezza di circa 9.5 km sfocia nel porto di Genova, a Cornigliano.

I depositi alluvionali si estendono dalla linea di costa fino ad oltre Bolzaneto e si appoggiano sulle Argilliti di Mignanego e sugli Argilloscisti di Murta ad Ovest e sulle Argilliti di Montanesi ad Est. Tali terreni hanno la funzione di acquiclude. Lo spessore dei depositi è crescente andando verso mare, infatti, si passa da pochi metri in corrispondenza di Pontedecimo a circa 50 metri nell'area di foce tra Cornigliano e Sanpierdarena, con un volume stimato dell'ordine dei 55 milioni di metri cubi. Questi depositi sono costituiti principalmente da sabbie e ghiaie, con intercalazioni di livelli di limi ed argille che normalmente non presentano continuità orizzontale e sono caratterizzati da modesti spessori (1 metro).

I depositi alluvionali attuali ed antichi del Polcevera, sono sede di una importante falda freatica sfruttata dai campi pozzi della società di gestione dei pozzi Genovesi, Mediterranea delle Acque s.p.a. (Campi pozzi Pietra e Torbella). Tale falda ha un'escursione media annua compresa tra i 2 ed i 6 metri, con alimentazione per infiltrazione diretta e per gli apporti di subalveo del Polcevera.

La direzione del deflusso sotterraneo verso il mare segue l'andamento del torrente, con valori del livello della superficie piezometrica (letture del 15 luglio 2005) decrescenti da 11 metri (s.l.m.) all'altezza di Torbella, a 4 - 6 metri all'altezza di Pietra e di circa 2 metri (s.l.m.) 100 m circa a sud del Viadotto Polcevera.

Sulla base di studi bibliografici è possibile affermare che la capacità complessiva stimata della falda si aggira intorno ai 15 milioni di metri cubi, con permeabilità orizzontale Kxy stimata in 10⁻² - 10⁻³ m/sec e permeabilità verticale Kz di circa 10⁻⁵ m/sec. Il coefficiente di immagazzinamento è dell'ordine di 0.1.

Nel passato, causa i forti prelievi avvenuti, relativi ad emungimenti per uso industriale, si sono verificati episodi di ingressione del cuneo salino.

Un discorso a parte deve essere fatto per il Campo pozzi "Campi". Infatti, i pozzi che lo costituiscono captano una falda presente in un livello ghiaioso relativo ai depositi fluviali e deltizi antichi del T. Polcevera. Si tratta di un vero e proprio paleoalveo, presente all'altezza di questo campo pozzi ad una profondità di circa 30 m dal piano campagna, avente uno spessore di 10 m costituito da ghiaie fini, ghiaie compatte quasi cementate, sabbie e ghiaie, separato dai depositi sabbioso-ghiaiosi recenti da un potente livello di argille grigie di 19 metri di spessore a scarsa permeabilità.

Tale falda, nell'area di captazione di Campi, presenta, infatti, un livello piezometrico più basso di circa 9 metri rispetto a quella superiore presente nei depositi sabbioso-ghiaiosi recenti.

L'analisi dell'andamento dei livelli piezometrici dell'Acquedotto de Ferrari Galliera ed i relativi apporti pluviometrici nell'anno 2005 ha evidenziato come i livelli dei tre campi pozzi

(Torbella, Pietra, Campi) rispondano simultaneamente agli apporti pluviometrici, il che confermerebbe una alimentazione comune a tutte le falde, che coinvolgerebbe anche la falda più profonda, presente nel paleoalveo del Polcevera. Si osserva inoltre, per entrambe le falde, una immediata risposta sia nei confronti degli eventi di piena, sia nei confronti di quelli di morbida o di magra.

Grado di permeabilità stimato: da molto alto a molto basso.

Unità detritica di versante

È costituita dall'Unità geologica dei Depositi di frana attiva, inattiva, paleofrana e di versante.

I depositi sono composti da materiali di pezzatura variabile, con frequente ed abbondante frazione fine, conseguentemente il coefficiente di permeabilità diviene basso. Alcuni di questi depositi possono essere sede di modesti acquiferi. Gli spessori variano da 3-4 metri, fino a circa 20.

Grado di permeabilità stimato: basso.

Unità argillosa pliocenica

È formata dall'Unità Geologica delle Argille di Ortovero che sono generalmente costituite da materiali prevalentemente fini contraddistinti da coefficienti di permeabilità molto bassi; si segnala però la presenza di una facies basale grossolana, che determina ambiti in cui la permeabilità può divenire molto alta.

Grado di permeabilità stimato: da molto alto a molto basso.

4.2.9.3 Unità idrogeologiche a permeabilità secondaria per fessurazione

Unità dolomitica

Comprende l'Unità Geologica delle Dolomie del Monte Gazzo ed è caratterizzata da una permeabilità da media a molto alta.

All'interno della formazione delle Dolomie del Monte Gazzo sono stati individuati sistemi di fratture orientati NE-SO e NOSE: tali sistemi di fratture sono sede di frequenti fenomeni carsici, con condotte di dimensioni metriche impostate all'intersezione di fratture, concentrate soprattutto nel settore centro-meridionale dell'ammasso. La permeabilità si riduce a media laddove non siano presenti fenomeni carsici. Il sistema carsico della Dolomia del Gazzo costituiva un eccellente acquifero, che è rimasto alterato dalla perforazione del tunnel ferroviario Borzoli diretto al porto di Voltri. Tuttavia sul versante della Val Chiaravagna le sorgenti sono ancora attive.

Grado di permeabilità stimato: medio-alto.

Unità meta basica

È costituita dalle Unità Geologiche dei Metabasalti del Monte Vigogna e dei Metabasalti di Cravasco che hanno una permeabilità medio-alta.

Nel settore più orientale e centrale l'ammasso presenta sempre un discreto livello di fratturazione e le fratture sono generalmente prive di riempimento. Nel settore occidentale interessato da faglie si riscontrano frequentemente condizioni di maggiore fratturazione con presenza di riempimenti discontinui.

Entro il litosoma basaltico sono presenti alcune sorgenti, molte posizionate presso il limite strutturale inferiore, che essendo a contatto con unità argillitiche ha funzione di acquiclude; ulteriori sorgenti, ubicate a quote più elevate, sono legate a contatti con litosomi di

serpentinite (Serpentiniti del Bric dei Corvi) e a lineamenti strutturali che agiscono da parziale acquiclude entro l'ammasso.

Grado di permeabilità stimato: medio-alto.

Unità dei metagabbri

Comprende i Metagabbri indifferenziati delle unità Palmaro-Caffarella e Voltri e mostra una permeabilità media. I Metagabbri si presentano intensamente fratturati e, in prossimità della Linea Sestri - Voltaggio, intensamente ripiegati (M.Spassoia).

Le aree tettonicamente più disturbate a contatto con le serpentiniti sono sede di piccole sorgenti.

Grado di permeabilità stimato: medio.

Unità torbiditica calcareo - marnosa

Ne fa parte la Formazione del Monte Antola che è caratterizzata da una permeabilità media. Tale unità affiora marginalmente nella parte Est dell'area in studio, dalla costa verso i rilievi montuosi a Nord per circa 5 chilometri. La parte bassa della formazione è localmente sede di risorgenze diffuse, quasi sempre sepolte entro il detrito di falda; risorgenze effimere sono presenti anche in concomitanza di faglie a basso angolo: le faglie inverse in unità di questo tipo costituiscono normalmente acquiclude che sorreggono piccole falde temporanee; tuttavia la fratturazione fragile in regime distensivo, legata alle fasi neotettoniche soprattutto verso costa, determina l'impossibilità che queste falde temporanee possano dare sorgenti di carattere più continuo.

Grado di permeabilità stimato: medio.

Unità ofiolitica

Comprende le Unità Geologiche: Serpentiniti del Bric dei Corvi, Serpentiniti di Case Bardane, Serpentiniti indifferenziate delle Unità Palmaro-Caffarella e Voltri.

La serpentinite, ove foliata costituisce un orizzonte a permeabilità bassa o nulla, mentre i litosomi sbrecciati costituiscono livelli acquiferi talora consistenti.

Grado di permeabilità stimato: medio.

Unità dei quarzoscisti e calcescisti

Comprende le Unità Geologiche dei Quarzoscisti e calcescisti indifferenziati delle unità Palmaro-Caffarella e Voltri.

In questa unità, che è sempre piuttosto fratturata ma che presenta una permeabilità media, sono presenti sorgenti di modesta portata, in zone di contatto con altre unità.

Grado di permeabilità stimato: medio.

Unità metacalcareo

E' costituita dalle Unità Geologiche della Serie Gallaneto – Lencisa e dei Calcari di Voltaggio che presentano una permeabilità media.

Nell'ambito di questa unità sono presenti poche sorgenti, legate perlopiù a soglie di permeabilità di origine strutturale.

Grado di permeabilità stimato: medio.

Unità torbiditica arenaceo-siltitica

Ne fa parte l'Unità Geologica della Formazione di Ronco, che è caratterizzata da una permeabilità media e che ospita sorgenti a carattere stagionale.

Grado di permeabilità stimato: medio.

Unità delle serpentiniti in deformazione gravitativa profonda (DGP)

Comprende l'Unità Geologica delle Serpentiniti del Voltri che hanno un grado di permeabilità medio.

Il versante orografico destro della Val Branega, composto prevalentemente da rocce di tipo serpentinitico, risulta interessato da rilascio gravitativo profondo (sakung). Il dissesto ha indotto un grado di fratturazione elevato dell'ammasso roccioso, aumentandone così la permeabilità.

Sono state rilevate sorgenti con bassi valori di conducibilità, a testimoniare circolazione idrica superficiale.

Grado di permeabilità stimato: medio.

Unità delle breccie conglomeratiche

Comprende le Unità Geologiche delle Breccie di Costa Cravara e serpentiniti brecciate del Voltri e delle Breccie di S. Pietro.

L'Unità delle Breccie conglomeratiche si estende lungo una fascia orientata NO - SE tra Acquasanta e Pegli, delimitata verso SO e NE da 2 sistemi di faglie principali. Le rocce che la compongono sono breccie conglomeratiche e serpentiniti a tessitura brecciata, entrambe dotate di permeabilità media.

In questa unità sono presenti numerose sorgenti. Verso sud, in prossimità del Monte Fagaggia, la circolazione idrica sotterranea viene influenzata dalla presenza della galleria del oleodotto Praoil, dell'autostrada A13 e del raccordo ferroviario Genova Voltri - Borzoli.

Grado di permeabilità stimato: medio.

Unità del Monte Contessa

E' costituita dalle Unità Geologiche delle Serpentiniti del Voltri in facies cataclastica e dei calcescisti fratturati.

L'unità del Monte Contessa risulta in gran parte ricoperta da depositi superficiali, mentre il substrato roccioso risulta costituito da serpentiniti e calcescisti intensamente fratturati (indicati nella carta geologica con tessitura cataclastica). La permeabilità di queste rocce è prevista essere medio alta e per tale motivo la circolazione idrica sotterranea risulta imposta lungo i sistemi di fessurazione che interessano l'ammasso.

Il numero di sorgenti presente in questa unità è relativamente ridotto. La circolazione idrica sotterranea viene influenzata dalla presenza delle gallerie dell'autostrada A13, della ferrovia Genova Voltri - Borzoli e della linea Genova - Ovada.

Grado di permeabilità stimato: medio.

Unità torbiditica siltitico-arenacea

E' formata dall'Unità Geologica delle Argilliti di Mignanego che hanno una permeabilità bassa e che non sono sede di manifestazioni sorgentizie.

Grado di permeabilità stimato: medio.

Unità di Crevari

Ne fa parte l'Unità Geologica dei Calcescisti del Voltri con lenti di metagabbri e serpentiniti.

L'Unità di Crevari si estende dal limite occidentale dell'area in esame fino al torrente Cerusa e costituisce essenzialmente il versante meridionale della dorsale Monte Pennone

- Bric degli Uccelli. L'area è ricoperta in buona parte da depositi superficiali di origine eluvio colluviale e da depositi di frana. Il substrato roccioso risulta invece costituito da calcescisti al cui interno si ritrovano lenti di serpentiniti.

I depositi superficiali hanno permeabilità media, localmente alta, mentre le rocce del substrato si presentano generalmente da poco a mediamente fratturate, dando luogo quindi a condizioni di permeabilità basse. Permeabilità elevate si hanno in corrispondenza delle zone di faglia a causa dell'elevato stato di fratturazione delle rocce.

La circolazione sotterranea tende ad interessare prevalentemente i depositi superficiali, come dimostrato dalla presenza di sorgenti impostate prevalentemente lungo i contatti terreno - roccia. Non si può tuttavia escludere la presenza di una circolazione profonda lungo i sistemi di faglia maggiori il cui bacino di alimentazione risiede nei massicci montuosi ubicati a nord dell'area in esame.

In questa unità sono presenti numerose sorgenti. Va evidenziata l'azione drenante attualmente prodotta dalle gallerie autostradali esistenti, che si sviluppano alla medesima quota ed in condizione più parietale rispetto al tracciato in progetto.

Grado di permeabilità stimato: basso.

Unità di Madonna delle Grazie

Comprende l'Unità Geologica dei Calcescisti del Voltri con lenti di metagabbri e serpentiniti.

L'unità Madonna delle Grazie rappresenta la dorsale collinare compresa tra i Torrenti Cerusa e Leira. Come per l'unità precedente, anche in questo caso si ha una notevole estensione di depositi superficiali, con affioramenti sporadici del substrato roccioso che risulta costituito da calcescisti con lenti di metagabbri e metabasiti.

I depositi superficiali hanno permeabilità medio alta, mentre il substrato roccioso presenta una permeabilità bassa. La circolazione idrica sotterranea sembra interessare prevalentemente i depositi superficiali.

In questa unità sono presenti numerose sorgenti ma va in ogni caso notato che le emergenze sono presenti solo a nord del tracciato, probabilmente a causa dell'effetto indotto anche dalle gallerie esistenti.

Grado di permeabilità stimato: basso.

Unità del Monte Amandola

Ne fa parte l'Unità Geologica dei Calcescisti e serpentiniti del Voltri.

L'Unità del Monte Amandola risulta delimitata ad ovest dal Torrente Leira, a nord dal Torrente Acquasanta, a sud dal litorale e ad est dall'Unità delle Breccie conglomeratiche.

Morfologicamente l'unità costituisce la dorsale montuosa che si estende dalla località Cascina Colla in direzione S-SO fino al Monte Amandola e da qui al litorale.

L'area è caratterizzata da estese coperture di depositi superficiali e dalla presenza al suo interno dall'unità idrogeologica connessa alla Deformazione Gravitativa Profonda che interessa il versante destro idrografico della Val Branega.

Le rocce che compongono l'unità sono costituite essenzialmente da calcescisti e serpentiniti, entrambe dotate di coefficienti di permeabilità bassi e la circolazione sotterranea avviene quindi principalmente lungo le faglie.

In questa unità sono presenti numerose sorgenti. Verso sud, in corrispondenza del versante idrografico sinistro della Val Branega la circolazione idrica sotterranea in questa unità viene influenzata dall'effetto drenante indotto dalla galleria del oleodotto Praoil.

Va infine notata la presenza di una serie di sorgenti sulfuree che emergono lungo il fondovalle della Val Branega, in corrispondenza di un sistema di faglie orientate NNE - SSO.

Grado di permeabilità stimato: basso.

Unità del Monte Cuccio

E' formata dall'Unità Geologica delle Serpentiniti massicce e foliate del Voltri con lenti di lherzoliti, calcescisti, metabasiti e metagabbri.

L'Unità del Monte Cuccio costituisce la propaggine meridionale del massiccio montuoso del Monte Pennello, che si estende verso sud lungo la linea di cresta definita dall'allineamento Monte Cuccio - Monte Riondo - Scogli Neri.

L'unità è a contatto in direzione SO con l'unità delle breccie conglomeratiche mediante una faglia orientata NO - SE, mentre verso NE il limite è stato tracciato lungo il contatto con le rocce cataclate (serpentiniti e calcescisti) dell'Unità del Monte Contessa.

All'interno dell'unità si osserva la presenza di ridotte coperture di depositi superficiali, soprattutto nella porzione settentrionale.

Il substrato roccioso risulta costituito da varie litologie (serpentiniti, lherzoliti, metabasiti, metagabbri e calcescisti), dotate nel complesso di bassi coefficienti di permeabilità, e la circolazione idrica sotterranea avviene quasi esclusivamente lungo i sistemi di faglie principali.

A questo riguardo va osservata la presenza di varie sorgenti in prossimità della faglia che delimita il contatto con le breccie conglomeratiche, ad indicare la presenza lungo la faglia di una barriera idrogeologica che da luogo a sorgenti di trabocco. La sorgente principale di quest'area viene captata dall'acquedotto all'interno della galleria Ca' Duchì della linea ferroviaria Genova - Ovada.

Un ulteriore allineamento di sorgenti si osserva lungo il sistema di faglie nord sud che si estendono da Scogli Neri verso Prà.

La circolazione idrica sotterranea di questa unità viene influenzata dalla presenza delle gallerie dell'autostrada A13, del raccordo ferroviario Genova Voltri - Borzoli e della già citata linea Genova - Ovada.

Grado di permeabilità stimato: basso.

Unità dei diaspri e calcari

Comprende le Unità Geologiche dei Metasedimenti silicei della Madonna della Guardia e dei Calcari di Erzeil; tali unità sono tutte caratterizzate da permeabilità scarsa e rappresentano pertanto degli acquicludi.

Grado di permeabilità stimato: da basso a molto basso.

Unità degli argilloscisti e degli scisti filladici

Comprende le Unità Geologiche: Argilloscisti di Murta, Argilloscisti di Costagiutta, Scisti filladici del Monte Larvego, Metargilliti di Bessega; tali unità sono tutte caratterizzate da permeabilità scarsa e rappresentano pertanto degli acquicludi.

Grado di permeabilità stimato: molto basso.

Unità ofiolitica milonitizzata

Costituita dall'Unità Geologica delle Serpentiniti di Case Bardane in facies Milonitica caratterizzata da una permeabilità scarsa che conferisce a tale unità la funzione di acquiclude.

Grado di permeabilità stimato: molto basso.

Unità argillitica inferiore

Costituita dalla Unità Geologica delle Argilliti di Montanesi caratterizzata da una permeabilità scarsa che conferisce a tale unità la funzione di acquiclude.

Grado di permeabilità stimato: molto basso.

Unità argillitica superiore

Costituita dall'Unità Geologica delle Argilliti di Montoggio caratterizzata da una permeabilità scarsa che conferisce a tale unità la funzione di acquiclude.

Grado di permeabilità stimato: molto basso.

4.2.10 Sistema degli usi del Canale di calma e delle aree contermini

4.2.10.1 Il canale di calma

L'Autorità portuale di Genova nel documento "Regolamento di sicurezza e dei servizi marittimi del Porto di Genova" (ed. 2006), tra le altre disposizioni, regola l'accesso al canale di calma antistante l'aeroporto.

In particolare all'art 53 "Disposizioni generali riguardanti l'accesso nei bacini portuali" viene disposto che alle navi ed ai galleggianti in genere sia interdetta la navigazione lungo il canale compreso fra la banchina sud dell'aeroporto e la diga foranea.

È fatta eccezione per le unità dei vari servizi portuali dirette o provenienti dagli scali di Sestri Ponente, di Miltedo e Voltri, a condizione che non superino l'altezza massima di ingombro, alberatura compresa, di dieci metri dal galleggiamento e che procedano con rotta radente la diga foranea, a velocità moderata e comunque non superiore alle sei miglia orarie.

Le unità fornite di alberatura, per transitare in detto canale nelle ore notturne, devono inoltre tenere in testa all'albero più alto un fanale a luce rossa, visibile dall'alto e da tutti i punti dell'orizzonte.

Ulteriori limitazioni interessano le navi e i galleggianti diretti alla banchina situata nel canale di calma (banchina Italsider), a sud del relativo terrapieno, che non possono superare l'altezza massima d'ingombro (alberatura compresa) di 26 metri sul livello del mare né addentrarsi nel canale di calma oltre il limite fissato in 400 metri dallo spigolo sud-est del terrapieno in questione.

Nel successivo art. 69 "Limiti alla navigazione" si specifica che è ammesso il transito anche alle unità da diporto (purché di altezza inferiore ai 10 m) e alle unità utilizzate per il canottaggio. Nel primo caso le unità devono navigare a motore e tenersi il più possibile lontane dal terrapieno aeroportuale, nel secondo caso le imbarcazioni di canottaggio debbono tenersi a 30 m dalla diga foranea.

L'accesso al canale può essere autorizzato dalla capitaneria di porto alle imbarcazioni da diporto solo in caso di eventi meteo-marini eccezionali. Ciò è concesso solo in caso di emergenza e, in caso di alberature superiori ai 10 m, il transito deve essere concordato in funzione del traffico aeroportuale.

Dal 2007 è stato inoltre istituito un mezzo di trasporto pubblico "navebus" del gruppo AMT (Azienda Mobilità e Trasporti s.p.a.) che consente di collegare il Porto Antico con Genova Pegli, transitando appunto nel canale di calma nel rispetto dei limiti di velocità imposti dal Regolamento sopra citato (6 miglia orarie). Tale traghetto (Figura 4-24) è attivo tutti i giorni

salvo condizioni meteo avverse che ne impediscono la navigazione in sicurezza e quindi di fatto è quello che circola più frequentemente nel canale (mediamente una ventina di volte al giorno), mentre il traffico dei mezzi portuali o di soccorso è sporadico.

In **Tabella 4-14** si riportano le principali caratteristiche delle imbarcazioni ammesse a circolare all'interno del canale di navigazione antistante l'aeroporto di Genova.



Figura 4-24 Navebus in transito nel canale di calma

Tabella 4-14 Caratteristiche delle imbarcazioni a motore che transitano nel canale di navigazione

Flotta	Lunghezza L _{OA} (m)	Larghezza (m)	Pescaggio D (m)	Dislocamento / Stazza
Guardia Costiera	29,5	6,7	1,80	136 t
Vigili del Fuoco	28,7	7,0	1,85	144 t
Motonave per trasporto pubblico	29,9	7,2	2,50	97 t

4.2.10.2 L'aeroporto Cristoforo Colombo

L'aeroporto internazionale "Cristoforo Colombo" di Sestri Ponente è il più grande aeroporto della Liguria, l'ottavo per numero di passeggeri dell'Italia settentrionale con circa 1,2 milioni di passeggeri, il ventunesimo in tutta la penisola italiana.

L'aeroporto è situato a circa 9 km ad ovest dal centro di Genova a cui è collegato con l'autostrada A10.

L'aeroporto, inaugurato nel 1962, è oggi dotato di una pista lunga 3.025 m. L'area aeroportuale si sviluppa su una penisola artificiale realizzata con il riempimento di un tratto di mare e protetta da una diga foranea di 3.280 m, separata dalla banchina aeroportuale da un tratto di mare di ampiezza pari a 240 m (canale di calma).

L'area operativa copre una superficie di 160 ettari con un cargo terminal da 2.700 m². Attualmente la stazione passeggeri ha una capacità di 2 milioni di passeggeri/anno. Di seguito vengono riportati i dati di traffico in termini di movimenti, passeggeri e merci trasportate (Tabella 4-15).

- Linee di finitura e taglio
- 1 Treno temper

Attualmente tutta l'area interessata dall'ex-struttura industriale è in fase di recupero secondo quanto definito dall'Atto Modificativo dell'Accordo di Programma del 1999, sottoscritto l'8 ottobre 2005 che prevede un ampio programma di riqualificazione urbana, peraltro già in fase di attuazione.

Tabella 4-15 Dati relativi al traffico merci e passeggeri dell'aeroporto di Genova

Anno	Movimenti*	Passeggeri	Cargo (t)
2005	25.026	1.013.288	6.250
2006	27.350	1.080.001	6.061
2007	29.383	1.128.399	5.748
2008	27.239	1.202.168	5.311
2009	24.321	1.136.798	4.668

* aeromobili in arrivo e partenza

Lo scalo viene spesso utilizzato come scalo di supporto per gli aeroporti del nord Italia quando questi sono chiusi per nebbia. L'aeroporto genovese riveste un ruolo importante per il supporto fornito alle strutture e al personale del porto mercantile, che costituisce il principale bacino d'utenza, insieme alle industrie manifatturiere e alle rinomate strutture fieristiche.

4.2.10.3 Area industriale ILVA

L'ILVA è una società per azioni del Gruppo Riva, che si occupa prevalentemente della produzione e trasformazione dell'acciaio.

Il più importante stabilimento italiano è situato a Taranto, mentre altre unità produttive sono ubicate a Genova, Novi Ligure (AL), Racconigi (CN), Varzi (PV), Patrica (FR).

L'ILVA è al centro di un vasto dibattito per il suo impatto ambientale sia a Taranto sia a Genova.

A Genova nel 2002 sono state chiuse le cokerie per il loro impatto sulla salute, in particolare nel quartiere di Cornigliano, nelle cui vicinanze sorge lo stabilimento siderurgico.

Nel luglio 2005 è stato spento anche l'altoforno numero 2 dello stabilimento di Cornigliano.

L'unità produttiva di Genova dispone dei seguenti impianti:

- 1 Linea di decapaggio ad acido solforico + 1 Linea di decapaggio ad acido cloridrico
- Treni di laminazione a freddo
- 1 Linea di pulitura elettrolitica
- 1 Linee di ricottura continua
- 1 Linea di zincatura a caldo
- 1 Linea di zincatura a caldo + preverniciatura
- Linee di stagnatura / cromatura elettrolitica
- 1 Linea di rifilatura coils

4.3 ANALISI DELLE INTERAZIONI OPERA-AMBIENTE

4.3.1 Interferenze con le forme geomorfologiche

Nel seguito si descrivono, per ciascuna delle tratte del progetto, le principali interferenze tra l'opera e le forme geomorfologiche del territorio. L'analisi che verrà sviluppata in questo paragrafo ha lo scopo di evidenziare come le opere previste, comprendendo tra queste anche i cantieri, si inseriscano nel locale contesto geomorfologico, in particolare per quello che riguarda il rischio di movimenti franosi.

4.3.1.1 Interferenze con le opere di progetto

Galleria Borgonuovo

La galleria (L = 2.235 m) attraversa per tutto il suo percorso i calcescisti della Unità Tettonometamorfica Palmaro-Caffarella e Voltri. La galleria non interessa forme geomorfologiche attive.

Viadotto Cerusa

Il versante in riva destra idrografica (costituito da calcescisti) e quello in riva sinistra (costituito da calcescisti e metabasiti) sono stati classificati dal Piano di Bacino come zone ad alta suscettività al dissesto. Non si rilevano tuttavia fenomeni franosi.

Galleria Voltri

La galleria (L = 270 m) è realizzata interamente nei terreni dell'Unità Tettonometamorfica Palmaro-Caffarella e Voltri (calcescisti, metabasiti e metagabbri). All'imbocco est della galleria è presente una frana superficiale attiva in materiale eterogeneo e eterometrico.

Viadotto Leiro est

I versanti sui quali si imposta il viadotto sono, dal punto di vista geologico, costituiti da calcescisti e sono caratterizzati dalla presenza di frane superficiali in materiale eterogeneo ed eterometrico: sul versante occidentale è presente la frana attiva appena descritta mentre in quello orientale è presente una frana quiescente. La frana attiva interessa in parte anche la zona della rampa di collegamento tra la A10 e la Gronda di Ponente in direzione di Genova.

Galleria Amandola

La galleria (L = 5.970 m) interessa i terreni dell'Unità Tettonometamorfica Palmaro-Caffarella e Voltri (calcescisti, scisti, peridotiti) e alcune importanti dislocazioni tettoniche, associate a fasce cataclastiche, come quella che in corrispondenza della progressiva 6+600 mette in contatto tali terreni con le Breccie di Costa Cravara.

All'imbocco ovest della galleria è presente la frana quiescente descritta in precedenza. In corrispondenza del versante in destra idrografica della Val Branega è stata rilevata la presenza di un'estesa deformazione gravitativa profonda che dal fondovalle arriva fino al crinale della valle; tale fenomeno potrebbe interferire con la galleria.

In prossimità dell'imbocco est della galleria è presente un'area a franosità diffusa.

Viadotto Varenna

I versanti sui quali si imposta il viadotto non presentano fenomeni di dissesto né sono stati classificati nel piano di bacino come suscettibili a tali fenomeni.

Galleria Monterosso

La galleria è lunga 6157 metri e raggiunge la Valle del Polcevera.

L'imbocco ovest è interessato dalla serpentinita afferenti all'Unità Tettonica Palmaro-Caffarella-Voltri, molto fratturata e tettonizzata in quanto localizzata in corrispondenza della linea "Sestri-Voltaggio". In tale contesto l'imbocco è localizzato fra due zone individuate in cartografia come franose con stati quiescenti, ma con evidenti indizi di attività morfodinamica all'interno delle suddette aree.

L'imbocco est della galleria impegna invece gli argilloscisti di Murta afferenti all'Unità tettonica di M. Figogna; non si individuano dissesti in atto.

Per la restante galleria le elevate coperture garantiscono in relazione alle interazioni con le dinamiche geomorfologiche di superficie.

Viadotto Genova

In corrispondenza del viadotto il versante destro della valle è costituito dall'Unità di M. Figogna, non presenta dissesti ed è classificato nel piano di bacino a bassa suscettività a tali fenomeni. Il versante sinistro è costituito invece dalle Argilliti di Montanesi, non presenta fenomeni di dissesto ma viene classificato a media suscettività di dissesto nel piano di bacino.

Le gallerie Polcevera, San Rocco, Forte Diamante sono localizzate su formazioni pelitiche con livelli arenacei, afferenti alla Formazione delle Argilliti di Montanesi (MTE).

Pur in assenza di segnalazioni evidenti di dissesti, questa unità è caratterizzata da coperture a matrice argillosa, tale da essere potenzialmente mobilizzate, soprattutto in corrispondenza degli imbocchi dove il piano di bacino riporta condizioni di media suscettività al dissesto.

Le gallerie Baccan, Bric du Vento, Torbella, Granarolo, Monte Sperone, Forte Begato, Moro 1 e Moro 2 sono localizzate in corrispondenza della Formazione di Ronco (ROC) con carattere torbiditico e costituita da alternanze pelitico-arenacee.

Sono individuate zone franose in corrispondenza delle gallerie Granarolo e Forte Begato, ma la litologia si presenta comunque sempre suscettibile di potenziale mobilitazione soprattutto in relazione ai rapporti di giacitura a frana poggio. Nel piano di bacino gli imbocchi di tali gallerie ricadono per la maggior parte in aree classificate a media suscettività/pericolosità di dissesto.

Si segnala inoltre che è stata individuata una zona caratterizzata da Deformazioni Gravitative Profonde (DGPV) in corrispondenza di un versante Monte Sperone e Forte Begato.

4.3.1.2 Interferenze con i cantieri

L'analisi è stata effettuata sulla base della localizzazione dei cantieri, rispetto alla perimetrazione delle zone a suscettività/pericolosità di dissesto, perimetrare nei Piani stralcio per il rischio idrogeologico della Provincia di Genova.

L'intervento più importante relativo ai cantieri riguarda il campo base CB01.

Il Campo Base è ubicato all'interno dell'area urbana di Genova, presso il sito ex ERG, situato all'altezza del viadotto Morandi ed in destra idrografica del torrente Polcevera; l'accesso al campo è previsto attraverso il varco esistente su Corso Perrone.

Allo stato attuale l'area presenta un'estensione pari a circa 53.500 mq ed è caratterizzata dalla presenza di sbancamenti e piazzali situati a quote comprese tra +25m s.l.m. e +85m s.l.m ed accessibili dalla viabilità interna (via Dei Laminatoi).

L'area su cui insiste il campo base è situata su un versante orientato in direzione S-E che, a partire dagli anni '60, è stato oggetto di importanti interventi di rimodellazione (finalizzati alla costruzione di serbatoi di stoccaggio idrocarburi) che ne hanno profondamente alterato l'assetto plano-altimetrico naturale.

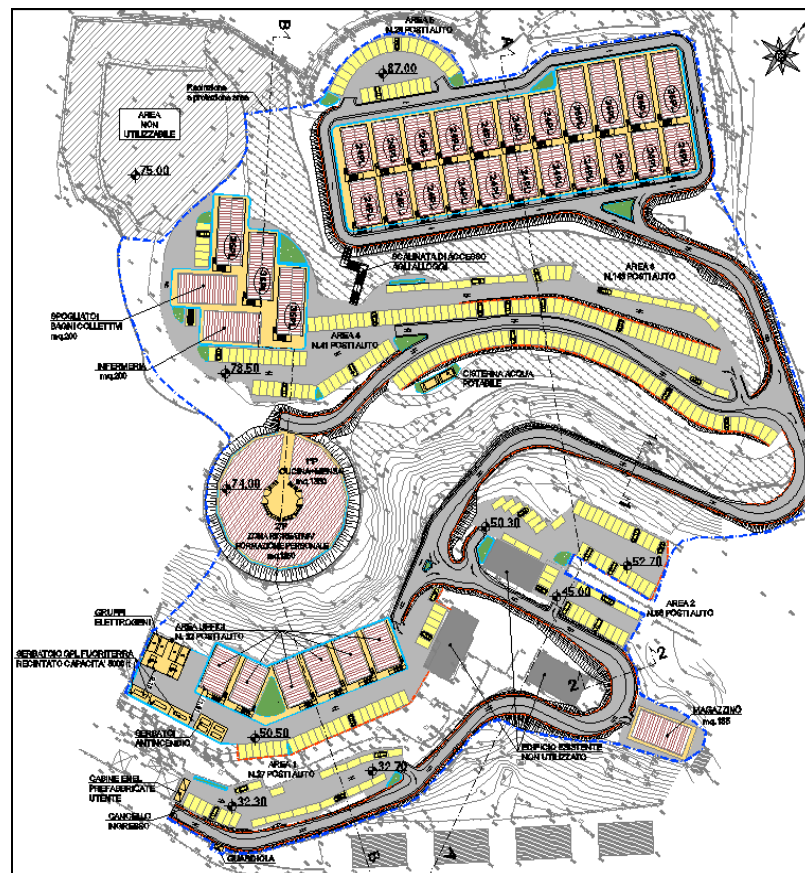


Figura 4-25 Planimetria Campo base CB 01

L'accesso alle varie zone del campo base è consentito attraverso la riqualifica della pista esistente (Via dei Laminatoi), che prevede di realizzare una piattaforma di larghezza minima di 3 m con banchine da 50cm (cfr. **Figura 4-25**). Al fine di consentire la circolazione dei mezzi in entrambe le direzioni sono stati previsti opportuni allargamenti in corrispondenza dei tornanti.

Vista la particolare conformazione plano-altimetrica dell'area del campo base, la gestione idraulica delle acque meteoriche è stata organizzata individuando 3 aree, per ciascuna area sono state previste due reti distinte.

Le acque provenienti dai versanti e dalle coperture dei fabbricati vengono raccolte mediante canalette eventualmente con griglia carrabile e tubazioni in c.a.v che recapitano direttamente ai recettori esistenti.

Dal punto geologico l'area si estende sulle Argilliti di Mignanego (MIG) che sono caratterizzate da un'elevata alterabilità degli orizzonti superficiali: ciò determina la necessità di un'attenta verifica di stabilità globale e locale in relazione alle fondazioni delle varie opere e manufatti. Simile attenzione sarà posta al drenaggio delle acque meteoriche.

Il cantiere insiste in gran parte su aree classificate a bassa suscettività nel piano di bacino, con limitate porzioni situate su aree ad alta suscettività al dissesto.

Relativamente agli altri cantieri previsti nel progetto di seguito vengono elencati quelli che ricadono in zone classificate come suscettibili di dissesto:

- CI02 Viadotti Vesima – Il cantiere si colloca per una parte entro zone in cui sono perimetrate due frane complesse, una attiva e una quiescente;
- CI22 Ciocia lato AL – Il cantiere per una parte si colloca entro un'area perimetrata come frana quiescente per colamento;
- CI20 Voltri lato SV – Il cantiere per una parte si colloca entro un'area perimetrata come frana quiescente per colamento;
- CI23 Delle Grazie lato SUD – Il cantiere si colloca per una parte entro zone in cui sono perimetrate due frane complesse, una attiva e una quiescente;
- CI28 Bric du Vento, Baccan e Polcevera – il cantiere si colloca in un'area perimetrata come a media suscettività di dissesto;
- CI31 Mori 1 e Moro 2 lato GE Aeroporto – il cantiere si colloca in un'area perimetrata come a media e alta suscettività di dissesto;
- CI06 Campursone – il cantiere si colloca in un'area perimetrata come a moderata pericolosità di dissesto;
- CI29 Monte Sperone Campursone – il cantiere si colloca in un'area perimetrata come a moderata pericolosità di dissesto.

Per alcuni dei cantieri industriali gli apprestamenti prevedono modifiche delle condizioni morfologiche esistenti, che comportano la realizzazione di adeguate opere di sistemazione come previsto nel progetto. Tali modifiche consistono:

- in ritombamenti degli impluvi esistenti, per i cantieri CI02 (Viadotti Vesima) e CI 06 (Campursone);
- in sbancamenti o riprofilature del terreno, rispettivamente per i cantieri CI01 (Viadotti Beo-Frana) e CI15 (Stoccaggio concii);
- nella realizzazione di un rilevato temporaneo, atto a far transitare la TBM attraverso la Val Varena (cantiere CI 25).

4.3.2 Modificazione del regime dei punti d'acqua

Il rischio di interferenza sulla risorsa idrica indotto dalla realizzazione di un'opera in galleria può normalmente essere espresso a partire dagli studi idrogeologici e dalle applicazioni di modelli, in termini per lo più probabilistici.

La valutazione del rischio di depauperamento non può essere effettuata esclusivamente sulla base di un rischio inteso come "probabilità" di interferenza, ma anche in cautelativo riferimento all'uso attuato, in progetto o potenziale della singola risorsa. Quanto sopra per evitare di porre l'attenzione (in termini di monitoraggio e piano delle risorse alternative) su fonti a maggior rischio, ma francamente di scarso interesse per l'uso attuato o attuabile della risorsa, non tenendo in considerazione risorse con probabilità di impatto anche largamente inferiori ma di valenza strategica.

In conseguenza, l'attribuzione di un "rischio di depauperamento" è stata effettuata per ogni punto d'acqua a partire dalla sovrapposizione degli elementi interpretativi di tipo tecnico-idrogeologico a quelli "oggettivi" riferiti alla rilevanza strategica della risorsa (uso attuato, potenziale, presenza o assenza di risorse sostitutive in loco, rilevanza complessiva nel sistema di approvvigionamento locale).

Ne deriva una procedura operativa distinta nelle seguenti fasi:

- definizione per tutte le sorgenti di un indice di vulnerabilità "a punteggio", sulla base di metodi probabilistici di analisi delle variabili predisponenti l'impatto con le opere in sotterraneo;
- affinamento della valutazione per singoli punti rilevanti, sulla base anche, dove significative, delle simulazioni con modelli di flusso;
- valutazione di un "indice d'uso" in funzione della rilevanza del punto d'acqua nel sistema acquedottistico locale;
- definizione di un "indice di rischio definitivo" sulla base dell'indice di vulnerabilità "a punteggio" e dell' "indice d'uso".

Tale procedura è coerente con le usuali metodologie internazionali di valutazione in campo ambientale, dove il rischio R si considera dipendente dalla pericolosità H ("hazard") ovvero probabilità che un fenomeno abbia luogo e dal valore esposto V, secondo una relazione del tipo:

$$R = H \times V$$

Tale procedura consente, nella fase di definizione delle risorse alternative, di calibrare le azioni sulla base dello specifico "valore esposto", ovvero della rilevanza nel sistema di approvvigionamento locale pubblico e privato.

4.3.2.1 Stima della probabilità di interferenza tra opera e punti d'acqua

Per le sorgenti la stima della probabilità di interferenza (H) tra le opere in progetto e i punti d'acqua è stata effettuata (cfr. IDRO301) attraverso il calcolo dell'"indice di isterilimento" ottenuto attraverso l'applicazione del metodo DHI (Drawdown Hazard Index). Tale metodo considera le seguenti variabili:

- frequenza di fratturazione;
- permeabilità del massiccio;
- spessore della copertura;
- ampiezza della zona plastica;
- distanza dal tunnel;
- intersezione con zone di faglia o carsiche;
- tipo di sorgente;
- effetto topografico.

I risultati del calcolo relativo all'indice di probabilità relativa di interferenza per sorgenti ottenuto con il metodo indice DHI sono rappresentati nella figura seguente.

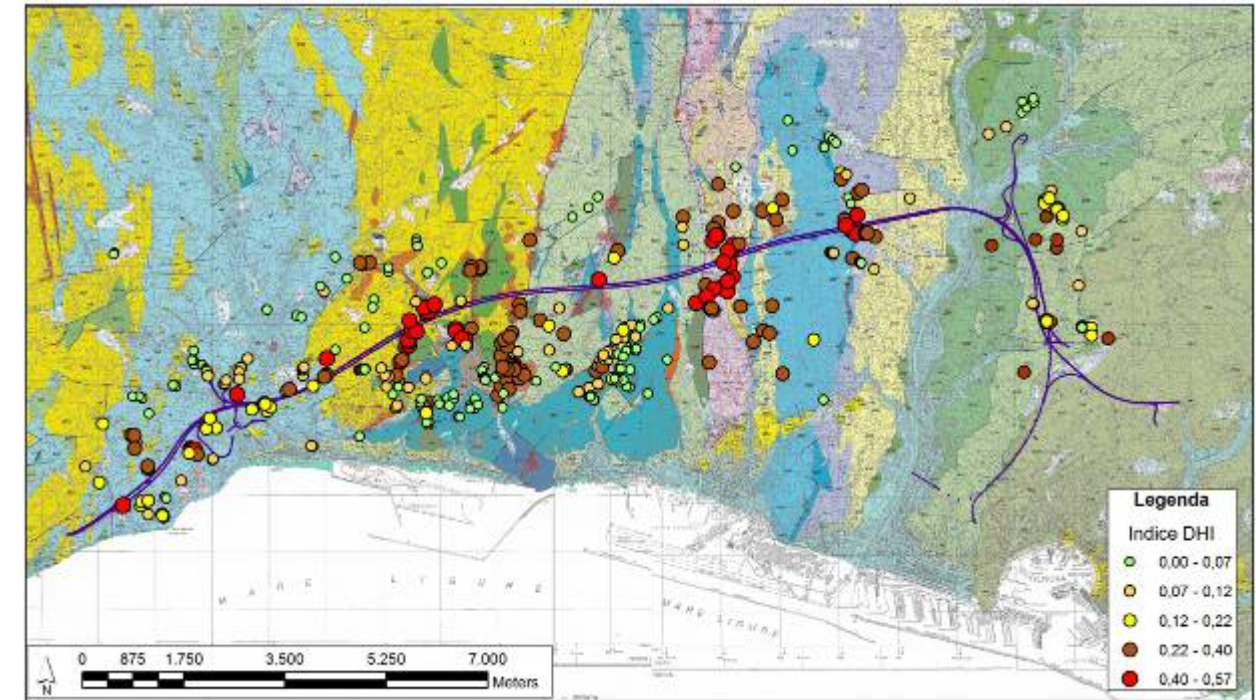


Figura 4-26 Indice di isterilimento delle sorgenti (cfr. IDRO301)

L'indice DHI può variare nel campo $0,045 \div 1$. Nel caso specifico sono stati calcolati valori fino a 0,57, che in termini qualitativi evidenziano un rischio massimo da "medio" a "medio-elevato". La valutazione è cautelativa in quanto si riferisce alla condizione di drenaggio libero delle gallerie. Nella fase post-operam i valori del drenaggio stesso risulteranno fortemente contenuti dall'anello dei conci.

Per i pozzi, si è ritenuto più attendibile effettuare direttamente un'analisi del rischio basata esclusivamente su valutazioni idrogeologiche relative all'acquifero captato senza passare prima, come per le sorgenti, per la stima della probabilità di interferenza (H).

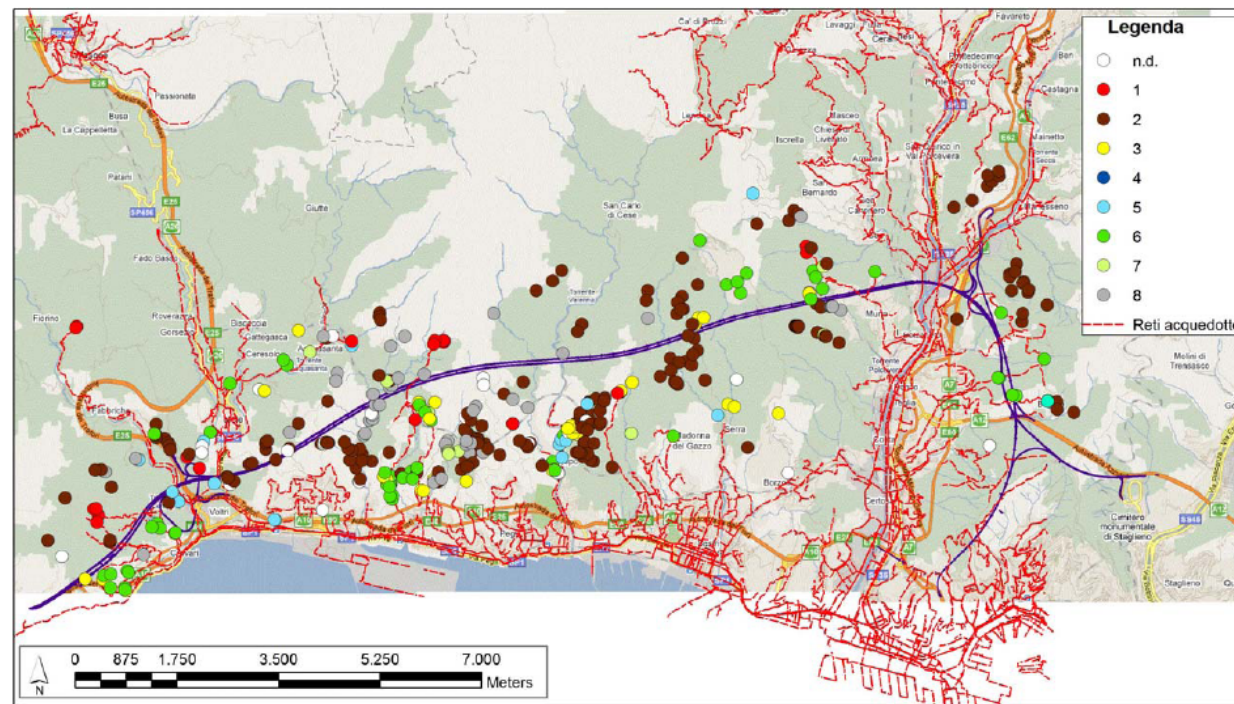
4.3.2.2 Stima del valore esposto dei punti d'acqua

Per la stima del "valore esposto" (V) sono state considerate le categorie di punti d'acqua riportate nella successiva tabella. Le suddette categorie corrispondono ad utilizzi attuati, previsti o potenziali delle singole sorgenti o pozzi, a cui corrisponde un "valore strategico", ovvero una rilevanza nel sistema di approvvigionamento locale. La tabella riporta in una scala decrescente il relativo coefficiente di valore V, compreso nel campo $2 \div 0,2$. Hanno $V > 1$ le fonti di rilevanza strategica, mentre hanno $V < 1$ le fonti di scarsa o nulla rilevanza.

Tabella 4-16 Coefficienti funzione del valore esposto per l'analisi di rischio di impatto (cfr. IDRO301)

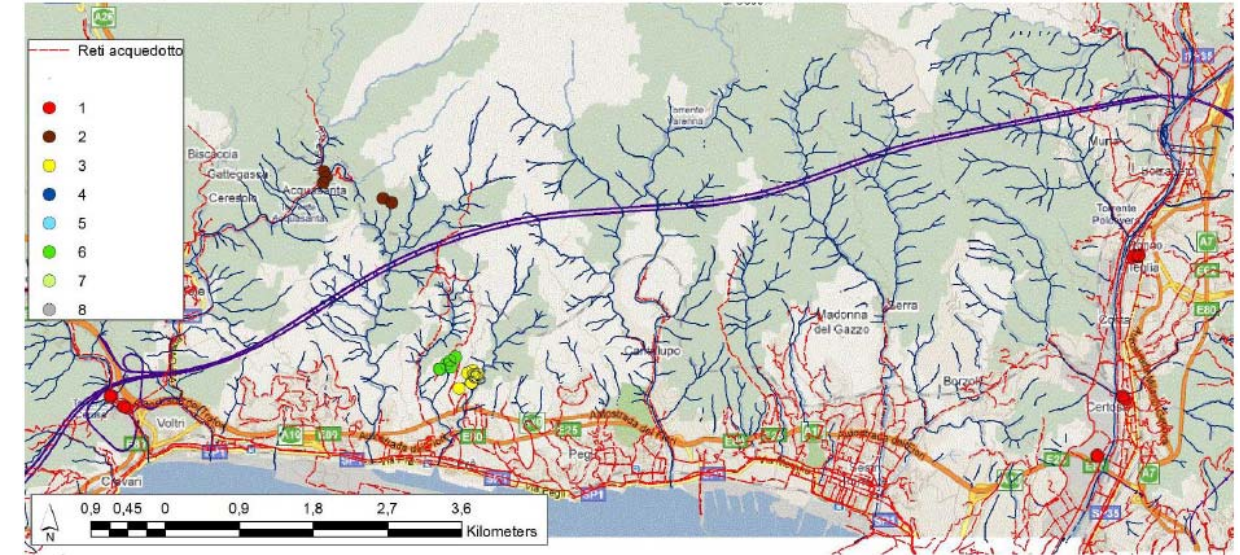
codice	Descrizione	Coefficiente funzione del "valore esposto"
1	fonti di alimentazione di acquedotti pubblici, o con previsione/progetto di utilizzo per la medesima finalità	2,0
2	fonti di alimentazione di acquedotti privati consortili, o ad uso privato domestico, in aree non raggiunte dalla rete di pubblico acquedotto	1,5
3	fonti di alimentazione di acquedotti privati consortili, in aree servite dalla rete di pubblico acquedotto o agevolmente allacciabili a partire dalla rete esistente	1,0
4	Sorgenti non captate, con portata di magra rilevante (convenzionalmente Q>90 l/min sulla base delle misure luglio 2010), tale da poter essere considerate risorse strategiche potenzialmente captabili ad uso pubblico	1,0
5	fontane pubbliche in aree già servite da pubblico acquedotto (in cod. 4 se Q>90 l/min)	0,7
6	sorgenti private ad uso domestico in aree servite da pubblico acquedotto	0,6
7	Sorgenti non captate caratterizzate da permanenza delle portate anche in regime di magra (convenzionalmente Q>5 l/min sulla base delle misure luglio 2010)	0,4
8	sorgenti non captate, con regime stagionale o comunque portata molto bassa, Q<5 l/min	0,2

Nelle figure seguenti vengono rappresentati l'utilizzo e il valore strategico delle sorgenti e dei pozzi censiti.



- 1 - Fonti di alimentazione di acquedotti pubblici, o con previsione/progetto di utilizzo per la medesima finalità
- 2 - Fonti di alimentazione di acquedotti privati consortili, o ad uso privato domestico, in aree non raggiunte dalla rete di pubblico acquedotto
- 3 - Fonti di alimentazione di acquedotti privati consortili, in aree servite dalla rete di pubblico acquedotto o agevolmente allacciabili a partire dalla rete esistente
- 4 - Sorgenti non captate, con portata di magra rilevante (convenzionalmente Q>90 l/min sulla base delle misure luglio 2010), tale da poter essere considerate risorse strategiche potenzialmente captabili ad uso pubblico
- 5 - Fontane pubbliche in aree già servite da pubblico acquedotto
- 6 - Sorgenti private ad uso domestico in aree servite da pubblico acquedotto
- 7 - Sorgenti non captate caratterizzate da permanenza delle portate anche in regime di magra (convenzionalmente Q>5 l/min sulla base delle misure luglio 2010)
- 8 - Sorgenti non captate, con regime stagionale o comunque portata molto bassa, Q<5 l/min

Figura 4-27 Utilizzo e valore strategico delle sorgenti censite (cfr. IDRO301)



- 1 - Fonti di alimentazione di acquedotti pubblici, o con previsione/progetto di utilizzo per la medesima finalità
- 2 - Fonti di alimentazione di acquedotti privati consortili, o ad uso privato domestico, in aree non raggiunte dalla rete di pubblico acquedotto
- 3 - Fonti di alimentazione di acquedotti privati consortili, in aree servite dalla rete di pubblico acquedotto o agevolmente allacciabili a partire dalla rete esistente
- 4 - Sorgenti non captate, con portata di magra rilevante (convenzionalmente Q>90 l/min sulla base delle misure luglio 2010), tale da poter essere considerate risorse strategiche potenzialmente captabili ad uso pubblico
- 5 - Fontane pubbliche in aree già servite da pubblico acquedotto
- 6 - Sorgenti private ad uso domestico in aree servite da pubblico acquedotto
- 7 - Sorgenti non captate caratterizzate da permanenza delle portate anche in regime di magra (convenzionalmente Q>5 l/min sulla base delle misure luglio 2010)
- 8 - Sorgenti non captate, con regime stagionale o comunque portata molto bassa, Q<5 l/min

Figura 4-28 Utilizzo e valore strategico dei pozzi censiti (cfr. IDRO301)

4.3.2.3 Stima del rischio di impatto dei punti d'acqua

Per le sorgenti, come sopra ricordato, la valutazione del rischio di impatto è stata condotta utilizzando la seguente formula: $R = H \times V$ dove R è l'indice di rischio, mentre H (probabilità di interferenza) e V (valore esposto) sono stati descritti nei paragrafi precedenti.

Sono state considerate a maggiore "rischio" le sorgenti per le quali si è calcolato un indice $R > 0.4$ (vedi figura seguente).

Si tratta di punti d'acqua con probabilità di impatto moderata, in cui le condizioni di rischio, sulla base della metodologia utilizzata, sono determinate da un utilizzo rilevante e/o strategico della risorsa.

La potenzialità complessiva in regime di magra delle sorgenti a rischio può essere stimata in circa 20 l/s (somma delle portate misurate e valutate sulla base del contributo medio dove non è stata possibile la misura diretta).

La condizione di rischio riguarda prevalentemente risorse al servizio di acquedotti privati consortili, o al servizio di singole abitazioni, in aree non servite dalla rete di pubblico acquedotto. La medesima condizione riguarda inoltre una sorgente (S299) che alimenta la rete di pubblico acquedotto, caratterizzata da una portata di magra molto rilevante rispetto alla media delle sorgenti locali, e che costituisce pertanto una fonte strategica di approvvigionamento locale.

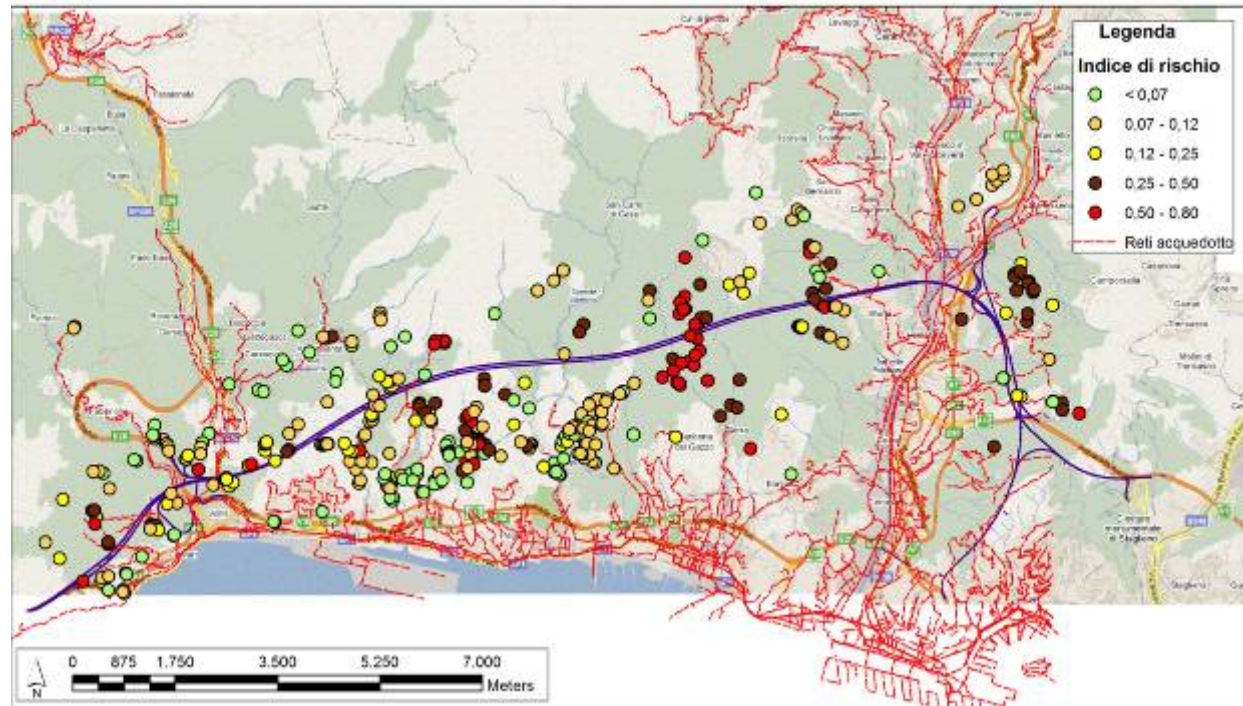


Figura 4-29 Indice di rischio R per le sorgenti (cfr. IDRO301)

Le suddette sorgenti ricadono prevalentemente (ma non esclusivamente) in nove settori principali distinti, riferibili a specifiche utenze. Tali settori, sono indicati nella figura seguente.

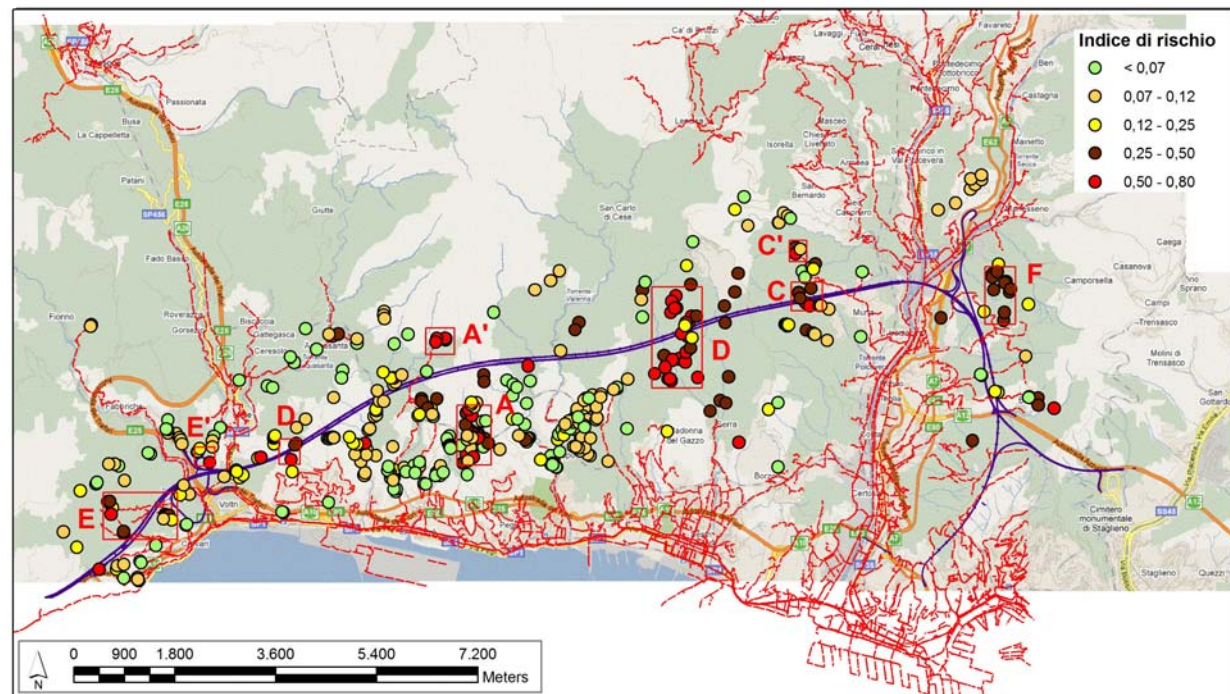


Figura 4-30 Aree a maggiore rischio di impatto per le sorgenti censite (cfr. IDRO301)

Per i pozzi, come sopra ricordato, è stata effettuata un'analisi del rischio basata esclusivamente su valutazioni idrogeologiche relative all'acquifero captato. In particolare sono state valutate le seguenti condizioni:

- Rischio "nullo", per captazioni alimentate da circolazione superficiale
- Rischio "molto basso, basso", per pozzi intercettanti circolazione superficiale nell'acquifero fratturato, a distanza >2000 m dall'asse gallerie;
- Rischio "moderato", per pozzi intercettanti circolazione intermedia o profonda entro l'acquifero fratturato (o comunque cautelativamente considerata tale in carenza di dati per una idonea caratterizzazione), a distanza 1000÷2000 m dall'asse gallerie, non localizzati lungo strutture tettoniche evidenti o comunque intercettate dalle gallerie;
- Rischio "elevato", per pozzi intercettanti circolazione intermedia o profonda entro l'acquifero fratturato (o comunque cautelativamente considerata tale in carenza di dati per una idonea caratterizzazione), a distanza 500÷1000 m dall'asse gallerie, localizzati lungo strutture tettoniche intercettate dalle gallerie.

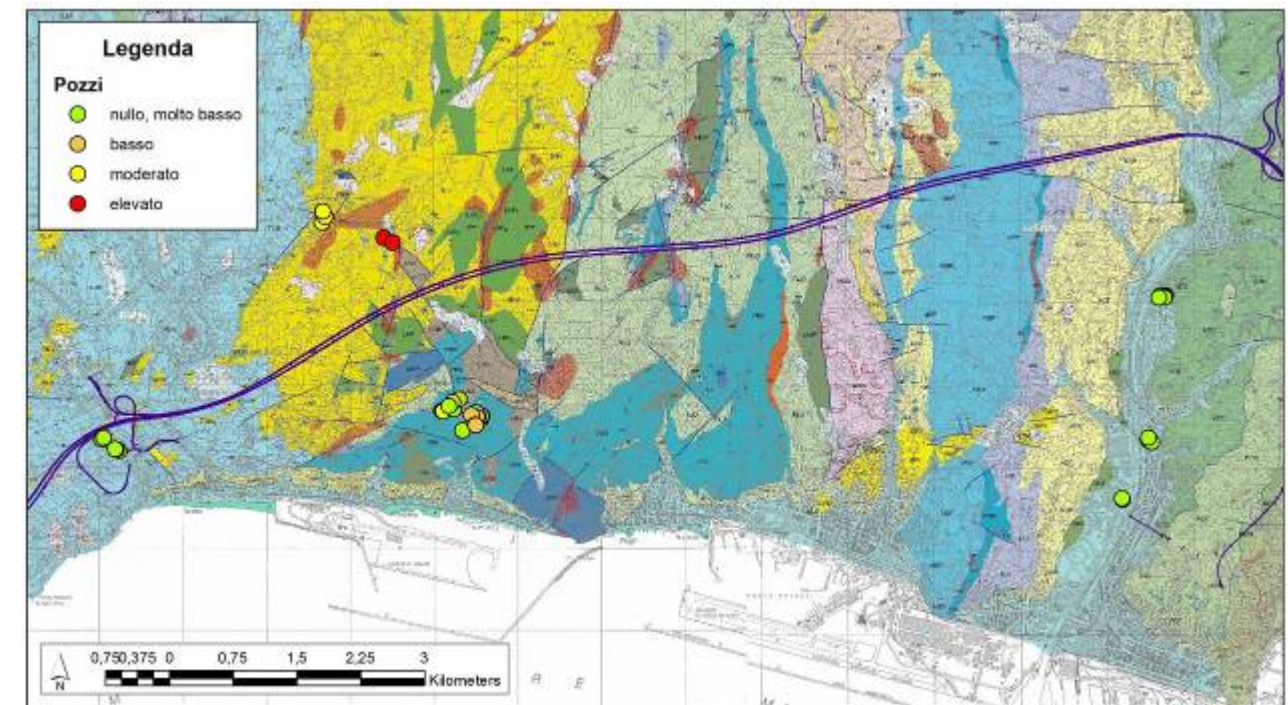


Figura 4-31 Indice di isterilimento dei pozzi (cfr. IDRO301)

Dei 43 pozzi censiti (cfr. Figura 4-31) la grande maggioranza ricade nella categoria a rischio nullo o molto basso (37). In particolare:

- la probabilità di impatto è nulla per tutti i pozzi al servizio della rete di pubblico acquedotto;
- condizioni di probabilità "moderata" riguardano pozzi piezometrici attualmente abbandonati, realizzati per la ricerca di acque solforose, oltre che una singola opera al servizio di un'abitazione privata, per integrazione domestica, in area attualmente già servita da pubblico acquedotto;
- l'unica situazione di probabilità elevata è relativa a due pozzi (di cui 1 cautelativamente attribuito a tale categoria per l'impossibilità di acquisire elementi di caratterizzazione

della circolazione intercettata) al servizio domestico e irriguo di una singola abitazione, in area non servita da acquedotto pubblico.

4.3.2.4 Valutazione dei volumi drenati dalle gallerie

Nello Studio idrogeologico (cfr. IDRO301) la valutazione dei volumi drenati dalle gallerie è stata effettuata tramite l'applicazione del metodo di Heuer.

Il metodo semiempirico (Heuer 1995, 2005) prevede, partendo da un'analisi statistica dei risultati delle prove di permeabilità in foro eseguite sui vari complessi rocciosi, la valutazione delle venute d'acqua al fronte, in funzione del carico idraulico a cui è soggetta la galleria. La correlazione tra permeabilità Lugeon dell'ammasso e venute idriche è basata su una relazione diretta supportata da numerose casistiche studiate relative a tunnel in ammassi rocciosi fratturati, suddivisi in opere superficiali e profonde sulla base del rapporto tra l'altezza di copertura H e il diametro D della galleria stessa.

Le portate stimate con il metodo di Heuer si riferiscono ai valori stabilizzati, ovvero alle portate drenate al netto del contributo temporaneo, transitorio e normalmente di breve durata, derivante dallo "svuotamento" delle fasce fratturate intercettate in avanzamento al fronte di scavo.

Nel caso di gallerie con scavo in tecnica tradizionale e con drenaggio libero, si riscontra sperimentalmente come le portate stabilizzate siano quelle misurate dopo un periodo, in media, dell'ordine di 20-30 giorni dall'attivazione del drenaggio.

Per gallerie scavate con sistemi meccanizzati, dove il rivestimento definitivo è costituito da conci prefabbricati posati immediatamente a tergo del fronte di scavo, e rese pertanto impermeabili e non drenanti già in avanzamento, l'afflusso è prossimo ad un valore nullo. Nel caso specifico, tratti di rivestimento drenante possono essere previsti per limitati sviluppi della galleria, dove necessario abbattere il carico piezometrico sul rivestimento definitivo; in tal caso, la previsione di "portate stabilizzate" è destinata a ridursi al solo contributo dei tratti drenanti.

Il metodo di Heuer trova la migliore applicazione per la stima delle venute idriche da circolazione in rete di fratture entro un ammasso in prima approssimazione omogeneo dal punto di vista idraulico. La metodologia presenta invece maggiori limiti per quanto riguarda la valutazione dei contributi dalle zone di faglia, ovvero da settori lineari localizzati di drenaggio, per i quali il contributo, difficilmente valutabile a priori, può risultare sottostimato.

La stima è stata effettuata utilizzando valori del coefficiente K ottenuti attraverso l'esecuzione di prove Lugeon nei sondaggi geognostici realizzati in vari periodi per la progettazione dell'opera. I valori di K sono relativi alle singole unità lito-strutturali ed alle specifiche condizioni di fratturazione/tettonizzazione.

Il metodo prevede l'utilizzo di un fattore moltiplicativo della conducibilità idraulica RF che tiene conto della riduzione di permeabilità nei livelli profondi per serraggio delle fratture, correlabile al carico citostatico, e dell'aumento della medesima per decompressione superficiale. Le portate sono state calcolate sia utilizzando il fattore di correzione RF della conducibilità idraulica in funzione della profondità, sia senza tenere conto dello stesso, ottenendo in quest'ultimo caso valori più conservativi. Le portate di calcolo sono in assoluto rilevanti, in relazione allo sviluppo delle opere in galleria, risultando i contributi

specifici medi coerenti con quanto osservato per gallerie in contesti litologici e strutturali simili.

Le portate cumulate agli imbocchi in regime stabilizzato, per tutte le gallerie in progetto, ad eccezione delle gallerie Campursone, Polcevera e Morego, per le quali non si prevede significativo drenaggio, sono riportate in Tabella 4-17 per l'area Ovest Polcevera e in Tabella 4-18 per l'area Est Polcevera. Per le gallerie a due canne, i valori di drenaggio cumulati indicati nei profili idrogeologici sono rappresentativi della somma dei contributi dalle due canne. Per il dettaglio delle formazioni geologiche indicate nelle tabelle si rimanda alla relazione geologica ed idrogeologica generale (cfr. GEO001). Nelle figure seguenti vengono, inoltre, riportate sotto forma di diagrammi le portate di drenaggio cumulate in regime stabilizzato per le gallerie degli assi principali (Ovest ed Est Polcevera), rimandando alla relazione di idrologia sotterranea (cfr. IDRO301) per le gallerie minori.

Tabella 4-17 Gallerie Ovest Polcevera: stima delle portate di drenaggio

Galleria	Formazioni geologiche	Portata cumulata stabilizzata [l/s]
Borgonuovo	Calcescisti, depositi quaternari, serpentiniti, SAC	7-17
Voltri	Metabasiti, calcescisti, SAC	0-1
Amandola	Calcescisti, serpentiniti, metabasiti, SAC, metagabbri, metabasalti, peridotiti,	60-90
Monterosso	Serpentiniti, peridotiti, calcescisti, metabasiti, SAC, quarzoscisti, dolomie, gessi, calcari, argillocisti, metabasalti, argilliti	80-140
Bric del Carmo	Calcescisti, metabasiti e/o metagabbri, SAC	1,5
Ciocia	Metabasiti, SAC, scisti carbonatici	0,5
Delle Grazie	Calcescisti, metabasiti, SAC, metagabbri, serpentiniti	5

Tabella 4-18 Gallerie Est Polcevera: stima delle portate di drenaggio

Galleria	Formazioni geologiche	Portata cumulata stabilizzata [l/s]
Granarolo	Formazioni pelitico-arenacee di Ronco	5
Forte Diamante	Formazioni pelitico-arenacee di Ronco, formazioni argillitiche di Montanesi	3
Bric du Vento	Formazioni argillitiche di Montanesi, formazioni pelitico-arenacee di Ronco	3
Monte Sperone	Formazioni pelitico-arenacee di Ronco, formazione di Antola, formazioni argillitiche di Montanesi, torbiditi	7
Moro 1	Formazione di Ronco	0,5
Moro 2	Formazione di Ronco	0,8
Torbella Ovest	Formazione di Ronco	0,7
Torbella Est	Formazione di Ronco	0,5
Forte Begato	Formazione di Ronco e formazione del Monte Antola	8,5
San Rocco	Formazione di Montanesi e formazione di Ronco	1
Baccan	Formazione di Montanesi e formazione di Ronco	2,5

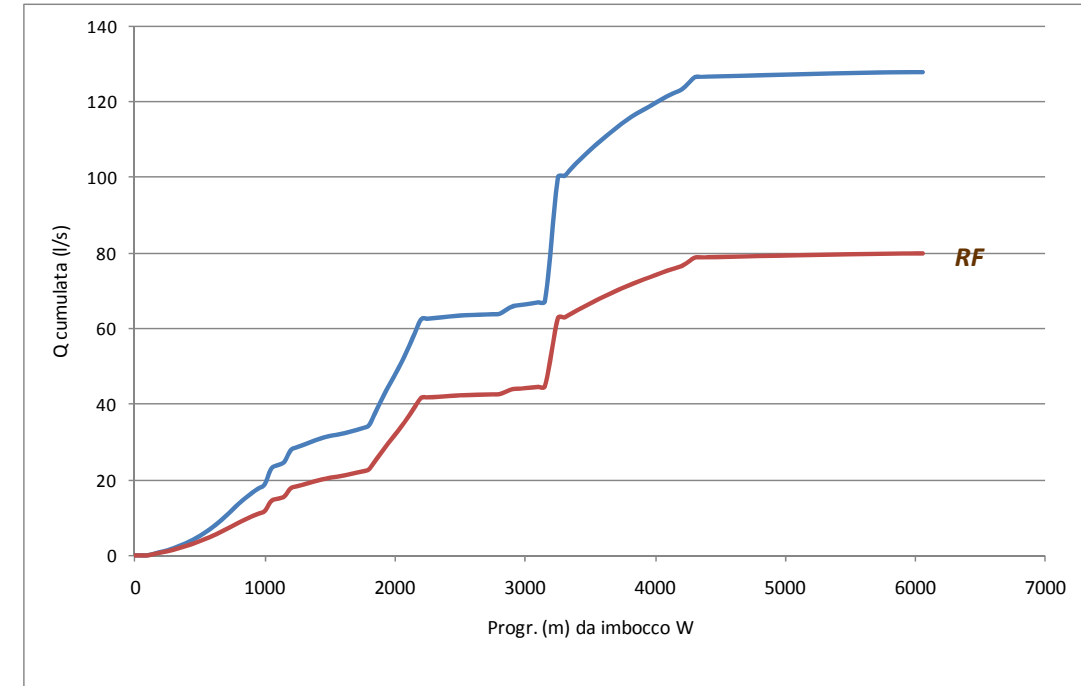


Figura 4-33 Galleria Monterosso: stima delle portate di drenaggio cumulate, in regime stabilizzato, con metodo empirico di Heuer (2005)

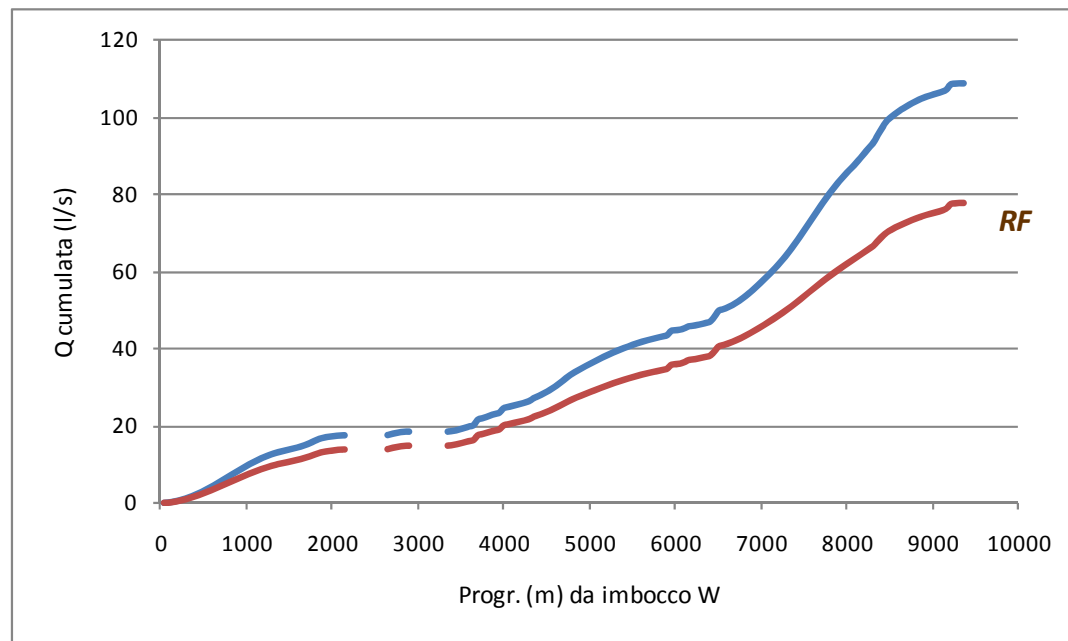


Figura 4-32 Gallerie Borgonuovo, Voltri e Amandola: stima delle portate di drenaggio cumulate, in regime stabilizzato, con metodo empirico di Heuer (2005)

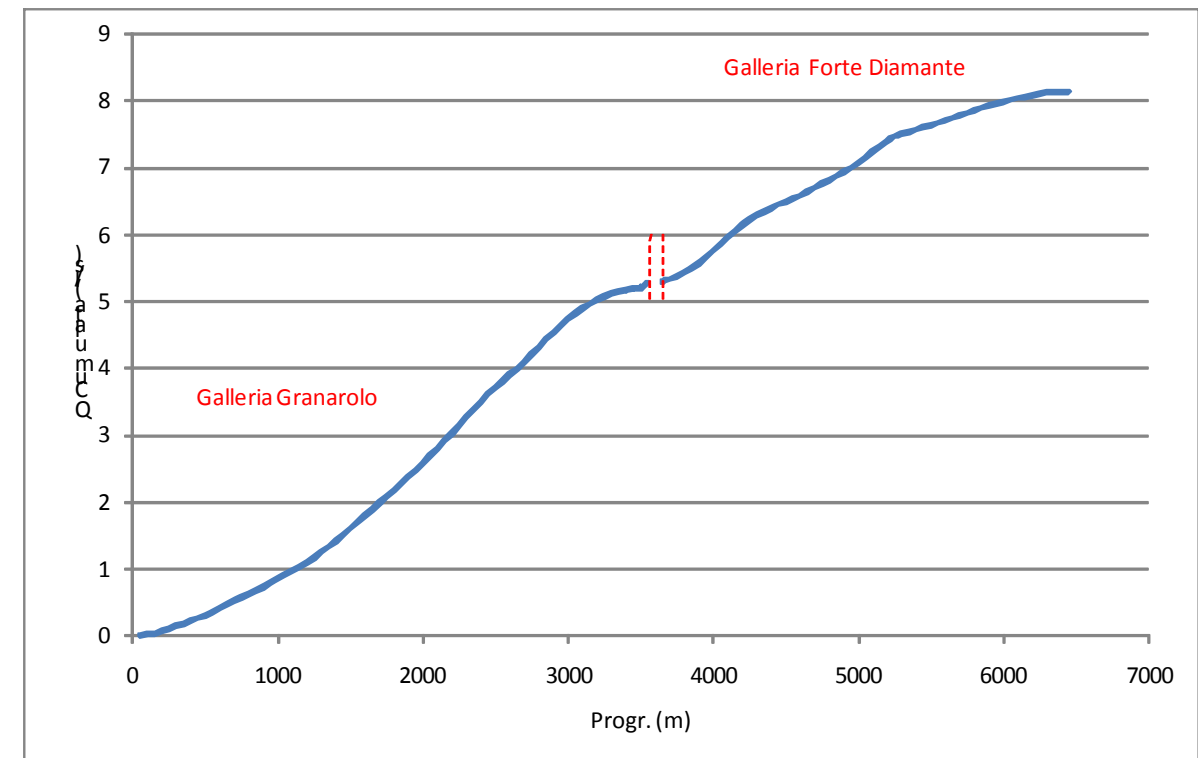


Figura 4-34 Gallerie Granarolo e Forte Diamante: stima delle portate di drenaggio cumulate, in regime stabilizzato, con metodo empirico di Heuer (2005)

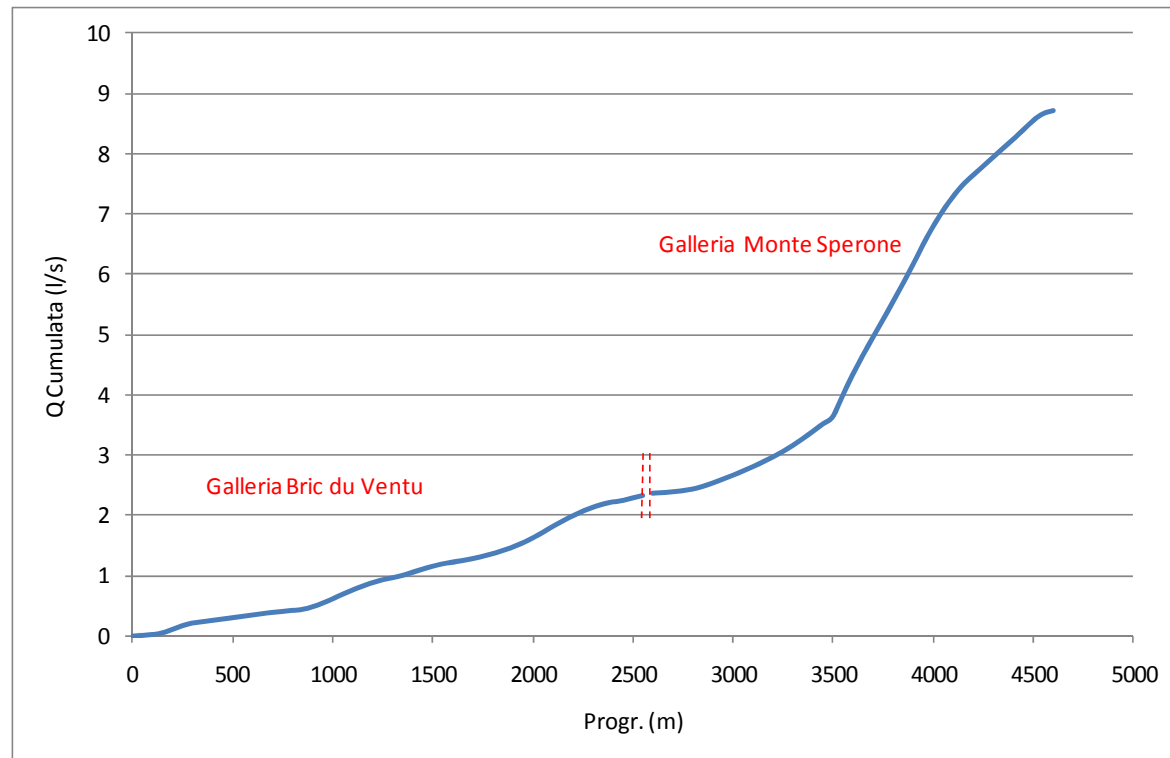


Figura 4-35 Gallerie Bric du Ventu e Monte Sperone: stima delle portate di drenaggio cumulate, in regime stabilizzato, con metodo empirico di Heuer (2005)

Nelle tavole MAM-I-QAMB-SUO-002_007 viene riportato il profilo idrogeologico longitudinale in asse alle opere autostradali previste, per gli assi principali del progetto; la citata relazione di idrologia sotterranea (cfr. IDRO301) riporta il profilo anche delle gallerie minori. Nella fincatura alla base del profilo vengono riportati alcuni elementi di sintesi:

- conducibilità idraulica di riferimento dell'ammasso roccioso alla quota di scavo;
- stima orientativa della portata cumulata teorica in regime stabilizzato calcolata con il metodo di Heuer (cfr. IDR-0301);
- tratti per cui si ritiene possibile l'attivazione di venute idriche improvvise in avanzamento, in riferimento alle seguenti distinte condizioni: rapido svuotamento di fasce cataclastiche; afflusso in corrispondenza di soglie o limiti di permeabilità; intercettazione possibile di condotti carsici in pressione;
- necessità di cautele in fase di avanzamento (es. sondaggi al fronte) per condizioni idrogeologiche sfavorevoli o non compiutamente prevedibili;
- indicazioni progettuali connesse a elementi di rilevanza o criticità idrogeologica.

Sono necessarie alcune precisazioni sui limiti di attendibilità delle indicazioni riportate:

- la stima di K (m/s) si riferisce ad un valore cautelativo di riferimento per la stima delle portate con il metodo di Heuer, e può non risultare dunque rappresentativo di situazioni locali, sia di particolare frantumazione sia nel campo opposto, di tratti integri in cui la permeabilità per fratturazione può risultare pressoché nulla;
- come noto la stima della portata drenabile da una galleria profonda rappresenta un elemento di forte incertezza ed aleatorietà. Nel caso in esame la valutazione si è basata sul metodo di Heuer; i risultati costituiscono pertanto la migliore applicazione di

una tecnica valutativa tra le più sperimentate ed accreditate per un elemento che rimane comunque difficilmente valutabile in modo preciso e deterministico.;

- non è peraltro significativa la definizione della portata con criterio probabilistico, in termini di analisi di sensitività, in quanto il parametro incerto è costituito dalla permeabilità K derivante dalle prove Lugeon, che presenta anche per la medesima unità litologica una rilevante dispersione, in assenza di una distribuzione statistica significativa.

La valutazione riportata nei profili corrisponde dunque ad una cautelativa condizione di massimo drenaggio teorico. Infatti, i valori si riferiscono alla portata cumulata teorica agli imbocchi, in assenza del rivestimento definitivo.

Nelle seguenti tabelle (cfr. Tabella 4-19 per l'area Ovest Polcevera e Tabella 4-20 per l'area Est Polcevera) vengono evidenziate, galleria per galleria, le tratte idrogeologicamente più critiche (come riportato sul profilo), che richiedono cautela e/o indagini geognostiche in avanzamento.

Tabella 4-19 Gallerie Ovest Polcevera: tratte idrogeologicamente più critiche

Galleria	Progressiva [km]	Situazione geologica	Possibili criticità/ Note
Borgonuovo	1425÷ 1600	Contatto tra calcescisti e serpentiniti	Improbabili manifestazioni idriche importanti
Voltri	Non si prevedono criticità o particolari problematiche idrogeologiche		
Amandola	3600÷ 4100 (soprattutto 3950÷ 4050)	Lembi serpentinitici in calcescisti	Afflussi rilevanti non ritenuti probabili
	6100	Subalveo rio Branega - Cataclasiti	Previste idonee soluzioni progettuali per evitare l'afflusso diretto in galleria delle acque di subalveo
	6375÷ 6525	Fasce cataclastiche	Possibili drenaggi concentrati con portata anche di alcune decine di l/s, ma con rapido decremento entro i primi giorni, fino alla stabilizzazione
Monterosso	10850÷ 10925	Contatto tra serpentiniti e calcescisti	Possibili afflussi concentrati e temporanei di portata anche di alcune decine di l/s, in esaurimento esponenziale, con riduzione al valore stabilizzato nell'ordine compreso tra pochi giorni e alcune settimane
	11500÷ 11750	Dolomie di Monte Gazzo	Previste indagini geognostiche in avanzamento
	11750÷ 11900	Fasce cataclastiche alternate a fasce più integre	Possibili, anche se non probabili, svuotamenti rapidi e di breve durata
	12200	Scisti filladici	Possibili afflussi temporanei elevati, dell'ordine anche del centinaio di l/s, con rapida riduzione, e successiva stabilizzazione su valori inferiori a 20 l/s
	12650÷ 12970	Serpentiniti con livelli frantumati clastici	Previste portate di attivazione anche molto elevate, oltre i 100 l/s, in rapido decremento e con stabilizzazione in un campo di portate valutato in 20÷70 l/s
	12970÷ 13950	Metabasiti del Monte Figogna, con probabile presenza locale di fasce più fratturate	Possibile svuotamento rapido nella fase di avanzamento degli scavi
	13950÷ 14070	Calcarei di Erzelli	Previste indagini geognostiche in avanzamento
	Bric del Carmo	Non si prevedono criticità o particolari problematiche idrogeologiche	
Ciocia	Non si prevedono criticità o particolari problematiche idrogeologiche		
Delle Grazie	Non si prevedono criticità o particolari problematiche idrogeologiche		

Tabella 4-20 Gallerie Est Polcevera: tratte idrogeologicamente più critiche

Galleria	Progressiva [km]	Situazione geologica	Possibili criticità
Granarolo	Non si prevedono criticità o particolari problematiche idrogeologiche		
Forte Diamante	5250÷5350	Faglie con maggiore rigetto	Possibile svuotamento di fasce fratturate - afflussi dell'ordine di alcuni l/s in rapida riduzione ed esaurimento
Bric du Vento	850÷900	Faglie con maggiore rigetto	Possibile svuotamento di fasce fratturate - afflussi dell'ordine di alcuni l/s in rapida riduzione ed esaurimento
Monte Sperone	3400÷4600	Formazione del Monte Antola	Possibili afflussi concentrati, ma non rilevanti (qualche decina di l/s, in rapido decremento sui valori stabilizzati). Previste indagini geognostiche in avanzamento
Campursone	Non si prevedono criticità o particolari problematiche idrogeologiche		
Polcevera	Non si prevedono criticità o particolari problematiche idrogeologiche		
Morego	Non si prevedono criticità o particolari problematiche idrogeologiche		
Forte Begato	1100÷1990	Formazione del Monte Antola	Possibili afflussi concentrati, ma non rilevanti (qualche decina di l/s, in rapido decremento sui valori stabilizzati). Previste indagini geognostiche in avanzamento
Baccan	1100÷1150	Faglie con maggiore rigetto	Possibile svuotamento di fasce fratturate - afflussi dell'ordine di alcuni l/s in rapida riduzione ed esaurimento
San Rocco	1600÷1700	Faglie con maggiore rigetto	Possibile svuotamento di fasce fratturate - afflussi molto contenuti, dell'ordine di alcuni l/s in rapida riduzione ed esaurimento
Moro 1	Non si prevedono criticità o particolari problematiche idrogeologiche		
Moro 2	Non si prevedono criticità o particolari problematiche idrogeologiche		
Torbella Ovest	Non si prevedono criticità o particolari problematiche idrogeologiche		
Torbella Est	Non si prevedono criticità o particolari problematiche idrogeologiche		

4.3.2.5 Definizione di risorse idriche alternative

In relazione alla frammentazione dell'utenza, molte località non sono servite dal pubblico acquedotto e l'approvvigionamento è affidato a sorgenti di rilevanza anche molta limitata al contesto locale per lo più ad uso di ogni singola abitazione o al servizio consortile di piccoli agglomerati.

Le uniche risorse maggiormente a rischio sono quindi rappresentate da sorgenti oppure gruppi di sorgenti prevalentemente a servizio delle zone altimetricamente più elevate oppure poste ai margini dell'area maggiormente urbanizzata.

Il 21 marzo 2011 è stato effettuato un incontro con Mediterranea delle Acque finalizzato, sulla base dei risultati dell'analisi di rischio idrogeologico delle risorse idriche, ad individuare eventuali criticità nell'approvvigionamento idrico di frazioni o gruppi di case situate in posizioni altimetricamente elevate oppure distanti dalla attuale rete di distribuzione.

Nel Quadro di Riferimento Progettuale vengono indicate le possibili fonti alternative previste.

Inoltre, le valutazioni preliminari sulle portate drenate dalle gallerie hanno evidenziato la possibilità di disporre di rilevanti volumi d'acqua agli imbocchi delle gallerie che, dove correttamente captati, potranno essere immessi nella rete dell'acquedotto della Mediterranea Acque, posta a ridotta distanza dagli imbocchi stessi.

In caso di compromissione delle risorse attualmente esistenti, durante la fase di scavo delle gallerie, si ipotizza un intervento di soccorso immediato, attraverso la predisposizione in campo di serbatoi di compenso, da ubicare in punti ottimali per un funzionamento a gravità e/o in prossimità dell'utenza.

4.3.3 Rischio di intercettamento di ammassi amiantiferi

Come enunciato nel paragrafo 4.2.3, l'area di studio è stata suddivisa in sette domini e ogni dominio è stato studiato con lo scopo di intercettare o meno la presenza di minerali fibrosi e eseguire in riconoscimento petrografico sia in situ che in laboratorio attraverso analisi spettroscopiche. I 108 campioni sono stati prelevati sia in affioramento che in sondaggio per l'intero tracciato della Gronda di ponente e si è cercato di acquisirli alla quota di scavo galleria per riuscire a ottenere un quadro il più esaustivo possibile delle quantità di minerali fibrosi in gioco sull'intero tracciato in galleria.

Dalle indagini effettuate è emerso che nelle varie tratte della Gronda di Ponente:

1. la distribuzione degli ammassi amiantiferi è molto eterogenea;
2. i valori di minerali fibrosi rintracciati nei vari campioni suddivisi per tratte di studio sono nella maggior parte dei casi variabili tra minori ai valori normativi e a volte maggiori a quest'ultimo (1g/kg);
3. nei riguardi del punto 2 si deve appuntare che l'analisi per rintracciare le fibre è puntuale e non areale e quindi potrebbe accadere che il campione prelevato abbia puntualmente una concentrazione più alta della media dell'ammasso fibroso campionato. Tale aspetto è di importanza notevole in quanto da un lato ci dà informazioni puntuali di rischio alto per eccessiva presenza d'amianto, mentre dall'altro non dà in ogni modo la sicurezza che l'ammasso fibroso crei interferenza tra la componente suolo e sottosuolo e l'opera. A tal proposito è consigliabile effettuare ulteriori analisi di dettaglio, come ad esempio per la "Zona di deformazione Scarpino" ove i campioni hanno riscontrato concentrazioni puntuali con picchi di 10000 mg/kg in zone di intensa cataclasi e blocchi di oficalcite.

Alla luce di tali considerazioni e quindi di un'analisi puntuale del dato estesa poi ad un'interpretazione areale estrapolata dall'assetto geologico locale, si è potuto stimare il volume di rocce a rischio amianto medio e ed elevato, raffigurata qui di seguito, dove per rischio si intende quantità superiori ai limiti normativi vigenti.

Gronda di Ponente - Calcolo volumi rocce a rischio amianto diametro sezione di scavo 14,5 m

26 febbraio 2011

Domini	Tratto omogeneo	Rocce a rischio amianto ELEVATO				Rocce a rischio amianto MEDIO				Sistema Val Amianto - Tgkg			
		previsione di rischio elevato	previsione di rischio medio	volume (m³)	volume (m³)	previsione di rischio elevato	previsione di rischio medio	volume (m³)	volume (m³)	volume (m³)	volume (m³)	volume (m³)	volume (m³)
C. del Scavo	Tratta 34 - Tratta Amianto 18	290,00	425,00	100,00	47987,88832	70180,32484	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Totale	290,00	425,00	100,00	47987,88832	70180,32484	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C. del Tratto	Tratta 32 - Tratta Amianto 8	190,00	295,00	100,00	21.889,8993	38908,34181	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Totale	190,00	295,00	100,00	21.889,8993	38908,34181	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Compenso	Tratta 26/28 - Tratta Amianto 6	390,00	440,00	100,00	93448,78689	73957,70411	490,00	100,00	100,00	80913,88229	10912,06630	0,00	0,00
	Totale	390,00	440,00	100,00	93448,78689	73957,70411	490,00	100,00	100,00	80913,88229	10912,06630	0,00	0,00
Verona	Tratta 23/25 - Tratta Amianto 5	190,00	245,00	100,00	31074,66013	40458,64134	300,00	675,00	100,00	84400,6026	110837,2058	0,00	0,00
	Totale	190,00	245,00	100,00	31074,66013	40458,64134	300,00	675,00	100,00	84400,6026	110837,2058	0,00	0,00
Brescia	Tratta 21 - Tratta Amianto 4	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Totale	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Val di Susa	Tratta 18/20 - Tratta Amianto 3	210,00	300,00	100,00	30803,30635	34102,88837	450,00	550,00	100,00	74308,48191	30921,86014	0,00	0,00
	Totale	210,00	300,00	100,00	30803,30635	34102,88837	450,00	550,00	100,00	74308,48191	30921,86014	0,00	0,00
Comune	Tratta 17 - Tratta Amianto 2	20,00	100,00	100,00	3302,58627	10612,88639	110,00	300,00	100,00	33000,1044	3892,33117	0,00	0,00
	Totale	20,00	100,00	100,00	3302,58627	10612,88639	110,00	300,00	100,00	33000,1044	3892,33117	0,00	0,00
Val di Susa	Tratta 1/18 - Tratta Amianto 1	290,00	500,00	100,00	39051,19131	57044,86393	650,00	1.000,00	100,00	107334,4769	170963,4118	0,00	0,00
	Totale	290,00	500,00	100,00	39051,19131	57044,86393	650,00	1.000,00	100,00	107334,4769	170963,4118	0,00	0,00
Totale generale		1.417,00	2.915,00	100,00	170841,2177	211131,2448	2130,00	3095,00	100,00	252282,4726	310774,4634	0,00	0,00

Volume totale rocce a rischio amianto (per diametro sez. scavo 14,5 m)

previsione per totale (A+C) 39.696,5005 previsione per totale (B+D) 139.128,298

Sistema volume rocce amiantifere oltre il livello di legge Tgkg previsione per totale (E+F) 270.047,7722

4.3.4 Mobilizzazione di sedimenti potenzialmente inquinati

I sondaggi eseguiti nel canale di calma hanno evidenziato la presenza di concentrazioni significative di microinquinanti organici ed inorganici negli strati superficiali del sedimento che sono costituiti in prevalenza da frazioni fini (limi e argille). Esiste quindi il rischio di una risospensione di tali sedimenti e di rilascio nella colonna d'acqua degli inquinanti adsorbiti, durante le fasi costruttive della conterminazione. Dal momento che il progetto in esame non prevede alcuna attività di dragaggio, le operazioni più critiche, potenzialmente, sono quelle di versamento dei materiali granulari necessari per formare lo scanno di imbasamento dei cassoni. Infatti, una volta completata la conterminazione, qualunque altra risospensione dei fondali avvenisse all'interno del deposito a mare rimarrebbe confinata all'interno e non avrebbe alcuna conseguenza sull'ambiente marino circostante. Per limitare la possibilità di risospensione durante la costruzione dello scanno di imbasamento, si è previsto di posare sul fondale, in corrispondenza dell'impronta dello scanno, un telo di tessuto non tessuto prima delle operazioni di versamento; in questo

modo si crea uno strato protettivo della superficie del sedimento che non è più direttamente esposto al disturbo creato dalle operazioni di posa e versamento dei materiali.

4.3.5 Modificazione degli usi e della funzionalità del Canale di calma

4.3.5.1 La modifica del traffico marittimo in fase di realizzazione

La costruzione del deposito a mare comporterà la presenza nel canale di calma di mezzi marittimi diversi a seconda delle operazioni di cantiere previste.

Per la posa dei cassoni è prevedibile l'utilizzo di rimorchiatori per il trasporto oltre a pontoni con gru durante le fasi di affondamento e alle imbarcazioni di appoggio e controllo (pilotine). Durante il versamento e la movimentazione dei materiali granulari saranno invece necessarie gru montate su pontoni, bettoline ecc.

In concomitanza con le fasi costruttive sarà quindi necessario ridurre l'ampiezza del tratto navigabile del canale ad una larghezza approssimativa di circa 30 m, dedicando l'area restante alle operazioni dei mezzi di cantiere. La dimensione effettiva del canale riservato al transito delle imbarcazioni dovrà essere definita in accordo con la Capitaneria di Porto che dovrà emettere un'apposita ordinanza definendo i limiti alla navigazione e le procedure di sicurezza che dovranno essere messe in opera, quali ad esempio l'utilizzo di boe di segnalazione, di ausili luminosi, di segnali acustici, le limitazioni al traffico dei mezzi da diporto e delle attività di canottaggio.

Al fine di verificare che i requisiti necessari per una navigazione in condizioni di sicurezza rimangano soddisfatti anche in fase di realizzazione dell'opera, si è effettuato il dimensionamento della larghezza del canale secondo le linee guida riportate nel manuale PIANC⁴², in riferimento alle caratteristiche delle navi che vi possono transitare.

La larghezza al fondo del canale, nel caso di circolazione a senso unico, viene determinata tramite la seguente relazione:

$$w = w_{BM} + \sum_{i=1}^n w_i + w_{Br} + w_{Bg}$$

che per un canale a doppio senso di circolazione diventa:

$$w = 2w_{BM} + 2\sum_{i=1}^n w_i + w_{Br} + w_{Bg} + w_p$$

in cui:

- w_{BM} = larghezza minima di manovra;
- w_i = incremento di larghezza per canali rettilinei determinato da fattori ambientali e condizioni di navigazione;
- w_{Br} , w_{Bg} = incrementi di larghezza che tengono conto del "bank effect"; w_p = incremento di larghezza per canali a doppio senso di circolazione.

I diversi termini che concorrono alla determinazione della larghezza del canale sono calcolati sulla base delle indicazioni riportate dalle linee guida precedentemente citate.

Per il calcolo della larghezza e della profondità del canale si è fatto riferimento alle caratteristiche della motonave utilizzata per il trasporto pubblico ($L_{OA}=29,9$ m; $B=7,2$ m), che presenta dimensioni maggiori rispetto alle altre navi di progetto; la velocità di transito delle imbarcazioni è stata considerata pari a 6 nodi, che rappresenta il limite fissato dall'Autorità Portuale all'interno del "Regolamento di sicurezza e dei servizi marittimi del Porto di Genova".

Nel calcolo si sono considerate condizioni meteomarine del sito tipiche di situazioni ricorrenti; per il moto ondoso nel canale si è considerata un'altezza di 1.5 m (tempo di ritorno 1 anno), che peraltro corrisponde alle condizioni limite di navigazione all'esterno del canale, e per il vento si è fatto riferimento ad una velocità (36 nodi) caratterizzata da un tempo di ritorno di 5 anni.

I risultati ottenuti nelle condizioni meteomarine di riferimento, riportati in **Figura 4-36**, evidenziano che la larghezza di 30 m del canale di calma (in relazione ad una circolazione a senso unico) è sufficiente a garantire la sicurezza della navigazione per le imbarcazioni che utilizzano attualmente il canale di calma.

È quindi ipotizzabile che durante la realizzazione del deposito a mare che, come detto in precedenza, richiederà di ridurre l'ampiezza del tratto navigabile del canale ad una larghezza approssimativa di circa 30 m, il canale sia sottoposto a regime di traffico alternato e il transito sia limitato ai mezzi di soccorso e di collegamento urbano (navebus), ai fini di garantire i requisiti necessari per una navigazione in sicurezza.

⁴²PIANC (1995) "Approach Channels: Preliminary Guidelines" (First report of the joint Working Group PIANC and IAPH - Supplement to Bulletin no.87, April 1995)

Dimensioni caratteristiche della nave di progetto

Lunghezza fuori tutto (L_{oa})	29.9	m
Lunghezza tra le perpendicolari (L_{bp})	28.41	m
Larghezza (B)	7.20	m
Pescaggio (T)	2.50	m

Profondità del canale

Il rapporto "profondità/pescaggio" deve essere pari ad almeno 1.10 in acque protette, a 1.3 in acque con onde max da 1 m e 1.5 m in acque con onde ancor più alte, con periodi e direzioni di provenienza sfavorevoli. Tali valori tengono conto dello squat e delle incertezze di dragaggio e rilievo.
Nel caso in esame il valore consigliato di profondità è:

	3.8	m
Profondità canale	13.00	m

Larghezza del canale

Bacino di manovra (W_M)		1.3
Manovrabilità della nave	g	1.3
"Bank effect" (W_B)		1
Tipo di sponda (dx)	b	0.5
Tipo di sponda (sx)	b	0.5
Condizioni ambientali (W_i)		1.5
Velocità della nave	6 nodi	0.0
Velocità del vento trasversale	36 nodi	1.0
Velocità corrente trasversale	0 nodi	0.0
Velocità corrente longitudinale	0.5 nodi	0.0
Altezza d'onda significativa	1.5 m	0.5
Condizioni di navigazione	a	0.0
Tipo di fondale	s	0.0
Profondità del canale	0	0.0
Pericolosità del carico	1	0.0

Larghezza al fondo del canale con circolazione a senso unico	=	27.36	m
Rapporto w/b	=	3.8	

Figura 4-36 Dimensionamento della larghezza del canale secondo le linee guida riportate in "Approach channels - Preliminary guidelines" (Supplement to bulletin no 87 - april 1995)

4.3.5.2 La modifica della funzionalità marittima ad opera finita

Il deposito a mare dei materiali sarà ubicato tra l'area aeroportuale e la diga foranea esistente e comporterà quindi il restringimento del canale di calma; per tale motivo si è proceduto a verificare la compatibilità della configurazione di progetto del canale con le funzioni antropiche esistenti. In tal senso è stato assunto alla base del dimensionamento

del nuovo canale di calma il criterio fondamentale di mantenere l'attività di navigazione nel canale stesso secondo le modalità oggi esistenti.

Al fine di verificare che i requisiti necessari per una navigazione in condizioni di sicurezza rimangano soddisfatti anche nella configurazione progettuale, si è effettuato il dimensionamento della larghezza del canale secondo le linee guida PIANC citate nel paragrafo precedente, in riferimento alle caratteristiche delle navi che vi possono transitare.

Le relazioni utilizzate per calcolare la larghezza al fondo del canale, nel caso di canale a senso unico di circolazione o a doppio senso di circolazione, sono quelle definite in precedenza.

Per quanto riguarda la profondità del canale, le linee guida indicano che il rapporto tra la profondità del canale ed il pescaggio delle navi che vi transitano deve essere pari ad almeno 1.10 in acque protette, 1.3 in acque con onde max da 1 m e 1.5 m in acque con onde ancor più alte, con periodi e direzioni di provenienza sfavorevoli.

Tali valori tengono conto dello "squat"⁴³ e delle eventuali incertezze del rilievo batimetrico. Nel caso in esame la profondità del canale di calma, che non viene modificata dall'intervento, si mantiene ampiamente superiore alle esigenze (pari a circa 13 m).

Anche in questo caso, per il calcolo della larghezza e della profondità del canale si è fatto riferimento alle caratteristiche della motonave utilizzata per il trasporto pubblico ($L_{OA}=29,9$ m; $B=7,2$ m) e la velocità di transito delle imbarcazioni è stata considerata pari a 6 nodi. Nel calcolo si sono considerate condizioni meteomarine del sito tipiche di situazioni ricorrenti; per il moto ondoso nel canale si è considerata un'altezza di 1,5 m (tempo di ritorno 1 anno) e per il vento si è fatto riferimento ad una velocità (36 nodi) caratterizzata da un tempo di ritorno di 5 anni.

I risultati ottenuti nelle condizioni meteomarine di riferimento, riportati nella Figura 4-37, evidenziano che la larghezza di 60 m del canale di calma (inteso a doppio senso di circolazione) è sufficiente a garantire la sicurezza della navigazione per le imbarcazioni che lo utilizzano attualmente.

È stato inoltre verificato che per velocità di transito superiori, fino a 8 nodi, e per le stesse condizioni meteomarine sopra indicate, il nuovo canale di 60 m consente ugualmente una navigazione in sicurezza (Figura 4-38).

⁴³ Fenomeno per cui una nave che si muove rapidamente su bassi fondali crea una zona di pressione inferiore sotto la chiglia, che ne riduce il galleggiamento (squat effect)

Dimensioni caratteristiche della nave di progetto

Lunghezza fuori tutto (L_{oa})	29.9	m
Lunghezza tra le perpendicolari (L_{bp})	28.41	m
Larghezza (B)	7.20	m
Pescaggio (T)	2.50	m

Profondità del canale

Il rapporto "profondità/pescaggio" deve essere pari ad almeno 1.10 in acque protette, a 1.3 in acque con onde max da 1 m e 1.5 m in acque con onde ancor più alte, con periodi e direzioni di provenienza sfavorevoli. Tali valori tengono conto dello squat e delle incertezze di dragaggio e rilievo.

Nel caso in esame il valore consigliato di profondità è:

3.8 m

Profondità canale	13.00	m
-------------------	-------	---

Larghezza del canale

Bacino di manovra (W_M)		1.3
Manovrabilità della nave	g	1.3
"Bank effect" (W_B)		1
Tipo di sponda (dx)	b	0.5
Tipo di sponda (sx)	b	0.5
Condizioni ambientali (W_i)		1.5
Velocità della nave	6 nodi	0.0
Velocità del vento trasversale	36 nodi	1.0
Velocità corrente trasversale	0 nodi	0.0
Velocità corrente longitudinale	0.5 nodi	0.0
Altezza d'onda significativa	1.5 m	0.5
Condizioni di navigazione	a	0.0
Tipo di fondale	s	0.0
Profondità del canale	0	0.0
Pericolosità del carico	l	0.0

Larghezza al fondo del canale con circolazione a senso unico	=	27.36	m
Rapporto w/b	=	3.8	

Canali a doppio senso di circolazione (W_p)

Velocità dei passaggi (da "Velocità della nave" già specificata sopra)		1.2
Densità di traffico	1	0

Larghezza al fondo del canale a doppio senso di circolazione	=	56.16	m
--	---	-------	---

Figura 4-37 Dimensionamento della larghezza del canale secondo le linee guida PIANC - Velocità di transito 6 nodi

Dimensioni caratteristiche della nave di progetto

Lunghezza fuori tutto (L_{oa})	29.9	m
Lunghezza tra le perpendicolari (L_{bp})	28.41	m
Larghezza (B)	7.20	m
Pescaggio (T)	2.50	m

Profondità del canale

Il rapporto "profondità/pescaggio" deve essere pari ad almeno 1.10 in acque protette, a 1.3 in acque con onde max da 1 m e 1.5 m in acque con onde ancor più alte, con periodi e direzioni di provenienza sfavorevoli. Tali valori tengono conto dello squat e delle incertezze di dragaggio e rilievo.

Nel caso in esame il valore consigliato di profondità è:

3.8 m

Profondità canale	13.00	m
-------------------	-------	---

Larghezza del canale

Bacino di manovra (W_M)		1.3
Manovrabilità della nave	g	1.3
"Bank effect" (W_B)		1
Tipo di sponda (dx)	b	0.5
Tipo di sponda (sx)	b	0.5
Condizioni ambientali (W_i)		1.5
Velocità della nave	8 nodi	0.0
Velocità del vento trasversale	36 nodi	1.0
Velocità corrente trasversale	0 nodi	0.0
Velocità corrente longitudinale	0.5 nodi	0.0
Altezza d'onda significativa	1.5 m	0.5
Condizioni di navigazione	a	0.0
Tipo di fondale	s	0.0
Profondità del canale	0	0.0
Pericolosità del carico	l	0.0

Larghezza al fondo del canale con circolazione a senso unico	=	27.36	m
Rapporto w/b	=	3.8	

Canali a doppio senso di circolazione (W_p)

Velocità dei passaggi (da "Velocità della nave" già specificata sopra)		1.2
Densità di traffico	1	0

Larghezza al fondo del canale a doppio senso di circolazione	=	56.16	m
--	---	-------	---

Figura 4-38 Dimensionamento della larghezza del canale secondo le linee guida PIANC - Velocità di transito 8 nodi

4.3.5.3 La compatibilità con l'esercizio aeroportuale in fase di realizzazione

Vista la sua durata complessiva, l'opera dovrà essere realizzata in soggezione di traffico aeroportuale; a tale riguardo una possibile criticità è data dalla necessità che i mezzi d'opera rispettino le altezze massime previste dalle superfici di rispetto situate intorno all'aeroporto (vedi Quadro Programmatico).

Si ricorda che l'area di cantiere è situata quasi esclusivamente nella zona di transizione esterna che si sviluppa dal bordo laterale della strip con una pendenza 1:7 fino a raggiungere la superficie orizzontale interna (Figura 4-39).

Considerando che la conterminazione si sviluppa ad una distanza di 180 m dal margine aeroportuale, i mezzi d'opera dovranno avere altezze inferiori a circa 25 m, in modo da non forare detta superficie.

Nessun mezzo poi dovrà sostare permanentemente nella zona libera da ostacoli segnata in prossimità del margine della pista.

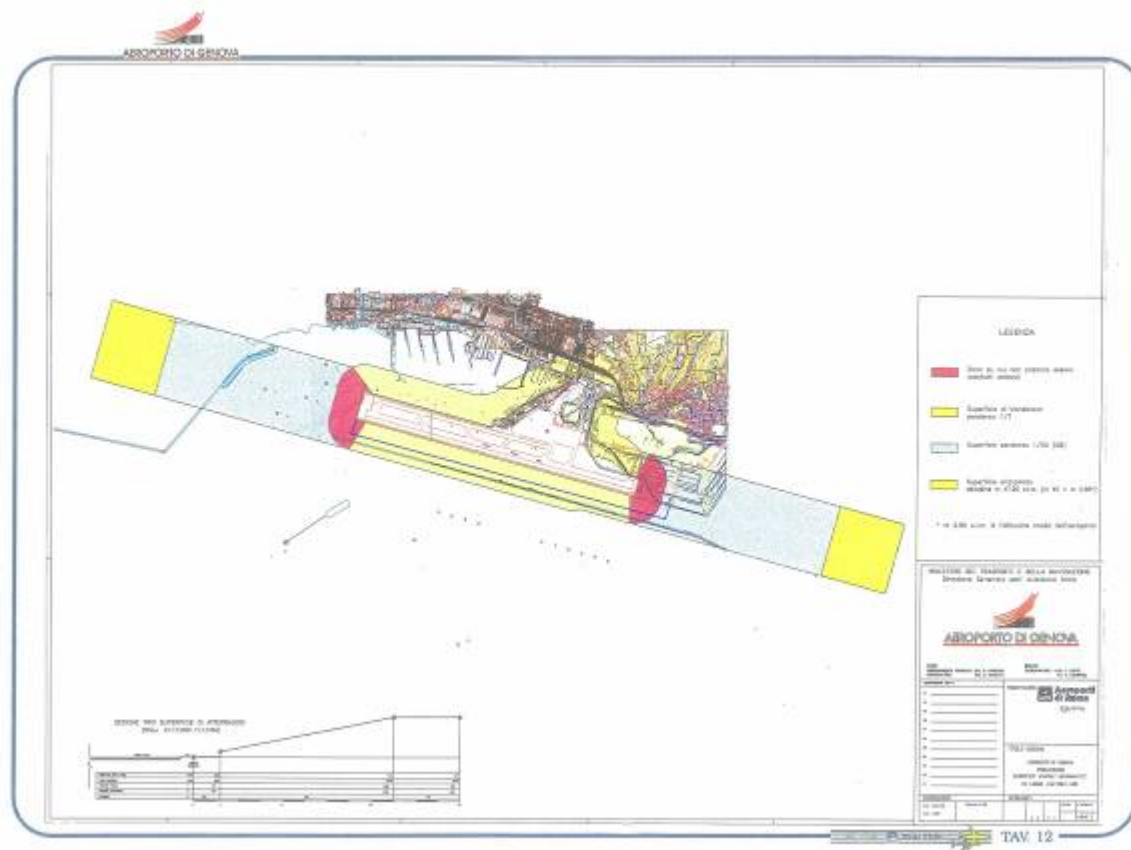


Figura 4-39 Vincoli aeronautici. Fonte: Piano di sviluppo infrastrutturale dell'Aeroporto di Genova, 2000; nel disegno è stato evidenziato il perimetro del deposito a mare.

Eventuali deroghe a tali disposizioni dovranno essere preventivamente concordate con ENAC (Ente Nazionale dell'Aviazione Civile) prima dell'inizio dei lavori.

Un'ulteriore interferenza potenziale con l'esercizio aeroportuale riguarda invece la strumentazione di terra dell'aeroporto.

Nel corso dell'esecuzione dei sondaggi è infatti emerso che la presenza di mezzi metallici nel canale di calma interferisce con la strumentazione di assistenza agli atterraggi (ILS)⁴⁴, la cui antenna è situata a pochi metri dal margine fra aeroporto e canale.

Si tratta di una strumentazione molto delicata che, in caso di alterazione, richiede una specifica operazione di nuova taratura, prima di essere rimessa in funzione.

Pertanto, sono attualmente in corso incontri specifici con ENAC, ente responsabile della strumentazione, al fine di indicazioni concordare modalità operative adeguate.

Tra le possibili soluzioni vi è la schermatura parziale dell'antenna o lo spostamento della strumentazione a distanza adeguata dall'area di cantiere.

4.3.5.4 La compatibilità con l'esercizio delle banchine ILVA

Fase di realizzazione

L'interferenza con le attività delle banchine ILVA riguarda essenzialmente solo le prime fasi della costruzione in quanto il lato Est della conterminazione è quello che verrà realizzato per primo. Le interferenze saranno essenzialmente legate alla presenza dei mezzi di cantiere necessari per la posa dello scanno di imbasamento e dei cassoni.

L'effetto più cospicuo è una limitazione temporanea all'uso della banchina più occidentale di ILVA, oltre eventualmente alla limitazione all'evoluzione delle imbarcazioni in arrivo o in partenza.

Si tratta comunque di un effetto temporaneo che si esaurisce nel momento in cui le attività di costruzione si spostano verso il tratto ovest del canale.

Fase di realizzazione finita

Le indagini svolte sulle condizioni meteo marine nel canale di calma a valle della realizzazione dell'opera, descritte nel capitolo relativo comparto alla componente "acqua", hanno evidenziato che il moto ondoso si mantiene entro i limiti compatibili con la piena funzionalità delle banchine; ciò anche per la decisione di utilizzare cassoni con cella antiriflettente riempita con pietrame, in grado di ridurre la riflessione dell'onda.

La configurazione dell'opera comporta l'occupazione parziale della banchina situata ad ovest del canale artificiale dello stabilimento ILVA. Si tratta di una banchina scarsamente utilizzata, tuttavia, qualora di interesse, è possibile mettere a disposizione del concessionario (ILVA) il margine orientale del deposito a mare, perché lo attrezzi come banchina.

⁴⁴ ILS Instrument landing system: sistema di guida strumentale per l'atterraggio, guida gli aerei nella fase finale dell'avvicinamento verso la pista; è particolarmente utile in caso di bassa visibilità

4.4 IL RAPPORTO OPERA-AMBIENTE

La valutazione del rapporto tra opera e ambiente per la componente Suolo-sottosuolo è stata effettuata sulla base degli esiti degli studi geologici, geomorfologici e idrogeologici molto dettagliati condotti per la redazione del progetto preliminare e del progetto definitivo. Tali esiti sono stati esposti in maniera sintetica nei paragrafi precedenti.

Relativamente agli aspetti geologici la tematica principale concerne la presenza di rocce amiantifere e le problematiche che tale presenza determina in fase di scavo e in fase di trasporto e deposito finale dei materiali di risulta degli scavi; la tematica viene affrontata in maniera specifica e separata nell'ambito del presente rapporto.

Relativamente agli aspetti geomorfologici, essendo il tracciato per circa il 90 % del suo sviluppo in sotterraneo, non sono prevedibili impatti significativi riguardanti modifiche dell'uso del suolo e stravolgimenti delle morfologie locali. La tematica principale riguarda le possibili alterazioni della condizioni di stabilità dei versanti nelle porzioni del tracciato in cui si opererà in superficie (imbocchi gallerie e cantieri). Per quello che riguarda gli imbocchi gli aspetti relativi alle condizioni di stabilità dei versanti sono considerati nell'ambito della progettazione con la definizione delle eventuali opere di sostegno e di protezione necessarie per garantire la sicurezza del tracciato stradale. Per quello che riguarda i cantieri, particolare attenzione nella realizzazione andrà posta per quelli che ricadono in aree suscettibili di dissesti. Per alcuni cantieri industriali gli apprestamenti prevedono la modifica delle condizioni morfologiche esistenti, il che comporta la realizzazione di adeguate opere di sistemazione, come previsto nel progetto.

Altra tematica concernente gli aspetti idrogeologici riguarda l'eventuale impatto delle opere sulla qualità delle acque sotterranee. Lo stato qualitativo esistente non sarà modificato dalle opere di progetto considerato che:

- le operazioni di grouting necessarie alla realizzazione delle gallerie verranno eseguite ponendo attenzione a modalità di realizzazione e all'utilizzo di sostanze che minimizzino il rischio di inquinamento;
- per l'intera viabilità di progetto è previsto un sistema di drenaggio e depurazione per la gestione sia delle acque di prima pioggia che di eventuali sversamenti accidentali di sostanze inquinanti;
- per le aree di cantiere è prevista la completa asfaltatura delle superfici e le acque di prima pioggia provenienti dai piazzali verranno raccolte e recapitate in appositi impianti di disoleazione. Tale sistemazione impedisce inoltre che eventuali sversamenti accidentali possano permettere a sostanze inquinanti di infiltrarsi nel terreno.

Per quanto concerne il rischio di intercettamento di ammassi amiantiferi connesso allo scavo delle gallerie in destra Polcevera, le analisi condotte si sono concretizzate nell'elaborazione della tabella riassuntiva di calcolo dei volumi di rocce a rischio amianto per una sezione di scavo di 14,5 m di diametro (165,13 m²).

Tale tabella riporta, per ciascun dominio e per ognuna delle tratte omogenee in cui è stato articolato l'asse del tracciato della canna Est, i volumi di scavo in rocce potenzialmente amiantifere, a loro volta distinti per le classi ad elevato rischio ed a medio rischio. A tale riguardo si ricorda che per "elevato rischio amiantifero" sono state definite le facies petro-

strutturali in cui il contenuto di minerali fibrosi è in concentrazione >> 1 g/kg, mentre con "rischio medio" sono state identificate quelle per le quali l'amianto in concentrazione è intorno ad 1 g/kg.

Sulla base di detta tabella, i volumi di roccia entro le quali le concentrazioni di amianto possono essere teoricamente superiori ai limiti di legge sono state quantificate nei seguenti termini (cfr. **Tabella 4-21**).

Tabella 4-21 Previsione rischio per classi (m3)

Rischio elevato	Minimo	238.943
	Massimo	481.353
Rischio medio	Minimo	352.552
	Massimo	610.774

In termini complessivi, i volumi a rischio di contenere rocce con concentrazioni di amianto superiori al valore soglia normativo di 1 g/kg risulta il seguente (cfr. **Tabella 4-22**).

Tabella 4-22 Previsione rischio complessiva (m3)

Rischio minimo	591.495
Rischio massimo	1.092.128

Sulla base di tali dati ed assumendo un fattore correttivo F_c , dato dal rapporto tra il numero di campioni con contenuto in amianto al di sopra del limite di legge cautelativo (C_A) ed il numero di campioni totali (C_{TOT}), le previsioni relative al volume di roccia con contenuto di amianto superiore ai limiti di legge sono risultate le seguenti:

- volumi di rocce a potenziale rischio amianto elevato di circa 116.000 m³,
- volumi di rocce a potenziale rischio amianto medio di circa 159.000 m³.

Il volume complessivo risulta pari a circa 275.000 m³, cui si aggiunge quello relativo alle gallerie della Interconnessione di Voltri, ammontante a circa 81.100 m³, per un totale di circa 356.100 m³.

A tale riguardo si ricorda che i volumi indicati si intendono come volumi da scavare (volumi in roccia) e non di smarino (volumi in banco).

Per quanto riguarda il deposito a mare, nell'ambito delle analisi svolte sono stati considerati principalmente due aspetti distinti:

- le caratteristiche dei sedimenti presenti sul fondo della colmata
- gli usi del canale

Per quanto riguarda i sedimenti, i dati raccolti hanno evidenziato la predominanza delle frazioni fini nei primi due-tre metri superficiali, cui seguono strati di sabbia fine o sabbia limosa.

I dati chimici hanno evidenziato una presenza di alcuni microinquinanti organici ed inorganici che, almeno in parte, sono di origine naturale e derivano dalle caratteristiche mineralogiche delle formazioni rocciose della zona.

Esistono tuttavia anche parametri di origine sicuramente antropica (es. idrocarburi), riconducibili alle attività circostanti sia industriali che portuali, che fanno assimilare il

canale di calma ad un tipico ambiente portuale, le cui caratteristiche originali sono state compromesse dalla presenza umana.

In considerazione di queste caratteristiche qualitative, nel progetto si è cautelativamente previsto di adottare procedure che minimizzino il rischio di risospensione, ponendo uno strato di tessuto sul fondale prima delle operazioni di versamento del materiale.

Con riferimento agli usi, è stato evidenziato che attualmente il canale di calma è utilizzato esclusivamente dai mezzi di soccorso e di servizio portuale oltre che da un'imbarcazione che assicura il collegamento fra il Porto Antico e Pegli. Il transito di naviglio da diporto è ammesso ma con limitazioni sulle dimensioni delle imbarcazioni.

Nella parte orientale del canale sono localizzate le banchine dell'ILVA che sono utilizzate per il carico e lo scarico dei materiali grezzi e dei prodotti lavorati; il traffico generato è comunque limitato al tratto compreso fra le banchine e lo sbocco in mare visto che alle navi è precluso il transito nel canale.

Infine nella zona adiacente al canale è in funzione l'aeroporto di Genova.

L'analisi degli impatti ha evidenziato che durante la fase di realizzazione sia il traffico nel canale che il traffico da e verso le banchine ILVA saranno limitati dalla presenza dei mezzi di cantiere, che comporterà una riduzione dell'ampiezza del tratto navigabile; nel caso dell'ILVA l'effetto sarà limitato alle fasi iniziali della costruzione, in concomitanza con la realizzazione del lato Est della conterminazione e poi tenderà ad esaurirsi man mano che il cantiere si allontanerà da tale zona.

Anche le attività aeroportuali potrebbero subire un'influenza dovuta alla presenza dei mezzi; a tal riguardo, si ricorda che sono attualmente in corso incontri tecnici con ENAC/ENAV, al fine di concordare modalità operative adeguate.

Nella fase di realizzazione finita dell'opera, le analisi svolte hanno invece evidenziato che gli effetti sulle condizioni meteo marine interne al canale sono compatibili con la navigazione attuale e con la piena funzionalità delle banchine ILVA; anche l'ampiezza ridotta del canale garantisce il rispetto degli standard di sicurezza della navigazione indicati dal PIANC (Associazione mondiale per le infrastrutture per il trasporto navale). L'occupazione di parte della banchina più occidentale dell'ILVA, allo stato attuale scarsamente utilizzata, può essere compensata mettendo a disposizione del concessionario il margine orientale del deposito a mare.

5 VEGETAZIONE E FLORA

5.1 TEMI E METODOLOGIA DI LAVORO

5.1.1 I temi

Secondo quanto illustrato nel primo capitolo del presente Quadro, i Macrotemi dello SIA del progetto di Cantierizzazione sono:

- “Infrastrutture autostradali come realizzazione”, con riferimento quindi a quell’insieme di attività, aree e materiali necessari alla costruzione di una infrastruttura di mobilità;
- “Opere connesse di cantierizzazione come manufatto fisico”, lette in relazione alle loro caratteristiche dimensionali, fisiche e tecniche;
- “Opere connesse di cantierizzazione come realizzazione”, colte quindi negli aspetti legati alla loro costruzione;
- “Opere connesse di cantierizzazione come esercizio”, dimensione quest’ultima che nel caso specifico dell’opera a mare, è stata riferita alla sola operazione di stoccaggio delle terre provenienti dallo scavo delle gallerie, distinguendola con ciò da quelle relative al confinamento del Canale di Calma e di formazione dello strato di copertura, intese come attività costruttive di detta opera.

Muovendo da tali Macrotemi, attraverso la loro scomposizione si è giunti all’identificazione dei Temi di Quadro Ambientale, ossia di quei Temi di riferimento che risultano essere rilevanti in funzione delle finalità a detto Quadro assegnate dal DPCM 27.12.1988 (cfr. Tabella 5-1).

Tabella 5-1 Temi di riferimento (Temi di Quadro)

Opere	Macrotemi	Temi di riferimento	Temi di Quadro
Infrastrutture autostradali	• Opera come realizzazione	• Attività costruttive	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Costruzione dei viadotti ▪ Scavo e costruzione delle gallerie <ul style="list-style-type: none"> – Scavo meccanizzato – Scavo in tradizionale ▪ Movimentazione delle terre di scavo delle gallerie ▪ Gestione delle terre di scavo delle gallerie ▪ Approvvigionamento di materie prime
		• Aree a servizio della cantierizzazione	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aree cantieri industriali ▪ Aree cantieri di imbocco ▪ Aree campi base ▪ Itinerari di cantierizzazione ▪ Piste di cantiere
Opere connesse di cantierizzazione	• Opera come manufatto	• Opere a carattere temporaneo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Slurrydotto ▪ Pista di montaggio frese
		• Opere a carattere definitivo	Opera a mare
	• Opera come realizzazione	• Attività costruttive	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Confinamento del Canale di Calma ▪ Chiusura dell’opera a mare ▪ Approvvigionamento delle materie
		• Aree a servizio della cantierizzazione	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aree di cantiere ▪ Itinerari di cantierizzazione
• Opera come esercizio	• Funzionamento	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Movimentazione dello slurry lungo lo slurrydotto ▪ Riempimento progressivo dell’opera a mare 	

Sempre sulla base della metodologia di lavoro illustrata nel citato capitolo iniziale, il successivo passaggio metodologico è consistito nella selezione di quei Temi di riferimento che, tra quelli oggetto del presente Quadro, presentavano aspetti di rilevanza rispetto ai fini della componente di volta in volta indagata.

Detti temi, identificati con il termine “Temi di Componente”, sono stati di volta in volta individuati verificando se rispetto ai singoli elementi progettuali considerati era possibile definire un legame causa – effetto che fosse rilevante rispetto alle specifiche finalità alle quali è preposto lo studio di ciascuna delle componenti ambientali.

In altri termini, tale ultimo passaggio è stato condotto ricostruendo il nesso di causalità intercorrente tra le Azioni di progetto associate a ciascuno dei temi di riferimento del Quadro ambientale, i fattori causali e gli impatti potenziali conseguenti.

Assunto che la finalità alla quale è preposto lo studio della componente Vegetazione è quella di stimare la «prevedibile incidenza [su di essa] delle azioni progettuali, tenendo

presenti i vincoli derivanti dalla normativa ed il rispetto degli equilibri naturali»¹, appare evidente come gli unici elementi progettuali che comportano azioni di progetto i cui impatti rilevino rispetto a dette finalità, siano rappresentati dalle “Aree a servizio della cantierizzazione” e dalle “Opere connesse di cantierizzazione a carattere temporaneo”, che nel loro insieme costituiscono i Temi di Quadro Vegetazione e Flora.

Il nesso di causalità corrispondente a detti Temi di Quadro è riportato nella Tabella 5-2.

Tabella 5-2 Impatti potenziali derivanti dalle azioni di progetto

Azioni di progetto	Fattori causali	Impatti potenziali
Presenza aree di cantierizzazione - cantieri e piste di cantiere	Occupazione di suolo	Sottrazione di fitocenosi
Presenza Opere connesse a carattere temporaneo - slurrydotto e pista frese		Frammentazione delle fitocenosi

Si ricorda che ai fini del presente studio con il termine aree di cantiere di imbocco o industriale, nei casi in cui dette ultime tipologie di aree siano finalizzate alla realizzazione delle gallerie, si è inteso l'insieme delle aree date dalle aree di rimodellamento dei versanti derivanti dalla realizzazione degli imbocchi delle gallerie, e delle aree per la localizzazione degli apprestamenti necessari allo svolgimento delle attività costruttive.

In sintesi, il presente capitolo analizza le relazioni che si determinano tra le aree a servizio della cantierizzazione delle infrastrutture autostradali (aree di cantiere, campi base e piste di cantiere) e le Opere connesse di cantierizzazione, limitatamente allo slurrydotto ed alla pista di montaggio frese, da un lato, e l'assetto vegetazionale e floristico, dall'altro, al fine di individuare le possibili interferenze che si possono determinare rispetto alla distribuzione degli elementi che caratterizzano la vegetazione dell'area interessata.

La sottrazione diretta di fitocenosi può ritenersi un'interferenza di tipo temporaneo poiché, essendo correlata all'occupazione delle aree cantiere, può essere mitigata al termine delle lavorazioni con la ricostituzione dei suoli e della copertura vegetale, a meno delle zone che saranno acquisite dal manufatto stradale.

L'entità dell'interferenza connessa alla fase di cantiere dipende non soltanto dall'estensione dell'area interessata, ma anche dalle peculiarità delle fitocenosi coinvolte, come le caratteristiche fisionomico-strutturali, il grado di maturità, lo stato di conservazione, il livello di naturalità delle fitocenosi.

La frammentazione delle fitocenosi ha luogo nei casi in cui la predisposizione di un'area di cantiere interessa una superficie piuttosto ampia tale da interrompere la continuità della vegetazione esistente. Il livello di interferenza è da correlare alla distribuzione della vegetazione, al livello di copertura, all'estensione areale e alla continuità ecologica. Tale effetto risulterà in particolar modo significativo in corrispondenza delle formazioni boschive, poiché tali consorzi rappresentano gli stadi più maturi di una serie di vegetazione, pertanto la capacità di recupero dell'assetto preesistente ha dei tempi più lunghi. L'interferenza, come nel caso precedente, è parzialmente reversibile, poiché

successivamente alla chiusura del cantiere le aree saranno ricostituite in base alle dinamiche vegetazionali preesistenti.

In linea generale si rileva che la realizzazione dei siti di cantiere produrrà effetti in particolare in corrispondenza di quelle aree che allo stato attuale presentano ancora un buon carattere di naturalità, per la presenza di formazioni boschive ed arbusteti di rilievo, ma anche di fitocenosi erbacee, qualora ospitino specie floristiche di interesse naturalistico legate alle peculiarità del substrato. Tali interferenze potranno comunque in gran parte essere attenuate mediante la realizzazione di opportuni interventi di mitigazione, che favoriscono lo sviluppo, nelle aree perturbate, di cenosi coerenti con le locali dinamiche vegetazionali.

Infine si evidenzia che, nonostante le aree di cantierizzazione (cantieri di imbocco e industriali) presentino caratteristiche e funzioni diverse, ai fini della presente trattazione si è ritenuto opportuno assimilarle ad una categoria unitaria in quanto il fattore principale ritenuto potenzialmente causa di impatto è stato individuato nell'occupazione di suolo.

5.1.2 La metodologia

Le considerazioni seguenti intendono offrire una sintetica descrizione del presente capitolo in merito alle finalità perseguite, alle scelte metodologiche assunte, alle fasi di lavoro, alla struttura espositiva adottata ed alle principali fonti conoscitive consultate.

L'analisi della componente Vegetazione e Flora si svolge attraverso successivi livelli di approfondimento a partire dallo studio di area vasta per arrivare allo studio di quegli ambiti territoriali suscettibili di ripercussioni indotte dal progetto.

Dal punto di vista metodologico lo studio è stato articolato in fasi successive che possono essere riassunte nei punti seguenti:

- ricerca bibliografica volta all'acquisizione della cartografia e della documentazione specialistica sull'assetto vegetazionale - floristico
- studio di area vasta compiuto mediante la consultazione e l'interpretazione di foto aeree finalizzato alla definizione della principali destinazione d'uso dei suoli
- verifica delle aree di interesse naturalistico presenti nell'area vasta
- caratterizzazione vegetazionale degli ambiti territoriali coinvolti dalle aree di cantiere preposte alla realizzazione dei tratti allo scoperto e definizione del livello di sensibilità e naturalità territoriale
- analisi delle interferenze in rapporto alla fase di cantiere finalizzata al suggerimento di eventuali mitigazioni per il contenimento degli impatti

Vengono di seguito esaminati la struttura espositiva e i contenuti del capitolo per anticipare quelle che sono le tematiche salienti dello studio.

A tale proposito occorre fare una precisazione che serve a comprendere l'impostazione che è stata data al lavoro. Dal momento che le problematiche relative alla componente in esame hanno una maggiore rilevanza per l'opera intesa come cantierizzazione, si è scelto di trattare la caratterizzazione degli aspetti naturali relativi allo stato ante operam in modo approfondito nel presente SIA del Progetto Cantierizzazione e di riportare una sintetica esposizione nel SIA del Progetto Infrastrutturale.

¹ DCPM 27.12.1988 Allegato II

Il capitolo in esame è articolato come segue:

A. Quadro conoscitivo di area vasta

- Inquadramento biogeografico, che fornisce indicazioni sulle caratteristiche geografiche, morfologiche, fisiche, climatiche del comprensorio di studio; la definizione di tali aspetti consente di delineare le potenzialità vegetazionali del comprensorio e supportare la stima del livello di qualità dei luoghi;
- Ricognizione delle aree di interesse naturalistico sottoposte a tutela ambientale in base alla normativa comunitaria, nazionale, regionale, condotta attraverso una specifica ricerca presso diversi enti, che consente di individuare all'interno del comprensorio di studio le aree sensibili rispetto alla realizzazione del progetto (Carta delle aree naturali protette e della Rete Natura 2000 - MAM-C-QPRM-006);

Le fonti cartografiche e la documentazione esaminati per la redazione dello studio possono essere riassunte come segue:

- Regione Liguria - Carta Forestale (2002)
- Regione Liguria – Carta Bionaturalistica (2003)
- Servizio Cartografico Regionale – Biodiversità:
 - Habitat Rete Natura 2000
 - Rete ecologica
 - Specie e altri elementi rilevanti
- Comune di Genova – Carta della vegetazione scala 1:5.000
- Pignatti Sandro – Flora d'Italia. Edagricole, Bologna (1982)
- Biodiversità in Liguria – La Rete Natura 2000 (2002)
- Atlante degli Habitat Natura 2000 in Liguria
- Guida alla conoscenza delle specie liguri della Rete Natura 2000
- Regione Liguria – Il sistema del verde (2006)

B. Gli ambiti di intervento

Vengono presi in esame gli ambiti di intervento ritenuti sensibili, in relazione alla presenza delle aree di cantierizzazione previste per la realizzazione dei tratti allo scoperto, al fine di caratterizzarne lo stato ante operam. Gli ambiti di intervento esaminati sono:

- **Vesima**
- **Voltri**
- **Varenna**
- **Bolzaneto**
- **Torbella**
- **Genova Est**
- **Genova Ovest**

La consultazione di foto aeree e i sopralluoghi effettuati in campo hanno consentito di redigere per ciascuna delle aree di studio la *Carta fisionomica strutturale della vegetazione: intervento aree di cantierizzazione* in scala 1:5.000 (cfr. MAM-C-QAMB-VEG-001_002),

Per quanto riguarda l'ambito del Torrente Polcevera in cui sono previste le opere connesse alla cantierizzazione non è stata elaborata la carta della vegetazione, dal momento che è stata riconosciuta una sostanziale uniformità della matrice antropica in cui si inserisce l'alveo del corso d'acqua.

Nell'ambito dell'indagine botanica effettuata nella stagione autunnale 2010 sono stati compiuti dei rilievi fitosociologici seguendo la metodologia di Braun-Blanquet nei primi cinque degli ambiti sopra elencati (cfr. MAM-C-QAMB-001, in cui è riportata la localizzazione delle indagini ambientali effettuate). Il rilievo fitosociologico è consistito essenzialmente nella descrizione della vegetazione presente nell'area di saggio tramite l'elencazione delle specie che la compongono e la stima della loro rappresentatività in termini di copertura percentuale (abbondanza/dominanza).

Ciascun rilievo è stato eseguito in aree omogenee dal punto di vista dell'assetto vegetazione e stazionale. Per meglio definire i parametri ecologici che influenzano la composizione e la struttura dei consorzi vegetali per ciascun rilievo sono stati indicati i seguenti dati stazionali:

- denominazione area;
- altitudine;
- inclinazione media della superficie del suolo (in gradi sessagesimali);
- esposizione;
- altezza della vegetazione negli strati superiore (arboreo), intermedio (arbustivo), inferiore (erbaceo);
- tipologia vegetazionale fisionomica;
- copertura della vegetazione in %, sia complessiva che per i diversi strati;
- superficie rilevata.

I valori della scala di abbondanza-dominanza di Braun-Blanquet e i corrispondenti valori di copertura attribuiti a ciascuna delle specie considerate sono mostrati nella Tabella 5-3.

Tabella 5-3 Valori della scala di abbondanza-dominanza di Braun-Blanquet

r	un solo individuo
+	generalmente 2-5 individui
1	più di 5 individui e copertura inferiore al 5%
2	copertura superiore al 5% e inferiore al 25%, qualsiasi numero di individui
3	copertura 26-50%
4	copertura 51-75%
5	copertura 76-100%

C. Analisi delle interferenze

Caratterizzati gli ambiti di intervento dal punto di vista fisionomico – strutturale sono state individuate le principali interferenze relativamente alla fase di cantiere. La stima delle interferenze viene effettuata considerando la superficie interessata e il livello di sensibilità delle fitocenosi coinvolte.

D. Sintesi del rapporto opera ambiente

Viene riportata una sintesi delle interferenze indotte durante la fase di esercizio, finalizzata ad individuare gli obiettivi delle mitigazioni.

5.2 QUADRO CONOSCITIVO DI AREA VASTA

5.2.1 Inquadramento biogeografico e fitoclimatico

Il territorio in cui si inserisce l'area di studio è fortemente condizionato dagli aspetti climatici, dalla sua posizione geografica ed in modo particolare dalla presenza di un mare profondo a poca distanza dalla costa. Un altro aspetto peculiare è costituito dalle caratteristiche orografiche del territorio, che presenta rilievi mediamente elevati, ad andamento praticamente subparallelo alla costa stessa, che intervengono drasticamente sul regime delle precipitazioni.

Il versante costiero, inoltre, risulta, per la maggior parte, esposto a sud e quindi protetto dai venti provenienti da nord. L'area beneficia pertanto di condizioni climatiche più miti rispetto a quelle che ci si potrebbe attendere per la sua ubicazione latitudinale.

L'area di Genova viene a collocarsi in un punto di passaggio tra la Riviera di Ponente, sostanzialmente caratterizzata da una spiccata aridità, e la Riviera di Levante che presenta un sostanziale aumento di precipitazioni avvicinandosi man mano verso il confine con la Toscana.

Utilizzando gli schemi interpretativi delle più recenti sintesi bioclimatologiche (Vagge, 1999), l'area appartiene al macroclima Temperato di tipo oceanico (in cui l'apporto di precipitazione è mediamente elevato); l'aridità difatti, caratteristica del macroclima Mediterraneo, è praticamente assente e limitata al mese di luglio.

Il carattere di mediterraneismo risulta nel complesso estremamente limitato e confinato ad alcune frange strettamente costiere, elemento evidente osservando i pochi lembi di vegetazione mediterranea. Procedendo verso l'interno si evidenziano caratteri climatici caratteristici delle zone temperate, in cui scompare l'aridità estiva ed aumenta progressivamente il livello di precipitazione, ulteriormente accentuato dalle caratteristiche orografiche liguri.

La vegetazione si dimostra l'espressione più evidente dei diversi tipi di ambiente e rivela in ogni momento i modi e i gradi d'influenza ai quali è sottoposta da parte dell'uomo. Può essere utilizzata con efficacia nella bioindicazione, anche in considerazione del ruolo primario che riveste all'interno degli ecosistemi, in quanto gli organismi autotrofi sono alla base delle catene alimentari e condizionano la possibilità di colonizzazione dell'ambiente da parte degli animali.

Lo studio della vegetazione costituisce un efficace strumento per il controllo dell'ambiente, in quanto la distribuzione degli individui nella zona di convivenza, detta "struttura" del popolamento vegetale, rappresenta il risultato di un equilibrio anche funzionale che si realizza all'interno della comunità.

La vegetazione potenziale di un territorio rappresenta la vegetazione che si sarebbe evoluta nello stesso ambiente in assenza del disturbo provocato dall'uomo direttamente o indirettamente; pertanto conoscere questa vegetazione potenziale risulta molto utile al fine di stabilire il livello di modifica subito da un certo territorio.

La vegetazione potenziale dell'area, sulla base delle caratteristiche climatiche, geolitologiche e pedologiche, è costituita da formazioni arboree ascrivibili ai Quercetea robori petraeae e ai Quercetea ilicis.

Le formazioni erbacee attualmente presenti nell'area, ascrivibili alle classi *Molinio-Arrhenatheretea* o ai *Festuco-Brometea*, rappresentano forme transitorie, mantenute per intervento antropico diretto o indiretto; in condizioni naturali sono quindi soggette ad una evoluzione dinamica verso consorzi arborei più stabili.

In particolare, in relazione alla zonazione altitudinale, il territorio in oggetto è interamente compreso nel piano basale ed è possibile riconoscere vari orizzonti con differenti caratteristiche vegetazionali, che vengono di seguito descritti.

L'orizzonte delle latifoglie mesotermofile è diffuso nella maggior parte del territorio. Esso è caratterizzato dalla presenza di latifoglie decidue e semidecidue, dove la vegetazione climacica potrebbe essere ricondotta al bosco di rovere e di roverella. Dal punto di vista fitosociologico tali formazioni si collocano tra quelle dell'ordine dei Quercetalia robori-petraeae, considerando che il substrato pedologico è piuttosto carente in calcio e tende all'acidificazione.

Si tratta di un gruppo di associazioni vegetali di tipo forestale, che comprende boschi di roverella (*Quercus pubescens*), boschi misti a carpino nero (*Ostrya carpinifolia*), ornello (*Fraxinus ornus*), acero campestre (*Acer campestre*), riconducibili in parte all'*Ostryo-fraxinetum orni*.

Nell'area di frequente si rinvencono associazioni boschive di sostituzione, prima delle quali il castagneto, mantenuto oggi quasi sempre a ceduo, ma numerosi sono anche i popolamenti a robinia (soprattutto nelle zone d'impluvio), a pino marittimo e sporadicamente a pino silvestre.

A questo orizzonte vanno ascritti anche i numerosi popolamenti di tipo erbaceo propri dei prati a sfalcio, riconducibili a numerosi taxa fitosociologici: citiamo i *Festuco-Brometea*, con i *Mesobromion* delle stazioni pedologicamente meno evolute e gli *Arrhenatheretalia*, di situazioni migliori sotto il profilo edafico. Nelle stazioni più termofile proprie di questo orizzonte si riscontra l'associazione *Erico-Genistetum pilosae*.

L'orizzonte delle sclerofille sempreverdi mediterranee, che potenzialmente si potrebbe sviluppare dalla fascia costiera fino ai rilievi collinari più vicini al mare, è rinvenibile solo localmente ed è rappresentato da alcuni lembi di lecceta e di macchia mediterranea; tali formazioni vegetali sono in alcuni casi diffuse, anche in posizione extra-zonale, nelle valli interne e salendo in quota, allorché le condizioni edafiche e stagionali determinano un microclima caldo ed arido.

Spesso nell'ambito dei *Quercetea ilicis* si riscontrano consorzi vegetali di sostituzione, rappresentate da coniferamenti a pino marittimo. Altre volte, la copertura arborea diventa irrilevante, mentre prevalgono gli arbusti della macchia, pur con notevoli aspetti di degrado. Nella maggior parte dei casi, comunque, la comparsa del leccio si fa sporadica con il sopraggiungere di condizioni più mesofile.

L'orizzonte delle alofite, che si sviluppa in genere lungo la fascia costiera, risulta pressoché assente a causa dell'intensa urbanizzazione di detta fascia.

Infine, lungo l'alveo dei torrenti la vegetazione ripariale potenziale dovrebbe essere rappresentata da formazioni arbustive pioniere a salici, prevalentemente salice rosso (*Salix purpurea*), da consorzi boschivi maggiormente evoluti a salice bianco (*Salix alba*) e pioppi (*Populus alba* e *P. nigra*) e da alneti ad ontano nero (*Alnus glutinosa*) sui depositi fini e stabilizzati dei terrazzi minormente interessati dalle piene ordinarie.

5.2.2 Le aree di interesse naturalistico

Nell'ambito dell'inquadramento di area vasta, è stata effettuata la disamina delle aree sottoposte a tutela ambientale in base alla normativa comunitaria, nazionale, provinciale, locale, al fine di segnalare la presenza di aree di pregio naturalistico (vedi *Carta delle aree naturali e della Rete Natura 2000*, rif. MAM-C-QPRM-006).

Per quanto riguarda la normativa comunitaria, nella Rete Natura 2000, una rete coordinata e coerente di Siti di Importanza Comunitaria (SIC) e Zone di Protezione Speciale (ZPS) designati per la tutela degli habitat e delle specie animali e vegetali, inclusi nella Direttiva Habitat 92/43/CEE (*Conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche*) e nella Direttiva Uccelli 79/409/CEE (*Conservazione degli Uccelli selvatici*), sono stati individuati i seguenti siti ricadenti nell'area vasta (corridoio di 10 km dall'infrastruttura in progetto):

- SIC Beigua – Monte Dente – Gargassa – Paviglione (IT1331402);
- ZPS Beigua – Turchino (IT1331578);
- SIC Praglia – Pracaban – Monte Leco – Punta Martin (IT1331501);
- SIC Monte Gazzo (IT1331615);
- SIC Torre Quezzi (IT1331606);
- SIC A/B/C Fondali Arenzano – Punta Ivrea (IT1332477).

Tali siti rientrano nella Regione biogeografica mediterranea. I siti SIC sono inclusi nel Decreto del Ministero dell'Ambiente 2/08/2010 *Terzo elenco aggiornato dei Siti di Importanza comunitaria per la regione biogeografica alpina, continentale e mediterranea in Italia ai sensi della Direttiva 92/43/CEE*, mentre le ZPS nel DMA 19/06/2009 *Elenco delle zone di protezione speciale (ZPS) classificate ai sensi della direttiva 79/409/CEE*.

La localizzazione e le caratteristiche dei siti Natura 2000, di seguito brevemente descritti, unite alle caratteristiche del tracciato in progetto hanno reso necessaria la redazione dell'analisi di incidenza per i seguenti siti:

- SIC Beigua – Monte Dente- Gargassa- Paviglione, unitamente alla ZPS Beigua-Turchino, prevalentemente inclusa nel SIC
- SIC Praglia – Pracaban – Monte Leco – Punta Martin
- SIC Monte Gazzo

Nell'analisi sono argomentati gli aspetti connessi alle fasi di cantiere e di esercizio, che potrebbero essere responsabili dell'insorgere di incidenze significative tali da compromettere gli obiettivi di conservazione dei siti stessi (cf. MAM-SVI-001-R).

Il SIC Torre Quezzi e il SIC Fondali Arenzano non ricadono all'interno dell'area di studio, pertanto si ritiene che non sussista alcuna relazione con il progetto.

Per quanto riguarda la normativa regionale, è da segnalare il Parco del Beigua, che con i suoi 8715 ha di estensione occupa parte del SIC Beigua – Monte Dente- Gargassa- Paviglione. È il più vasto parco regionale ed è stato istituito con LR n. 16 del 09-04-1985 e LR n. 12 del 22-02-1995, per consentire la tutela di un territorio che, per il mosaico di ambienti che lo caratterizza, viene considerato una delle zone più ricche per la biodiversità.

A livello locale si evidenzia la presenza del Parco Villa Duchessa di Galliera in corrispondenza del nodo di Voltri, inclusa tra i parchi Urbani del PTCP compresi nei territori urbanizzati (PU).

5.2.2.1 SIC Beigua – Monte Dente – Gargassa - Paviglione e ZPS Beigua - Turchino

Il sito Beigua – Monte Dente- Gargassa- Paviglione, il più esteso dei siti di importanza comunitaria regionali con una superficie di 16922 ha, include la maggior parte della ZPS Beigua-Turchino; il sito comprende a ridosso della linea di costa (solo 6 km) un articolato massiccio montuoso con diverse cime, fra cui, la più alta è quella del M. Beigua (1287 m). Ai versanti marittimi si contrappongono, con evidenti contrasti, quelli settentrionali, con le valli dell'Orba e dello Stura. I versanti si presentano dirupati o con dolci pendenze a seconda del substrato su cui insistono.

Il sito è eccezionalmente importante per la grande varietà di ambienti forestali ed erbacei (ampie aree a terrazzo, aree di fondovalle ed aree in quota, sorgenti, torrenti, piccole zone umide, praterie, boschi, zone rupestri, ecc.) e per la ricchezza di specie endemiche, rare o al limite della distribuzione (fra le quali diverse a gravitazione alpina).

Le praterie di quota, localmente ricche di orchidee, rappresentano per estensione e caratteristiche, in parte dipendenti dal substrato ofiolitico, l'habitat di maggior interesse tra quelli considerati prioritari dalla direttiva 92/43/CEE.

Altri habitat di interesse sono rappresentati dalle cinture riparie e dai rari lembi di boschi paludosi ad ontano, dalle zone umide con numerosi e diversi aspetti igrofilici, dalle formazioni rupestri e da quelle legate a pietraie e "sfaticci" su zone serpentistiche erose, ecc.

Il substrato, per gran parte ofiolitico, condiziona la flora costituendo un rifugio per diverse serpentinofite, tra le quali si rinvergono specie vegetali endemiche ad areale eccezionalmente ristretto (*Viola bertolonii*, *Cerastium utriense*) e specie minacciate di scomparsa (*Anagallis tenella*).

Le zone umide, le quote relativamente elevate e la presenza di microclimi freddi, oltre a frequenti nebbie orografiche, consentono la presenza di diverse specie boreali ed in alcuni casi a gravitazione atlantica in vicinanza al Mar Mediterraneo. Una ventina sono le specie di orchidee protette da norme regionali e convenzioni internazionali.

Numerosi elementi di interesse si rilevano tra le specie animali ed in particolare tra gli invertebrati (*Euplagia quadripunctaria*, specie di interesse prioritario, *Cincidela maroccana pseudomaroccana*, *Carabus italicus italicus*, *Haptoderus apenninus*, ecc.).

La posizione geografica e le sue caratteristiche fanno del sito un importante punto di passo per gli uccelli migratori. Dal punto di vista ornitologico il sito assume particolare importanza per la migrazione prenuziale dei falconiformi, con particolare riferimento al

Falco pecchiaiolo, al Biancone ed al Falco di Palude, ma anche per la nidificazione di Succiapapre, Averla piccola ed Aquila reale.

5.2.2.2 SIC di Monte Gazzo

Il Sito del Monte Gazzo è localizzato nella fascia di entroterra, all'altezza di Sestri Ponente, occupa una superficie di 443 ha ed è caratterizzato da un cono montuoso calcareo affiancato da aree ofiolitiche così da costituire un'isola geologica. Tali caratteristiche litologiche condizionano la presenza di ambienti e di specie e rendono il sito di particolare interesse. L'attività estrattiva ha ridotto notevolmente l'area e il suo valore, ma persistono buone potenzialità di recupero.

Si riscontra la presenza di formazioni pioniere serpentinicole ad Euforbia spinosa ligure, prati arbustati con significative popolazioni di orchidee (di interesse prioritario), lembi di lecceta e boschi di Castagno, prevalentemente cedui, ma in cui si rinviene ancora qualche albero annoso, relitto di colture abbandonate.

Per quanto riguarda gli aspetti floristici si evidenzia la presenza di specie rare o endemiche quali *Romulea ligustica*, *Cerastium utriense*, *Tuberaria acuminata*. Il Monte Gazzo inoltre rappresenta il locus classicus dove furono descritte per la prima volta alcune specie, come *Festuca inops*, *Holcus setiger* e *Tuberaria acuminata* dagli illustri botanici Giuseppe de Notaris e Domenico Viviani.

Per la fauna, interessante è la presenza di specie troglobie endemiche legate alle cavità carsiche, un tempo assai più sviluppate. Sono segnalate circa 40 specie di uccelli protetti da normative internazionali e la falena *Euplagia quadripunctaria*, d'interesse comunitario prioritario.

5.2.2.3 Sito SIC Praglia – Pracaban – Monte Leco – Punta Martin

Il sito occupa una vasta area (6960 ha) nella zona dell'entroterra all'altezza di Genova Voltri e Genova Pegli ed è costituito da un'area di crinale con diffuse depressioni umide, laghi artificiali, zone rupestri e ripidi versanti nudi o coperti da rimboschimenti a conifere. L'estrema vicinanza al mare dello spartiacque tirrenico-padano e le caratteristiche geologiche (rocce ofiolitiche, argille a palombini, argilliti, scisti filladici, dolomie, calcari dolomitici e calcari detritici), che segnano il passaggio dal mondo alpino al mondo appenninico, condizionano fortemente il paesaggio del sito.

Notevole è l'importanza di culminazioni come Punta Martin (1001 m), M. Proratado (928 m), M. delle Figne (1172 m), M. Taccone (1113 m), M. Leco (1072 m), M. Pracaban (946 m) a brevissima distanza dalla linea di costa. Inoltre, i Laghi del Gorzente (che contribuiscono all'approvvigionamento idrico della città di Genova) svolgono un importante ruolo per il paesaggio, la qualità ambientale e la biodiversità.

Da segnalare sono inoltre le forme pittoresche di erosione torrentizia, esempi di cattura di corsi d'acqua, valle pensili, uno sviluppato reticolo sotterraneo e diverse cavità di natura carsica.

Gli ambienti di maggiore interesse presenti nel sito sono le aree a pascolo con significative popolazioni di orchidee, le formazioni ofiolitiche con pseudogarighe a *Euphorbia spinosa* ligure, gli orli alluvionali-ripari ad Ontano, i complessi di torbiera e le formazioni igrofile a

Cladium mariscus. Significativa è anche la presenza di calluneti, prati magri da fieno e di diversi aspetti di vegetazione propria delle zone umide (pozze, stagni, prati umidi, ecc.).

Per quanto riguarda gli aspetti floristici di rilievo è la presenza, a brevissima distanza dal Mar Mediterraneo ed a quote non elevate, di specie e formazioni vegetali a gravitazione boreale, alcune delle quali sono al limite meridionale della distribuzione accanto a specie mediterranee occidentali che raggiungono qui il loro limite orientale. Di eccezionale importanza sono endemiti vegetali ad areale molto ristretto, quali *Viola bertolonii* e *Cerastium utriense*.

La fauna presenta diversi elementi di interesse biogeografico, rari o indicatori di qualità ambientale. In particolare si ricorda *Euplagia quadripunctaria* e diversi carabidi (*Carabus italicus italicus*, *C. solieri liguranus*, *C. rossii*) oltre a numerosi invertebrati endemici cavernicoli o tipici di ambienti umidi. Tra gli uccelli sono segnalate circa 80 specie in via di rarefazione e/o protette come il Biancone (*Circaetus gallicus*), lo Sparviero (*Accipiter nisus*), l'Astore (*Accipiter gentilis*) e l'Aquila (*Aquila chrysaetos*).

5.2.3 La destinazione prevalente dei suoli

Lo studio prende in esame l'uso prevalente dei suoli in corrispondenza dell'area di insieme, allo scopo di delineare i consorzi vegetali omogenei presenti e valutare il livello di sensibilità rispetto al tracciato in progetto.

Il Sistema Insediativo funzionale, che si sviluppa nel settore costiero a partire da Genova Voltri fino a Genova Est, è costituito da un tessuto residenziale compatto, che, a partire da una fascia piuttosto ristretta, tende ad ampliarsi e a consolidarsi procedendo verso est, verso il centro della città, nel settore retrostante il porto. Il tessuto edificato è costituito, inoltre, da un gran numero di nuclei abitati sparsi, che, nelle colline retrostanti il settore costiero, si configurano come un tessuto insediato diffuso.

Lungo il Torrente Polcevera, intercettato nell'area di studio per un tratto di circa 8 km fino alla sua foce, si sviluppa un'ampia zona industriale, che si estende in corrispondenza del settore costiero, delimitando l'area di Porto Petroli e la zona aeroportuale.

Il Sistema Agricolo è ampiamente diffuso in tutta l'area indagata, con appezzamenti sparsi di varie dimensioni, presenti dal settore costiero all'entroterra collinare. In linea generale il terreno coltivato è stato faticosamente ricavato dai ripidi versanti mediante terrazzamento, che pertanto è un elemento costante del paesaggio agrario.

Nelle aree più interne delle valli, le aree agricole sono caratterizzate da piccoli appezzamenti ortivi, oliveti e vigneti di ridotte dimensioni e generalmente contigui a prati che vengono periodicamente sfalciati. Si tratta di un'agricoltura a carattere familiare, che tuttavia rappresenta un importante presidio del territorio seppur in aree localizzate.

Nelle aree più prossime alla città di Genova assumono invece maggiore importanza le colture a seminativo e quelle in serra, che spesso si compenetrano con il tessuto urbano.

Un tipo di coltivazione a carattere seminaturale è caratterizzata dai prati stabili che vengono sfalciati annualmente e la cui composizione floristica si è selezionata spontaneamente nel tempo per effetto dello sfalcio o deriva da semine effettuate in tempi passati; essi si rinnovano naturalmente per la presenza di specie foraggere perenni e per la disseminazione spontanea di quelle annue.

Le aree coltivate sono da considerarsi nell'area indagata in declino, in quanto la gran parte degli appezzamenti più lontani dai centri abitati e meno accessibili risulta sottoutilizzata o completamente abbandonata e, pertanto, oggetto di un processo di invasione da parte di specie legnose infestanti e di specie del mantello di bosco limitrofi, sia di tipo arbustivo come prugnolo, coronilla e rosa canina, che arboreo.

La presenza di specie xerofile della classe Festuco-Brometea è indicatrice dell'attenuazione o dell'interruzione delle pratiche agronomiche.

Il Sistema Naturale nel territorio esaminato si presenta piuttosto esteso, costituendo la matrice predominante; tale sistema si caratterizza da boschi per lo più governati a ceduo e da ampie zone prative, che si insinuano all'interno della compagine boschiva.

Si tratta di boschi che mostrano una struttura e una composizione differente a seconda della diversa origine e dell'utilizzo selvicolturale, cui sono stati sottoposti.

Il sistema naturale può essere ricondotto alle seguenti categorie:

- Boschi misti di latifoglie
- Boschi misti di conifere e di angiosperme
- Boschi di conifere
- Prato cespugliato termofilo e/o mesofilo

Nell'area vasta vi sono diverse tipologie di boschi ascrivibili alla categoria dei **boschi misti di latifoglie**; quella maggiormente diffusa, a carattere mesofilo, occupa i versanti più freschi ed umidi, a prevalente esposizione settentrionale, presenti alle quote più elevate o profondamente incassati nelle strette gole del fondovalle.

Si tratta di fitocenosi a dominanza di carpino nero (*Ostrya carpinifolia*) e orniello (*Fraxinus ornus*), ma sono inclusi anche i boschi di castagno (*Castanea sativa*) o quelli misti dove, oltre al carpino nero e all'orniello, si rinvengono l'acero campestre (*Acer campestre*) e, a volte, il nocciolo (*Corylus avellana*) e la roverella (*Quercus pubescens*); lo strato arbustivo è caratterizzato da biancospino (*Crataegus monogyna*), sanguinella (*Cornus sanguinea*) e alcune specie di rovi (*Rubus hirtus*, *Rubus ulmifolius*).

I boschi di castagno sono frequenti in ambienti freschi e ombrosi, terreni maturi e profondi e, generalmente, con acclività contenute, in modo da consentire l'accessibilità, come nella valle del Polcevera, a testimonianza della secolare attività colturale basilare per l'economia contadina. Con il venir meno della sua importanza economica ed il sopravvenire di risorse alimentari alternative, i vecchi boschi da frutto sono stati utilizzati quasi integralmente come cedui da legname, che a seconda della frequenza e della modalità del taglio si sono mantenuti omogenei o sono stati in parte colonizzati da altre essenze arboree, principalmente il carpino nero (ma anche orniello, roverella e ciliegio).

A differenza dei castagneti, gli orno-ostrieti sono localizzati nelle zone più acclivi, sono governati a ceduo e presentano una notevole disomogeneità specifica e di trattamento. Si tratta di fitocenosi in cui domina il carpino nero, accompagnato da orniello, nocciolo, roverella e robinia, specie frequente nelle zone antropizzate. In molti casi, a seguito dell'abbandono dell'agricoltura, le zone di bosco meno accessibili non sono state più ceduate con turni tradizionali, comportando un invecchiamento dei polloni e un peggioramento della qualità fisiologica e meccanica.

Meno diffuse nel territorio, relegate in zone con scarsa viabilità, a notevole pendenza, sono le formazioni a carattere termofilo, rappresentate da consorzi misti a Leccio (*Quercus ilex*) o a Roverella (*Quercus pubescens*).

Le formazioni caratterizzate dalla dominanza del Leccio associato ad altre latifoglie quali l'orniello (*Fraxinus ornus*) e talvolta il carpino nero (*Ostrya carpinifolia*) presentano una densità di copertura diversificata e sono generalmente caratterizzate da un ricco sottobosco arbustivo con specie tipiche della macchia mediterranea, come erica arborea, corbezzolo (*Arbutus unedo*), alaterno (*Rhamnus alaternus*), fillirea (*Phyllirea latifolia*) e mirto (*Myrtus communis*).

Le formazioni a Roverella (*Quercus pubescens*) sono diffuse generalmente in condizioni di aridità, acclività ed insolazione accentuate, su versanti in esposizione prevalente a sud, formando consorzi chiusi misti o compagini chiuse.

Il sottobosco risente di diverse forme di disturbo come il taglio, l'incendio, il diradamento, ed è in generale caratterizzato da una certa povertà floristica; lo strato arbustivo non ha coperture notevoli mentre lo strato erbaceo raggiunge valori di ricoprimento elevati ed è costituito da specie eliofile tipiche delle praterie.

Nell'area vasta esaminata sono particolarmente diffusi i **Boschi misti di conifere e angiosperme**, la cui composizione, variabile da zona a zona, deriva da processi vegetazionali influenzati profondamente dal fattore antropico.

Sebbene il grado di copertura e di mescolanza tra conifere e angiosperme sia molto disomogeneo, si nota una generale preponderanza delle ultime; pertanto sembra ipotizzabile nella maggior parte dei casi un'evoluzione verso il bosco di angiosperme, a partire da rimboschimenti a conifere.

Dal punto di vista strutturale si tratta in genere di boschi biplani dove i pini (pino domestico, pino marittimo e qualche pino d'Aleppo) rappresentano il piano dominante sulle latifoglie, costituite principalmente dal castagno e dalle altre specie del bosco misto di angiosperme governate a ceduo, come carpino nero, roverella, orniello e anche leccio, sui versanti più vicini alla città.

Esempi di tali formazioni sono localizzati sull'alto versante destro orografico del Fosso Bianchetta e sulle pendici del crinale che separa il Rio Bianchetta dal Rio Cassinelle.

Completano il quadro dei consorzi boschivi presenti nell'area di insieme i **Boschi di conifere** di chiara origine artificiale, derivanti da rimboschimenti messi in atto nel secolo scorso; delimitati da linee quasi geometriche che rispecchiano i piani di rimboschimento, sono boschi a netta prevalenza di pinastro (*Pinus pinaster*), con locale presenza di pino nero (*Pinus nigra*). La copertura vegetale arbustiva ed erbacea è in genere scarsa, talvolta quasi assente; si rinvengono localmente solo a causa del diradarsi dello strato arboreo, che favorisce l'aumento della luminosità e il propagarsi di specie del sottobosco suffruticose ed arbustive, quali *Euphorbia spinosa subsp. ligustica*, *Calluna vulgaris*, *Erica arborea*, *Rhamnus alaternus*, *Cistus salvifolius*, *Genista pilosa*, *Cytisus scoparius*.

Sono inoltre presenti graminacee a scarso valore foraggero, quali il brachipodio (*Brachypodium rupestre*), e specie erbacee ruderali-nitrofile come i cirsi o le inule. Nei punti con alti valori di rocciosità e pietrosità sono frequenti specie erbacee quali: *Centaurea aplolepa*; *Helichrysum italicum*; *Scabiosa columbaria*; *Asperula purpurea*; *Teucrium chamaedrys*; *Dianthus seguierii* e *Centranthus ruber*.

Le pinete sono presenti nella parte centrale dell'area di studio, nelle colline restrostanti Genova Voltri e nella valle del Varenna; i territori su cui si insediano le pinete sono caratterizzati da una discreta acclività, suolo poco potente e diffusa pietrosità.

Infine, il sistema naturale, oltre alla componente boschiva, è caratterizzato da ampie zone a **Prato cespugliato termofilo e/o mesofilo**, diffuse in settori a contatto con boschi misti di latifoglie e conifere.

Sono state comprese all'interno di questa categoria le formazioni erbacee, con presenza di arbusti, che presentano differenze nella composizione floristica e nella struttura a seconda delle pratiche differenti a cui sono state sottoposte e alle diverse condizioni ecologiche.

Si tratta di praterie meso-xerofile dei Festuco – Brometea con una netta prevalenza di Graminaceae e Cyperaceae, caratterizzate da semi-aridità, create dall'uomo attraverso il taglio dei boschi originari ed utilizzate soprattutto in passato a fini agropastorali ed agricoli, attualmente caratterizzate da condizioni di abbandono.

Frequentemente, per la concomitanza di diversi fattori, primo fra tutti il frequente passaggio del fuoco, si verificano fenomeni erosivi di ruscellamento delle acque meteoriche con conseguente dilavamento del terreno.

Si tratta generalmente di praterie povere dal punto di vista della copertura globale del terreno, i cui suoli sono piuttosto superficiali e caratterizzati da un'elevata rocciosità.

Tali formazioni prative sono, per la maggior parte, colonizzate dagli elementi del mantello e rapidamente evolvono verso le cenosi arbustive, grazie alle capacità di propagazione di alcune specie cosiddette pioniere quali la ginestra, la rosa canina, il corniolo, oltre a specie arboree come il sorbo montano, il nocciolo, il frassino, il carpino nero, l'olmo.

Gli arbusteti più consistenti si rinvengono in linea generale lungo i crinali, nelle parti sommitali dei rilievi e sui terreni abbandonati, ove hanno colonizzato le formazioni erbacee; tali raggruppamenti a dominanza di erica arborea, prugnolo selvatico, biancospino, rappresentano uno stadio fondamentale nell'evoluzione della serie dinamica che porta alla costituzione dei boschi, migliorando le condizioni edafiche e creando le condizioni ecologiche adatte per la nascita e lo sviluppo delle plantule delle specie arboree.

In particolare si possono distinguere due tipologie di arbusteti: la prima derivante dall'evoluzione dinamica a partire da zone incendiate e spesso limitrofa alle praterie e ai pascoli; la seconda è quella dei piccoli arbusteti (di superficie prossima all'ettaro) derivanti dall'abbandono di terreni un tempo coltivati o sfalcati.

Nella zona dove affiora la roccia calcarea possono essere presenti basse formazioni arbustive di gariga, caratterizzate da nanofanerofite e camefite.

Trattandosi di fitocenosi connesse dal punto di vista ecologico nell'ambito della serie di vegetazione a cui appartengono, è piuttosto difficile stabilire un confine di demarcazione tra le praterie e l'arbusteto, in quanto la colonizzazione da parte di specie arbustiva avviene in modo dinamico e irregolare.

5.2.4 Analisi della naturalità

Dopo aver delineato le principali fisionomie vegetali e individuato gli ecosistemi presenti, è stata compiuta l'analisi della naturalità relativa all'area di insieme, allo scopo di segnalare gli ambiti territoriali di maggiore sensibilità rispetto al tracciato.

La naturalità dei sistemi ambientali e dei paesaggi, che possono essere definiti sulla base della "naturalità diffusa" che in essi si concentra, può essere espressa, in prima approssimazione, utilizzando come indicatore la vegetazione.

Le piante, infatti, sono il più visibile elemento del paesaggio che risente dell'azione umana, sia direttamente (coltivazioni) che indirettamente (alterazione dei substrati fisici e di caratteri climatici locali). La loro diversità specifica (e spesso intraspecifica) può essere usata come affidabile indicatore ambientale.

L'aggregarsi di aggruppamenti vegetali, in combinazioni caratteristiche al variare delle situazioni ambientali, viene definito come copertura vegetale. È quindi del tutto ragionevole assumere la struttura della copertura vegetale come primo elemento di descrizione della naturalità nei sistemi ambientali terrestri.

I livelli più elevati di naturalità si rinvengono laddove la presenza di fitocenosi spontanee denotano un buon grado di maturità nella serie di vegetazione e sono coerenti con le condizioni stazionali; le modificazioni indotte dalla presenza di insediamenti e di attività umane e le alterazioni del generale assetto paesaggistico sono relative ad ambiti con livelli di naturalità modesta.

Per la definizione dei livelli di naturalità sono state assunte le categorie proposte da Westhoff & Van Der Maarel (1973):

- Naturale: detto di vegetazione non influenzata dall'uomo;
- Subnaturale: detto di vegetazione che è in una certa misura influenzata dall'uomo, ma che conserva la stessa struttura del tipo di formazione vegetale da cui deriva. Ad esempio, un bosco ceduo, rispetto al bosco naturale da cui deriva;
- Seminaturale: detto di vegetazione nella quale la composizione specifica è largamente spontanea ma la cui struttura è alterata in modo tale che ora essa appartiene ad un altro tipo di formazione vegetale. Ad esempio, un prato falciabile o un pascolo al posto di un bosco;
- Culturale o antropogena: una vegetazione dominata da specie direttamente inserite dall'uomo, ad esempio campi coltivati, piantagioni arboree di specie esotiche.

In particolare, utilizzando l'interpretazione del grado di naturalità dei sistemi ambientali dell'area di Westhoff & Van der Maarel (1973), si è proceduto sovrapponendo il tipo di sistema presente e la presenza di attività antropiche che possono averne modificato l'assetto; i livelli di naturalità sono stati delineati osservando la tipologia vegetazionale, la sua struttura e la qualità.

L'incrocio delle fisionomie vegetali presenti con le categorie proposte, ha permesso di assegnare i livelli di naturalità, riportati nella Tabella 5-4.

Tabella 5-4 Livelli di naturalità

	<i>Naturale</i>	<i>Subnaturale</i>	<i>Seminaturale</i>	<i>Antropogena</i>
Boschi misti di latifoglie		x		
Boschi misti di latifoglie e conifere		x		
Boschi misti di conifere				x
Prato cespugliato termo - mesofilo			x	
Seminativi e colture miste				x
Colture miste erbacee e legnose				x

Nell'area di insieme non sono presenti sistemi ambientali ai quali sia possibile assegnare il livello 'naturale', in quanto, nell'area indagata, come in tutta la regione, non esistono boschi che non siano stati sfruttati dall'uomo in modo più o meno consistente; pertanto, non vi sono le condizioni per lo sviluppo di consorzi vegetali maturi, allo stadio di climax.

Il livello 'subnaturale' è stato assegnato ai boschi di latifoglie e ai boschi misti di latifoglie e conifere, in cui la composizione specifica lascia ipotizzare un'evoluzione verso i boschi di angiosperme. Sebbene la composizione floristica risponda a quella dei boschi spontanei tipici dell'orizzonte delle latifoglie mesotermofite o a quella delle sclerofille sempreverdi mediterranee, che potenzialmente si potrebbe sviluppare dalla fascia costiera, lo sfruttamento protrattosi per più secoli ha reso tali boschi poveri e degradati.

Il livello 'seminaturale' è attribuibile a quelle aree dove, nonostante un più marcato intervento antropico, che ne ha modificato la struttura della fitocenosi, si conservano alcuni aspetti di naturalità; nell'area di insieme la categoria è attribuibile ai prati cespugliati termo - mesofili, dove si evidenzia un processo evolutivo di avanzamento del bosco, dalla prateria alla boscaglia.

Infine, il livello 'antropogeno' è associato a due sistemi ambientali, i boschi misti di conifere e il sistema agricolo, strutturalmente molto diversi fra loro, ma accomunati dal fatto di essere caratterizzati da una vegetazione costituita da specie introdotte dall'uomo. Come spiegato nei paragrafi precedenti, i boschi di conifere sono il risultato di passati piani di rimboscimento che hanno modificato l'assetto vegetale spontaneo dei luoghi, pur mantenendo una struttura arborea.

Anche il sistema agricolo, caratterizzandosi con una diversa struttura, che diversifica il paesaggio agrario, a seconda che si tratti di seminativi, colture orticole o di colture legnose, presenta un livello di naturalità cosiddetto antropogeno; nelle aree agricole è evidente come l'intervento antropico abbia profondamente alterato la composizione floristica e la struttura della copertura vegetale preesistente, limitando in modo deciso l'evolversi naturale delle fitocenosi.

In conclusione, dalla lettura della carta tematica si evince che, escludendo le aree corrispondenti al sistema antropico in cui l'assenza di vegetazione (salvo la presenza del verde di arredo urbano di scarso pregio ambientale) impedisce l'attribuzione di un livello di naturalità, l'area di insieme presenta una distribuzione in aree a diverso grado di naturalità abbastanza articolata. Il livello di naturalità nel settore collinare consiste essenzialmente in aree a categorie subnaturale e antropogeno, in quanto il territorio è in larga parte costituito da boschi di vario tipo, di latifoglie o di conifere, oltre che da aree coltivate. Occupano complessivamente una superficie più modesta, nell'area di insieme, le aree con livello seminaturale, la cui fisionomia prevalente è quella delle praterie cespugliate in evoluzione verso la boscaglia, quindi verso più alti livelli di naturalità.

5.2.5 Gli ambiti di intervento

5.2.5.1 Ambito Vesima

L'area di Vesima, la prima che si incontra dall'inizio del tracciato in progetto, lato ovest, si caratterizza con formazioni boscate e raggruppamenti arbustivi che si mescolano fra loro, insieme alle aree agricole e a prati sfalciati, in modo piuttosto articolato.

Nell'area di studio sono molto diffusi gli arbusteti di Erica arborea (*Erica arborea* L.), accompagnata da brugo (*Calluna vulgaris*), prugnolo selvatico (*Prunus spinosa*), biancospino (*Crataegus monogyna*), camedrio (*Teucrium chamaedrys*); tali fitocenosi colonizzano in particolare la parte sommitale dei rilievi e i terreni abbandonati e scoscesi, sia nel settore a monte dell'autostrada che nel settore costiero. L'Erica arborea è specie tipica di terreni attraversati da incendi, un tempo coltivati o sfalciati, sui quali svolge una funzione determinante per la ricostituzione del suolo. Abbondanti sono le specie lianose, come la vitalba (*Clematis vitalba*), e tappezzanti, come i rovi (*Rubus ulmifolius*, *R. hirtus*).

In condizioni stazionali più favorevoli, come ad esempio lungo le pendici di Bric del Monte, gli arbusteti lasciano il posto alle formazioni boschive, raggruppamenti vegetali più evoluti, nell'ambito della serie dinamica tipica dei luoghi. Si tratta in particolare di boschi misti di angiosperme e di conifere a prevalenza di carpino nero (*Ostrya carpinifolia* Scop.), con presenza di leccio (*Quercus ilex* L.), castagno (*Castanea sativa* Miller), orniello (*Fraxinus ornus* L.), pino domestico e pino marittimo (*Pinus pinea* L. e *P. pinaster* Aiton) e raramente pino d'Aleppo (*P. halepensis* Mill.). La composizione floristica di tali boschi dipende dalle condizioni stazionali e dal fattore antropico che ne può influenzare l'assetto.

Nell'area in cui ricadono gli imbocchi in galleria in progetto si rinvengono boscaglie che localmente lasciano il posto a radure sfalciate.

In corrispondenza dell'imbocco della galleria Borgonuovo ovest, si segnala una formazione boschiva con copertura continua, caratterizzata nello strato arboreo alto, di altezza pari a circa 10 m, dalla dominanza di *Pinus halepensis*, a cui si unisce in modo sporadico *Ailanthus altissima*, mentre nello strato arboreo inferiore si inserisce in modo significativo l'Orniello.



Figura 5-1 Ambito Vesima

Nell'ambito delle indagini eseguite a novembre 2010 (cfr. MAM-C-AMB -001), il rilievo vegetazionale VEG107 effettuato in prossimità degli imbocchi dell'autostrada A10, su un versante con esposizione N, ha permesso di rilevare un esempio di ostrieto. Come si evince dalla

Tabella 5-5, la formazione presenta lo strato arboreo con una copertura complessiva del 90%, in cui a *Ostrya carpinifolia*, la specie dominante, si accompagna *Quercus ilex* e in minor misura *Fraxinus ornus* e *Castanea sativa* e uno strato arbustivo a dominanza di leccio con valori di copertura medio – basso. Lo strato erbaceo è caratterizzato da edera (*Hedera helix*) e da salsapariglia nostrana (*Smilax aspera* L.), con valori di copertura fino al 50%. Le altre specie rilevate nel sito mostrano valori di copertura inferiori al 25%, tra le più frequenti il pungitopo (*Ruscus aculeatus* L.) e la rosa di S. Giovanni (*Rosa sempervirens* L.).

Tabella 5-5 Rilievo vegetazionale VEG107

Rilievo veg. n.	107
Esposizione	N
Inclinazione (°)	50
Altitudine (m s.l.m.)	85
Superficie rilevata (mq)	100
Copertura totale %	100
Copertura arborea (strato a) %	90
Copertura arbustiva (strato b) %	30
Copertura erbacea (strato c) %	80
Tipologia fisionomica	ostrieto
Altezza media strato arboreo a (m)	10
Altezza media strato arbustivo b (m)	3
Altezza media strato erbaceo c (m)	0,4
Data	13/11/2010
Note	bosco di versante inforrato

Strato	Specie	Abbondanza-dominanza
Arboreo	<i>Ostrya carpinifolia</i> Scop.	4
	<i>Fraxinus ornus</i> L.	1
	<i>Quercus ilex</i> L.	2
	<i>Castanea sativa</i> Miller	1
Arbustivo	<i>Corylus avellana</i> L.	+
	<i>Quercus ilex</i> L.	2
	<i>Ostrya carpinifolia</i> Scop.	1
	<i>Ficus carica</i> L.	+
	<i>Hedera helix</i> L.	1
	<i>Coronilla emerus</i> L.	+
	<i>Smilax aspera</i> L.	2
Erbaceo	<i>Hedera helix</i> L.	3
	<i>Rubia peregrina</i> L.	1
	<i>Ruscus aculeatus</i> L.	2
	<i>Asplenium onopteris</i> L.	+
	<i>Clematis vitalba</i> L.	+
	<i>Smilax aspera</i> L.	3
	<i>Quercus ilex</i> L.	1
	<i>Asparagus acutifolius</i> L.	+
	<i>Rosa sempervirens</i> L.	2
	<i>Coronilla emerus</i> L.	+

5.2.5.2 Ambito Voltri

L'area di studio comprende l'attraversamento delle valli del Torrente Cerusa e del Torrente Leiro da parte del tracciato in progetto, la cui copertura vegetale si caratterizza con estese formazioni boschive di latifoglie e formazioni miste di latifoglie e conifere, intervallate ad arbusteti, a formazioni erbacee, a prati da sfalcio e ad aree coltivate.

Le aree edificate sono concentrate lungo le aste fluviali ed hanno uno sviluppo quasi continuo, in particolare lungo il Torrente Cerusa. La composizione floristica della compagine boschiva presente nell'area di studio è condizionata dalla presenza di infrastrutture viarie, quale l'asse autostradale dell'A26, lungo le quali è evidente l'alterazione floristica dei raggruppamenti vegetali, che sono in parte caratterizzati da specie alloctone.

La fascia territoriale compresa tra i due torrenti si presenta piuttosto articolata dal punto di vista strutturale poiché è caratterizzata da nuclei di vegetazione arborea, con formazioni miste di conifere e latifoglie, tra i quali si inseriscono ampie formazioni erbacee e piccole aree coltivate in corrispondenza degli edifici isolati.

Nell'ambito di studio in esame, denominato Voltri, seguendo il tracciato di progetto da ovest verso est, sono stati compiuti due rilievi vegetazionali: VEG106 nella Val Cerusa e VEG105 nella Val Leiro.

Come si evince dalla scheda del rilievo 106 sotto riportata (cfr. Tabella 5-6), in corrispondenza dell'imbocco della galleria Borgonuovo ovest, nel tratto del viadotto Cerusa, è presente una formazione boschiva mista di latifoglie, in cui si riconoscono principalmente il carpino nero (*Ostrya carpinifolia* Scop.), con copertura fino al 75%, ma anche l'orniello (*Fraxinus ornus*), la roverella (*Quercus pubescens* Wild); complessivamente la struttura arborea mostra valori di copertura dell'80% e un'altezza pari a circa 9 – 12 m.

Lo strato arbustivo risulta povero dal punto di vista floristico; tra le specie più rappresentate vi sono il nocciolo (*Corylus avellana* L.), il leccio (*Quercus ilex* L.), il castagno (*Castanea sativa* Miller), l'erica (*Erica arborea* L.), il sambuco comune (*Sambucus nigra*) e il pungitopo (*Ruscus aculeatus*); presenti, ma con scarsa copertura, sono l'Orniello e l'Alloro (*Laurus nobilis*).

Anche lo strato erbaceo e lianoso ha un grado di copertura di circa il 40% e si mostra molto povero floristicamente, dominato da specie lianose quali *Hedera helix* e *Lonicera caprifolium* e da *Brachypodium rupestre* (Host) R. et S. e robbia selvatica (*Rubia peregrina* L.).

Tabella 5-6 Rilievo vegetazionale VEG106

Rilievo veg. n.	106
Esposizione	NO
Inclinazione (°)	45
Altitudine (m s.l.m.)	150
Superficie rilevata (mq)	100
Copertura totale %	90
Copertura arborea (strato a) %	80
Copertura arbustiva (strato b) %	40
Copertura erbacea (strato c) %	40
Tipologia fisionomica	ostrieto
Altezza media strato arboreo a (m)	9
Altezza media strato arbustivo b (m)	4
Altezza media strato erbaceo c (m)	0,25
Data	12/11/2010
Note	ex castagneto da frutto in abbandono

Strato	Specie	Abbondanza-dominanza
Arboreo	<i>Ostrya carpinifolia</i> Scop.	4
	<i>Fraxinus ornus</i> L.	2
	<i>Quercus pubescens</i> Willd.	2
Arbustivo	<i>Corylus avellana</i> L.	2
	<i>Laurus nobilis</i> L.	+
	<i>Fraxinus ornus</i> L.	2
	<i>Quercus ilex</i> L.	2
	<i>Erica arborea</i> L.	2
	<i>Castanea sativa</i> Miller	2
Erbaceo	<i>Hedera helix</i> L.	2
	<i>Brachypodium rupestre</i> (Host) R. et S.	2
	<i>Rubia peregrina</i> L.	2
	<i>Rubus ulmifolius</i> Schott	+
	<i>Asplenium onopteris</i> L.	1
	<i>Asplenium trichomanes</i> L.	+
	<i>Serratula tinctoria</i> L.	+
	<i>Stachys officinalis</i> (L.) Trevisan	1
	<i>Smilax aspera</i> L.	1
	<i>Fraxinus ornus</i> L.	+
	<i>Quercus ilex</i> L.	+
	<i>Asparagus acutifolius</i> L.	+
	<i>Festuca heterophylla</i> Lam.	+
	<i>Quercus pubescens</i> Willd.	+
	<i>Polygonatum odoratum</i> (Miller) Druce	1

<i>Polypodium interjectum</i> Shivas	1
<i>Hieracium racemosum</i> W. et K.	+

Per quanto concerne il settore in cui si inserisce dapprima il viadotto sul Torrente Leiro, quindi l'imbocco della galleria Amandola, oggetto del rilievo in campo n.105, sono presenti formazioni miste di latifoglie decidue composte da carpino nero (*Ostrya carpinifolia*), pino domestico (*Pinus pinaster*) e roverella (*Quercus pubescens*), con valori di copertura dello strato arboreo del 90% (cfr. Tabella 5-7).

Scarsa la presenza delle essenze arbustive, rappresentate prevalentemente dal nocciolo, dall'orniello e dal carpino nero; diversamente, lo strato erbaceo presenta alti valori di copertura; tra le specie più rappresentate *Brachypodium rupestre*, la felce *Pteridium aquilinum* e la lianosa *Hedera helix*.



Figura 5-2 Ambito Voltri

Tabella 5-7 Rilievo vegetazionale VEG105

Rilievo veg. n.	105
Esposizione	NE
Inclinazione (°)	40
Altitudine (m s.l.m.)	130
Superficie rilevata (mq)	100
Copertura totale %	100
Copertura arborea (strato a) %	90
Copertura arbustiva (strato b) %	70
Copertura erbacea (strato c) %	50
Tipologia fisionomica	bosco misto carpino nero/nocciolo
Altezza media strato arboreo a (m)	12
Altezza media strato arbustivo b (m)	5
Altezza media strato erbaceo c (m)	0,3
Data	12/11/2010
Note	bosco di testata di impluvio

Strato	Specie	Abbondanza-dominanza
Arboreo	Ostrya carpiniifolia Scop.	3
	Quercus pubescens Willd.	2
	Pinus pinaster Aiton	2
Arbustivo	Corylus avellana L.	4
	Laurus nobilis L.	2
	Sambucus nigra L.	+
	Fraxinus ornus L.	2
Erbaceo	Hedera helix L.	2
	Brachypodium rupestre (Host) R. et S.	2
	Rubus ulmifolius Schott	1
	Laurus nobilis L.	2
	Asplenium trichomanes L.	1
	Dryopteris filix-mas (L.) Schott	1
	Sesleria autumnalis (Scop.) Schultz	+
	Pteridium aquilinum (L.) Kuhn	2
Prunella vulgaris L.	+	

Nell'ambito di Voltri si deve segnalare la presenza della Villa Duchessa di Galliera, inclusa tra i Parchi Urbani del PTCP compresi nei territori urbanizzati (cfr. Figura 5-3). Il parco si articola in tre aree: il giardino all'italiana, che si sviluppa sul fronte della villa, il bosco romantico e la zona prativa.



Figura 5-3 Villa Duchessa di Galliera

Le formazioni boschive, che presentano una copertura continua, sono concentrate nel settore orientale del parco urbano; si tratta di formazioni boschive miste, che nella parte collinare a monte della villa si caratterizzano per la presenza di latifoglie quali orniello, roverella e carpino nero. La composizione floristica del bosco è arricchita da diverse specie, dai cedri, ai platani e pioppi, dalle magnolie ai cipressi e alle palme; estese sono le piantagioni di leccio e pino. Nelle zone prative sono individuabili lembi di coltivi. Attualmente la copertura più diffusa è l'uliveto, presente sui versanti esposti a sud e sud-ovest. Nuclei di leccio si rinvengono nell'estremità superiore del parco, in prossimità del pianoro.

5.2.5.3 Ambito Torrente Varena

L'area di studio caratterizzata dalla valle del Torrente Varena presenta essenzialmente formazioni erbacee dei Festuco-Brometea e boschi misti di angiosperme e conifere, che possono costituire popolamenti sia fitti che radi. All'interno delle formazioni erbacee spesso si sviluppano raggruppamenti arbustivi a varia densità di copertura e di sviluppo, che nel complesso incrementano la locale eterogeneità ambientale, sia in relazione alla composizione in specie delle comunità vegetali ed animali, sia per quanto riguarda la complessità strutturale del paesaggio.



Figura 5-4 Ambito Varenna

Da notare che gli imbocchi est e ovest della galleria Amandola in progetto saranno a livello di una cava, quindi una vasta area denudata a nord del nucleo edificato di Novagette. Per quanto concerne i versanti che delineano la valle fluviale del Varenna, essi si presentano piuttosto articolati dal punto di vista fisionomico e strutturale, sebbene lungo il versante in destra idrografica siano più diffuse formazioni arboree a composizione miste, al contrario del versante in sinistra idrografica in cui dominano gli arbusteti.

Il rilievo VEG104, localizzato lungo la Val Varenna alla base del versante in destra idrografica del fiume, ha evidenziato la presenza di un bosco di scarpata torrentizia riconducibile ad un ostrieto (cfr. Tabella 5-8). Lo strato arboreo, a dominanza di *Ostrya carpinifolia* e presenza di *Fraxinus ornus* e *Quercus pubescens*, mostra valori di copertura del 90% e un'altezza di 10 m.

Lo strato arbustivo, con valori di copertura del 50%, si caratterizza dalla presenza oltre che di *Ostrya carpinifolia*, anche di *Rubus ulmifolius* e *Ficus carica*. La presenza di specie di natura igrofila quali *Salix cinerea* ed *Alnus glutinosa* è da mettere in relazione alla vicinanza con il corso d'acqua.

Lo strato erbaceo presenta valori di copertura del 60%; le specie più rappresentate sono *Hedera helix*, *Brachypodium rupestre* e *Clematis vitalba*; abbondanti anche *Impatiens balfourii*, *Apera spica-venti* e *Galium aparine*.

Tabella 5-8 Rilievo vegetazionale VEG104

Rilievo veg. n.	104
Esposizione	E
Inclinazione (°)	60
Altitudine (m s.l.m.)	125
Superficie rilevata (mq)	100
Copertura totale %	100
Copertura arborea (strato a) %	90
Copertura arbustiva (strato b) %	50
Copertura erbacea (strato c) %	60
Tipologia fisionomica	ostrieto
Altezza media strato arboreo a (m)	10
Altezza media strato arbustivo b (m)	5
Altezza media strato erbaceo c (m)	0,3
Data	12/11/2010
Note	bosco di scarpata torrentizia

Strato	Specie	Abbondanza-dominanza
Arboreo	<i>Ostrya carpinifolia</i> Scop.	4
	<i>Fraxinus ornus</i> L.	1
	<i>Quercus pubescens</i> Willd.	2
Arbustivo	<i>Corylus avellana</i> L.	2
	<i>Sambucus nigra</i> L.	1
	<i>Quercus ilex</i> L.	1
	<i>Ostrya carpinifolia</i> Scop.	1
	<i>Cornus sanguinea</i> L.	1
	<i>Ficus carica</i> L.	2
	<i>Rubus ulmifolius</i> Schott	2
<i>Euonymus latifolius</i> (L.) Miller	1	
Erbaceo	<i>Hedera helix</i> L.	3
	<i>Brachypodium rupestre</i> (Host) R. et S.	1
	<i>Rubia peregrina</i> L.	2
	<i>Rubus ulmifolius</i> Schott	2
	<i>Ruscus aculeatus</i> L.	+
	<i>Asplenium trichomanes</i> L.	1
	<i>Dryopteris filix-mas</i> (L.) Schott	1
	<i>Adiantum capillus-veneris</i> L.	2
<i>Parietaria officinalis</i> L.	2	

5.2.5.4 Ambito Bolzaneto

L'area di studio comprende la porzione territoriale in cui si inseriscono il viadotto di attraversamento del torrente Polcevera, l'interconnessione Gronda-A7 e l'interconnessione A7-A12. L'area in esame comprende anche l'ultimo tratto del torrente Secca, prima della sua confluenza nel Polcevera.

Il corso di questi torrenti, in tale ambito territoriale, presenta una fascia di vegetazione ripariale del tutto assente a causa dello sviluppo del tessuto urbano di Genova: aree edificate a carattere residenziale e industriale e infrastrutture varie caratterizzano le sponde del Polcevera e del Secca e la maggior parte dell'ambito considerato.

A ridosso delle infrastrutture viarie, si rinvengono aggruppamenti di robinia (*Robinia pseudoacacia* L.), alternati ad aree agricole e prati da sfalcio.

L'indagine vegetazionale di riferimento è la VEG108, effettuata in corrispondenza degli imbocchi della galleria Baccan in progetto, che ha permesso di rilevare un bosco misto a dominanza di carpino nero (*Ostrya carpinifolia* Scop.), leccio (*Q. ilex* L.) e orniello (*Fraxinus ornus* L.) e, in percentuale minore, corbezzolo (*Arbutus unedo* L.), a completare lo strato arboreo che ha una copertura pari al 85% e altezza media di 8 m (cfr. Tabella 5-9).

Lo strato arbustivo (copertura 50%) è caratterizzato maggiormente da nocciolo (*Corylus avellana* L.), alloro (*Laurus nobilis* L.) e corbezzolo, ai quali si uniscono sambuco (*Sambucus nigra* L.), biancospino (*Crataegus monogyna* Jacq.), cornetta dondolina (*Coronilla emerus* L.) e rosa di San Giovanni (*Rosa sempervirens* L.).

Lo strato erbaceo presenta valori di copertura del 50%, la specie più rappresentata è il *Brachypodium rupestre* a cui si uniscono in modo significativo *Festuca heterophylla*, *Galium aparine*, *Coronilla emerus* ed *Hedera helix*.

In corrispondenza degli imbocchi della galleria Monterosso in progetto, ricadenti su suolo agricolo, è presente un bosco misto di latifoglie con caratteristiche simili a quello del versante opposto sopra descritto.

Tabella 5-9 Rilievo vegetazionale VEG108

Rilievo veg. n.	108
Esposizione	NW
Inclinazione (°)	50
Altitudine (m s.l.m.)	105
Superficie rilevata (mq)	100
Copertura totale %	90
Copertura arborea (strato a) %	85
Copertura arbustiva (strato b) %	50
Copertura erbacea (strato c) %	50
Tipologia fisionomica	bosco misto carpino nero/leccio
Altezza media strato arboreo a (m)	8
Altezza media strato arbustivo b (m)	3
Altezza media strato erbaceo c (m)	0,3
Data	13/11/2010

Strato	Specie	Abbondanza-dominanza
Arboreo	<i>Ostrya carpinifolia</i> Scop.	3
	<i>Fraxinus ornus</i> L.	3
	<i>Quercus ilex</i> L.	3
	<i>Arbutus unedo</i> L.	2
Arbustivo	<i>Corylus avellana</i> L.	2
	<i>Laurus nobilis</i> L.	2
	<i>Sambucus nigra</i> L.	+
	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	+
	<i>Arbutus unedo</i> L.	2
	<i>Viburnum tinus</i> L.	1
Erbaceo	<i>Hedera helix</i> L.	+
	<i>Brachypodium rupestre</i> (Host) R. et S.	2
	<i>Rubia peregrina</i> L.	1
	<i>Rubus ulmifolius</i> Schott	1
	<i>Ruscus aculeatus</i> L.	1
	<i>Laurus nobilis</i> L.	2
	<i>Asplenium onopteris</i> L.	1
	<i>Serratula tinctoria</i> L.	+
	<i>Stachys officinalis</i> (L.) Trevisan	+
	<i>Clematis vitalba</i> L.	+
	<i>Festuca heterophylla</i> Lam.	+
	<i>Chelidonium majus</i> L.	1
	<i>Dactylis glomerata</i> L.	1
	<i>Inula conyza</i> DC.	1
	<i>Allium triquetrum</i> L.	+
	<i>Arum italicum</i> Miller	+
	<i>Crepis</i> sp.	+
	<i>Epilobium montanum</i> L.	+
<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.	+	
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	+	

5.2.5.5 Ambito Torbella

La distribuzione delle fisionomie vegetali permette di distinguere l'ambito di studio in due comparti separati dal tracciato dell'autostrada A12 esistente. Il comparto a nord si presenta alquanto eterogeneo, dato l'alternarsi di piccole formazioni di latifoglie con intromissioni di robinia e arbusteti.

Il settore sud, più omogeneo, presenta un esteso bosco di castagno (*Castanea sativa*) e una porzione di bosco misto a contatto dell'infrastruttura, in corrispondenza del quale è stato compiuto il rilievo fitosociologico VEG 101, in prossimità del Rio Torbella (cfr. Tabella 5-10). Tale consorzio si configura con uno strato arboreo a dominanza di carpino nero e

castagno con copertura di circa l'85% e uno strato arbustivo pari al 50% formato da carpino nero, biancospino (*Crataegus monogyna* Jacq.), alloro (*Laurus nobilis* L.), sambuco (*Sambucus nigra* L.), vitalba (*Clematis vitalba*).

Le specie più rappresentative dello strato erbaceo sono *Brachypodium rupestre*, *Hedera helix*, *Rubia peregrina*, *Rubus ulmifolius*, *Solidago virgaurea*, *Galium aparine* e *Parietaria officinalis*.

Tabella 5-10 Rilievo vegetazionale VEG101

Rilievo veg. n.	101
Esposizione	NW
Inclinazione (°)	25
Altitudine (m s.l.m.)	135
Superficie rilevata (mq)	100
Copertura totale %	95
Copertura arborea (strato a) %	90
Copertura arbustiva (strato b) %	50
Copertura erbacea (strato c) %	50
Tipologia fisionomica	bosco misto carpino nero/ castagno
Altezza media strato arboreo a (m)	13
Altezza media strato arbustivo b (m)	5
Altezza media strato erbaceo c (m)	0,3
data	12/11/2010

Strato	Specie	Abbondanza-dominanza
Arboreo	<i>Ostrya carpinifolia</i> Scop.	4
	<i>Fraxinus ornus</i> L.	2
	<i>Quercus pubescens</i> Willd.	2
	<i>Castanea sativa</i> Miller	3
Arbustivo	<i>Laurus nobilis</i> L.	2
	<i>Sambucus nigra</i> L.	1
	<i>Fraxinus ornus</i> L.	1
	<i>Ostrya carpinifolia</i> Scop.	2
	<i>Cornus sanguinea</i> L.	1
	<i>Erica arborea</i> L.	+
	<i>Hedera helix</i> L.	1
	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	1
	<i>Coronilla emerus</i> L.	+
	<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	2
	<i>Clematis vitalba</i> L.	1
	<i>Prunus avium</i> L.	1
	<i>Acer campestre</i> L.	+
	<i>Daphne laureola</i> L.	+
	<i>Ulmus minor</i> Miller	+

Erbaceo	<i>Hedera helix</i> L.	1
	<i>Brachypodium rupestre</i> (Host) R. et S.	2
	<i>Rubia peregrina</i> L.	2
	<i>Rubus ulmifolius</i> Schott	1
	<i>Ruscus aculeatus</i> L.	+
	<i>Laurus nobilis</i> L.	1
	<i>Serratula tinctoria</i> L.	1
	<i>Stachys officinalis</i> (L.) Trevisan	+
	<i>Clematis vitalba</i> L.	+
	<i>Fraxinus ornus</i> L.	1
	<i>Sesleria autumnalis</i> (Scop.) Schultz	1
	<i>Quercus pubescens</i> Willd.	+
	<i>Solidago virgaurea</i> L.	1
	<i>Viola reichenbachiana</i> Jordan ex Boreau	1
	<i>Castanea sativa</i> Miller	+
<i>Salvia glutinosa</i> L.	+	

5.2.5.6 Ambito Genova Est

L'area al cui interno si colloca lo svincolo di Genova Est (cfr. MAM-C-QAMB-VEG-001-002) era un tempo caratterizzata da diffusi rimboschimenti a pino, che, a causa di un vasto incendio, hanno subito una forte contrazione. Attualmente le pinete a Pino marittimo (*Pinus pinaster*) e a Pino domestico (*Pinus pinea*) occupano delle porzioni territoriali poco estese; la copertura vegetale più diffusa è costituita da fitocenosi arbustive, che colonizzano gli spazi lasciati liberi a seguito del passaggio del fuoco.

L'area indagata si caratterizza da estesi arbusteti a dominanza di erica, a contatto con formazioni erbacee di origine secondaria dei Festuco – Brometea (in particolare dall'ordine Brometalia erecti), formazioni prative per la maggior parte colonizzate dagli elementi del mantello, che rapidamente evolvono verso le cenosi arbustive.

Tra le specie che concorrono a questo dinamismo si ricordano alcuni suffrutti tra cui *Genista pilosa*, *Juniperus communis*, *Spartium junceum*, la scopina (*Erica carnea*), il brugo (*Calluna vulgaris*) ed alcune specie arbustive come la ginestra dei carbonai (*Cytisus scoparius*), *Rosa canina*, *Rosa pendulina*, la frangola (*Frangola alnus*), il corniolo (*Cornus sanguinea*), fino a specie arboree come il sorbo montano (*Sorbus aria*), il nocciolo (*Corylus avellana*), il frassino (*Fraxinus ornus*), il carpino nero (*Ostrya carpinifolia*), l'olmo (*Ulmus minor*) e la roverella (*Quercus pubescens*).

Specie tipiche delle praterie mesoxerofile di origine secondaria sono *Bromus erectus*, *Sanguisorba minor*, *Anthericum liliago*, *Helianthemum nummularium*, *Brachypodium pinnatum*, *Sesleria kalnikensis*, *Festuca sp. pl.*. In generale si riscontra una netta prevalenza di Graminaceae e Cyperaceae.

Tra le specie "buone foraggere" proprie dei Molinio-Arrhenatheretea ed in particolare dell'ordine Arrhenatheretalia, indicatrici di una certa disponibilità nel suolo di acqua e nutrienti, per apporti antropici troviamo: *Dactylis glomerata*, *Leucanthemum vulgare*, *Lotus corniculatus*, *Trifolium pratense*.

In alcune zone, le praterie hanno una copertura in cui si ha una scarsa presenza di graminacee a vantaggio di specie quali *Cirsium arvense*, *Calicotome spinosa*, *Inula*

viscosa, *Centranthus ruber*. Diffuse sono le aree completamente invase dalla felce aquilina (*Pteridium aquilinum*), segno del passaggio del fuoco in epoca recente, che rappresentano situazioni di deterioramento della prateria.

Nei punti più aridi e pietrosi sono frequenti l'euforbia spinosa (*Euphorbia spinosa*), la santoreggia selvatica (*Satureja montana*), varie specie di Sedum (*Sedum rupestre*, *Sedum album*, *Sedum montanum*), di nanofanerofite e camefite (quali *Helichrysum italicum*, *Thymus vulgaris* e *Satureja montana*), che grazie ai loro apparati radicali resistono allo scalzamento.

In molte zone vi è una chiara tendenza ad evolvere a prateria arbustata con diffusa presenza di erica, Calicotome spinosa e ginestra, per cui il limite con l'arbusteto non è sempre netto.

Nel settore meridionale dell'area di studio, in prossimità del casello autostradale Genova Est, si rilevano zone destinate ad uso agricolo, in concomitanza di nuclei edificati a copertura rada.

5.2.5.7 Ambito Genova Ovest

L'area si configura come un complesso mosaico caratterizzato prevalentemente da aree edificate intervallate da aree agricole ed ex coltivi in abbandono; la componente vegetale è limitata a delle formazioni boschive di latifoglie residue che permangono negli ambiti lasciati liberi dalla diffusione del tessuto edilizio, la cui composizione floristica è assimilabile alle formazioni già descritte negli altri ambiti e ad aree verdi di origine antropica.

Molto diffusi sono i raggruppamenti di specie alloctone come *Robinia pseudoacacia*, in particolare nelle aree prossime all'infrastruttura esistente, che esprimono una bassa valenza naturalistica.

5.2.5.8 Sintesi dell'assetto vegetazionale

La caratterizzazione degli ambiti di intervento, supportata dai rilievi fitosociologici effettuati in campo, ha permesso di verificare la presenza di elementi di flora mediterranea, che però tendono a dominare solo localmente, e di specie decidue, che tendono a prevalere, considerando le precipitazioni abbondanti.

In generale, sui versanti, solitamente molto inclinati, si trovano boschi misti dominati o codominati nello strato arboreo dal carpino nero (*Ostrya carpinifolia*), a cui si accompagnano leccio, roverella, orniello; negli aspetti più freschi (es. rilievi VEG101 - Ambito Torbella e VEG106 - Ambito Voltri) compaiono il castagno, favorito direttamente o indirettamente dall'azione dell'uomo anche se oggi spesso in abbandono, il nocciolo e il sambuco; soprattutto in zone periurbane, l'alloro è ben rappresentato (es. rilievi VEG105 - Ambito Voltri e VEG108 - Ambito Bolzaneto). Nei versanti con suolo superficiale e sulle rupi prevalgono le sclerofille mediterranee e sono presenti lembi di leccete o, nei casi più disturbati, cenosi di macchia mediterranea con leccio arbustivo ed altri arbusti mediterranei, tra i quali il più diffuso è l'erica arborea (lombi difficilmente raggiungibili di queste tipologie si trovano nell'Ambito Varenna (VEG104). Soprattutto lungo alcuni crinali sono presenti anche formazioni a dominanza di pino marittimo (*Pinus pinaster*), probabilmente derivati sia da impianto che da disseminazione naturale (ad es. nelle aree VEG104 e VEG107 - Ambito Vesima). Lungo il corso dei molti fossi e piccoli corsi d'acqua presenti, i boschi di forra si arricchiscono di felci ed elementi mesofili; dove però il letto si

allarga vi sono quasi sempre insediamenti urbani ed industriali e boschi secondari di Robinia pseudacacia sostituiscono la vegetazione originaria. Nello strato inferiore le specie più rappresentate sono l'edera, il palèo (*Brachypodium rupestre*) ed i rovi, indicatori di disturbi ricorrenti, diverse piante lianose mediterranee quali *Rubia peregrina* e, talvolta, *Smilax aspera*. Nelle cenosi più mesofile (es. rilievo VEG101 – Ambito Torbella) compaiono specie tendenzialmente acidofile quali *Serratula tinctoria*, *Solidago virgaurea*, ecc.

In generale la vegetazione dell'area, anche nelle cenosi relativamente più avanzate dal punto di vista dinamico quali quelle rilevate, è fortemente condizionata dalle caratteristiche geomorfologiche e, soprattutto, dai passati e presenti usi del suolo e disturbi antropici, sia diretti (urbanizzazione, coltivazione, tagli, ecc.), che indiretti (fuoco, inquinamento, ecc.).

Nel popolamento dei boschi dell'area, le indagini effettuate mettono in evidenza la presenza di due principali componenti, una decidua relativamente mesofila ed una mediterranea sempreverde relativamente termofila, che coesistono e che tendono a dominare l'una sull'altra per motivi strettamente stazionali, dovuti alle caratteristiche geomorfologico-microclimatiche locali e al regime del disturbo.

5.3 ANALISI DELLE INTERAZIONE OPERA – AMBIENTE

5.3.1 Aree a servizio della cantierizzazione

5.3.1.1 Ambito Vesima

L'area è caratterizzata dalla presenza di zone coltivate, prati da sfalcio e arbusteti, alternate a formazioni boschive di latifoglie e conifere che si insediano sui due versanti, tra i quali si inserisce il tracciato autostradale attuale dell'A10.

L'ambito si caratterizza per la presenza del margine sud orientale del Parco regionale del Beigua e dei siti inclusi nella Rete Natura 2000 (SIC Beigua – Monte Dente – Gargassa – Paviglione e ZPS Beigua – Turchino); la potenziale interferenza rispetto agli habitat e alle specie presenti in tali siti viene presa in esame nell'Analisi di incidenza (cf. MAM-SVI-001-R).

In funzione dell'ampliamento dei viadotti Beo – Frana e Vesima e delle carreggiate dell'A10 esistente e della realizzazione degli imbocchi est e ovest della galleria Borgonuovo sono previsti nell'area:

- Due cantieri industriali, **CI 01** e **CI 02**, per i viadotti
- Un cantiere di imbocco, **CI 17**, per la nuova galleria Borgonuovo

Inoltre, è previsto l'adeguamento di via Vesima, utilizzata quale pista di cantiere (**VS 02**), che consentirà il raccordo tra la via stessa e l'area del cantiere di imbocco.

I cantieri CI 01 e CI 02 sono di dimensioni relativamente modeste e localizzati lungo il tracciato dell'A10 esistente; si ritiene che l'interferenza generata dalla loro predisposizione non sia significativa in quanto la vegetazione, composta da arbusteti, cenosi prative e terreni agricoli, presenta un modesto grado di maturità e risulta, inoltre, già influenzata dalla presenza dell'infrastruttura esistente.

Discorso diverso va fatto per il cantiere di imbocco CI 17. L'area di cantiere, situata in prossimità dell'imbocco della galleria Borgonuovo esistente, occupa una parte del versante rivolto a sud dove è presente una formazioni boscata mista di latifoglie e conifere; tale fitocenosi verrà in parte interessata dall'installazione del cantiere, subendo una parziale frammentazione dovuta alla sottrazione diretta di nuclei di tipo arboreo.

Sul versante opposto, nell'area interclusa tra gli assi stradali esistenti, trova posto una pineta di pino marittimo; considerando che il raggruppamento è insediato in un'area residuale, che ne limita lo sviluppo, e presenta un livello di naturalità complessivamente modesto essendo il risultato di passati interventi di rimboschimento, si ritiene che l'interferenza non sia significativa.

L'interferenza indotta dall'installazione dei cantieri verrà parzialmente mitigata al termine delle attività in particolare in corrispondenza dell'area di imbocco in galleria che sarà oggetto di rimodellamento morfologico e ricostituzione della vegetazione esistente.

5.3.1.2 Ambito Voltri

L'area di Voltri, che comprende le valli del Torrente Leiro e Cerusa, si presenta piuttosto eterogenea per l'alternanza di aree coltivate molto estese, formazioni boschive di latifoglie e conifere sui versanti e aree edificate lungo le due valli fluviali.

Nell'ambito di Voltri il progetto prevede la realizzazione dei nuovi viadotti che consentiranno l'attraversamento dei torrenti Cerusa e Leiro e l'ampliamento di quelli

esistenti. Inoltre, saranno realizzati gli imbocchi delle gallerie Borgonuovo, Bric del Carmo, Voltri, Ciocia, delle Grazie e Amandola.

Naturalmente, la realizzazione delle opere suddette prevede la localizzazione di numerosi cantieri e piste di cantiere, elencati di seguito:

- **CI 18**, tra le gallerie Borgonuovo e Bric del Carmo e il nuovo viadotto Cerusa, e la relativa pista di cantiere **VS 03**
- **CI 19**, tra la galleria Bric del Carmo e il viadotto Cerusa esistente
- **CI 20**, tra il nuovo viadotto Cerusa e la galleria Voltri lato Savona, e la relativa pista di cantiere **VS 04**
- **CI 21**, tra le gallerie Voltri lato Genova e Ciocia e il nuovo viadotto Leiro, e la relativa pista di cantiere **VS 04**
- **CI 22**, tra il raccordo dell'A26 e la galleria Ciocia
- **CI 23**, tra la galleria delle Grazie e il viadotto Leiro esistente
- **CI 24**, tra il nuovo viadotto Leiro e la galleria Amandola, e la relativa pista di cantiere **VS06**
- **VS 05**, pista di cantiere per l'attraversamento dell'A26
- **CI 03**, cantiere industriale localizzato in prossimità dell'ambito a livello della banchina del porto di Voltri

Come già detto in precedenza, le formazioni boschive presenti nell'area dimostrano una certa continuità che può essere alterata dalla presenza, seppur limitata nel tempo, dei cantieri e dall'utilizzo, da parte dei mezzi, delle piste. Vanno esclusi, in questo senso, il cantiere CI 22, localizzato lungo l'A26, dove la vegetazione è rappresentata da fitocenosi arbustive, e il cantiere industriale CI 03 posizionato all'interno del porto.

I cantieri CI 18, localizzato a ovest dell'ambito, nell'area in cui saranno realizzati gli imbocchi della galleria Borgonuovo, e CI 21, dove ricadranno gli imbocchi della galleria Voltri lato Genova e della galleria Ciocia, insieme alle piste VS 03 e VS 04 ad essi collegate, e il cantiere CI 24, funzionale alla realizzazione degli imbocchi della galleria Amandola lato Savona, interferiscono con formazioni a latifoglie, generando una parziale frammentazione di questi boschi. La pista VS 06, connessa al CI 24 attraversa un'area coltivata.

Sebbene vi sia un coinvolgimento della compagine boschiva che può subire localmente la perdita di alcuni nuclei, l'interferenza può ritenersi reversibile, considerando che gli interventi di mitigazioni sono rivolti a ricostituire l'assetto vegetale preesistente.

I cantieri CI 19, CI 20 e CI 23 sono collocati in prossimità di formazioni miste di latifoglie e conifere. L'area di cantiere della galleria Bric del Carmo (CI 19) interessa solo una porzione marginale del bosco misto generando un'interferenza che si può ritenere contenuta; la stessa valutazione può essere fatta per il cantiere funzionale alla realizzazione della galleria Voltri lato Savona (CI 20), in cui viene interferita un'area marginale già in commistione con gli arbusteti.

Gli imbocchi della galleria delle Grazie prevedono un'area di cantiere (CI 23) che occuperà parte del bosco del Parco Urbano di Villa Duchessa di Galliera, in una zona in cui esso mostra una copertura discontinua; la sottrazione degli elementi arborei presenti può generare la parziale frammentazione di questa formazione. Considerando che si tratta di un ambito a contatto con il viadotto Leiro esistente, si presume che la fitocenosi allo stato attuale sia già in parte influenzata dal punto di vista compositivo e floristico; pertanto si ritiene che l'interferenza sia complessivamente limitata, oltre che mitigabile.

La pista VS 04, che collega il cantiere CI 20 al cantiere CI 22, si inserisce in un'area eterogenea, con copertura discontinua a dominanza di arbusteti per i quali, dato il loro basso pregio, non si ritiene si configuri alcuna interferenza significativa.

5.3.1.3 Ambito Torrente Varenna

L'ambito del Torrente Varenna presenta una prevalente connotazione naturale; i ripidi versanti incisi dal corso d'acqua sono caratterizzati da formazioni boscate di forra riconducibili essenzialmente a ostrieti; nel complesso l'articolazione dei consorzi boschivi e degli arbusteti conferisce una discreta eterogeneità ambientale. L'importanza naturalistica di tale ambito è riconosciuta dalla presenza del sito Natura 2000 SIC Praglia – Pracaban – Monte Leco – Punta Martin.

Come si evince dalla cartografia allegata, il progetto di cantierizzazione prevede l'approntamento del cantiere di imbocco **CI 25**, per la realizzazione delle gallerie Amandola lato Genova e Monterosso lato Savona. Tale area, necessaria per il passaggio della TBM, coinvolgerà l'alveo del fiume per circa 100m, che verrà interrotto momentaneamente e deviato mediante un bypass di tubature.

Il sito di lavoro coinvolgerà in destra idrografica del Varenna il versante in cui è del tutto assente la vegetazione (area estrattiva denudata), mentre in corrispondenza dell'alveo fluviale le boscaglie igrofile spondali. La sottrazione di tale vegetazione causerà la frammentazione della fitocenosi, che allo stato attuale mostra una discreta continuità lungo il corso d'acqua. Tale interferenza, sebbene persista durante la fase di cantiere, verrà mitigata al termine delle lavorazioni mediante opportuni interventi volti alla ricostituzione della continuità vegetazionale.

Sul lato opposto, sulla sponda sinistra del torrente, è presente una piccola formazione mista di latifoglie e conifere che si presenta alquanto discontinua e, inoltre, già interferita dalla presenza della via Carpenara. Oltre questa formazione, il versante interessato dall'area di cantiere presenta una diffusa copertura vegetale composta essenzialmente da arbusteti. Vista la discontinuità dei raggruppamenti arborei e la predominanza di cenosi arbustive, si ritiene che l'area di cantiere non determini un'interferenza significativa.

5.3.1.4 Ambito Coronata

In questo ambito è localizzato l'unico campo base previsto dal progetto (**CB01**). Considerando che l'area in passato è stata già compromessa dalla presenza di edifici industriali, e la vegetazione è quasi del tutto assente, la localizzazione del campo base non determina interferenze.

5.3.1.5 Ambito Bolzaneto

L'ambito di Bolzaneto si caratterizza per un'intensa antropizzazione, in particolare lungo i due corsi d'acqua, i Torrenti Polcevera e Secca, dove si colloca una serie di attività principalmente a carattere industriale; nuclei boscati, alternati ad aree coltivate e prati da sfalcio, si rinvengono nei versanti al margine del tessuto antropico.

Gli interventi in progetto previsti in quest'area consentiranno il collegamento tra A7, A12 e A10bis in prossimità dello svincolo di Bolzaneto, in cui il tracciato della A10bis termina formalmente e si collega alle altre due autostrade del sistema genovese. Per la

realizzazione di questa grande interconnessione saranno realizzati i viadotti Genova, Mercantile e Morego, gli adeguamenti dei viadotti Secca e Orpea esistenti e diverse gallerie e i rispettivi cantieri di imbocco, indicati di seguito:

- **CI 13**, tra la galleria Monterosso e il viadotto Genova
- **CI 27**, dove saranno realizzati gli imbocchi delle gallerie Polcevera e San Rocco, entrambe connesse al viadotto Mercantile, la prima lo congiunge al viadotto Genova e la seconda alla galleria Bric du Vento; nello stesso cantiere anche l'imbocco della galleria Forte Diamante, tra il viadotto Orpea e l'A12
- **CI 28**, per l'altro imbocco della galleria Polcevera e per quelli delle gallerie Bric du Vento e Baccan, tra il viadotto Genova e le rampe di connessione all'A12
- **CI 32**, tra il viadotto Morego e l'A7

Inoltre, verranno localizzati nell'area numerosi cantieri industriali, non solo funzionali alla costruzione dei viadotti, ma anche alla predisposizione delle attività di scavo delle gallerie; quest'ambito, infatti, rappresenta il punto di inizio dello scavo meccanizzato, in cui verranno allestite le zone in cui arriveranno gli elementi della TBM (pista frese) e da cui partirà lo slurrydotto, che convoglierà lo smarino prodotto dallo scavo all'opera a mare. Di seguito vengono elencati i cantieri industriali:

- **CI 13**, imbocco frese
- **CI 14**, impianti frese e inizio slurrydotto
- **CI 08** e **CI 09**, funzionali alla realizzazione delle pile del viadotto Genova
- **CI 10**, area logistica e stoccaggio materiali
- **CI 11**, viadotto Mercantile
- **CI 12**, viadotti Secca
- **CI 15**, stoccaggio conci fresa

La maggior parte delle numerose aree di cantiere industriale che saranno installate in quest'area si inserisce su superfici già artificializzate in cui la componente vegetale è limitata a nuclei sporadici di vegetazione alloctona, di scarso pregio naturalistico. Fa eccezione il cantiere CI 13 che causerà l'occupazione di suolo attualmente destinato ad uso agricolo.

Anche le aree occupate dai cantieri di imbocco non mostrano elementi di pregio naturalistico, ricadendo anch'essi, per la maggior parte della loro superficie, su suoli ricoperti da raggruppamenti di specie esotiche, arbusteti o campi coltivati.

Da segnalare, comunque, che il cantiere CI 27 occupa piccoli lembi marginali di formazioni boschive a latifoglie che, inserendosi in un ambito urbano, hanno una scarsa valenza ambientale.

In conclusione si ritiene che il progetto di cantierizzazione in corrispondenza dell'ambito di Bolzaneto non configuri l'insorgere di criticità rispetto alla componente vegetazionale.

5.3.1.6 Ambito Torbella

L'area, che comprende una parte della valle del Rio Torbella, affluente del Polcevera, è caratterizzata, sul versante di sinistra, dalla presenza di ampie formazioni boscate (boschi misti di angiosperme termofile e mesofile e castagneti) e, sul versante in destra, dalle propaggini edificate di Rivarolo Ligure e da aree coltivate inframmezzate a lembi boscati. L'area di fondovalle è percorsa dal ramo autostradale esistente.

Le azioni di progetto in questo ambito consistono nella realizzazione di due viadotti che consentiranno ai nuovi tracciati dell'A12 e dell'A7 di superare l'A12 esistente. Quest'ultima sarà connessa alle nuove infrastrutture mediante rampe di interconnessione. Sarà, infine effettuato l'alesaggio della galleria Monte Sperone per modificarne l'asse.

Questi interventi comportano l'installazione di una grande area di cantiere, denominata **CI 26**, che comprende:

- l'imbocco della galleria Forte Diamante lato Genova
- l'imbocco della galleria Bric du Vento lato Livorno
- l'imbocco tra la galleria Torbella ovest e la rampa verso l'A12 esistente
- l'imbocco della galleria Torbella est
- la zona dove avverrà l'alesaggio della galleria Monte Sperone esistente e il suo nuovo imbocco
- l'imbocco della nuova galleria Monte Sperone lato Savona
- la connessione tra la galleria Granarolo lato Milano e il viadotto Torbella

e il cantiere industriale **CI 07**, funzionale alla realizzazione dei nuovi viadotti.

La parte centrale delle suddette aree di cantiere si localizza in corrispondenza dell'attuale sede autostradale e dello spazio adiacente la carreggiata sud di pertinenza della stessa autostrada. Il settore nord dell'area di cantiere coinvolge suoli occupati da fitocenosi di basso pregio dal punto di vista naturalistico, come formazioni a robinia (piccola porzione nel settore ovest del cantiere) e suoli a destinazione agricola, pertanto si ritiene che la sottrazione di vegetazione non sia rilevante.

Il corso del rio Torbella non viene interferito per la maggior parte del segmento compreso in questa area in quanto già tombato in passato per via dell'infrastruttura esistente, ad eccezione di un piccolo tratto a nord dell'A12, in prossimità dell'imbocco della galleria Monte Sperone esistente, dove riprende il suo corso naturale. In corrispondenza di tale ambito, l'occupazione del cantiere determina una parziale sottrazione di fitocenosi riferibili a nuclei boscati misti che si insediano sui versanti di forra.

Nella porzione a sud, dove sono presenti boschi di latifoglie e castagneti, la predisposizione dell'area di cantiere comporta la sottrazione di una porzione di fitocenosi, configurando una frammentazione della continuità vegetale esistente. Si tratta di un'interferenza significativa limitatamente al cantiere, poiché le fitocenosi boschive presentano un buon grado di copertura e continuità ecologica. In considerazione di ciò, tali aree saranno oggetto di ripristino ambientale, volto alla ricostituzione dell'assetto vegetazionale.

5.3.1.7 Ambito Genova Est

L'area al cui interno si colloca lo svincolo di Genova Est presenta dei nuclei sparsi di pineta a pino marittimo, derivanti da rimboschimento, e delle estese fitocenosi arbustive, che esprimono la ricolonizzazione da parte della vegetazione di terreni che hanno subito il passaggio di incendi e la conseguente alterazione dell'assetto dei suoli.

Nell'ambito dell'adeguamento dello svincolo di Genova Est, il progetto prevede la realizzazione del viadotto Rovena, che conetterà la galleria Montesperone all'A12 esistente in direzione Livorno, e della rampa di collegamento tra la galleria Montesperone e la galleria Campursone. Infine, è previsto l'adeguamento di due rampe tra l'A12 e lo svincolo di Genova Est.

La realizzazione degli interventi descritti determina la localizzazione delle seguenti aree di cantiere:

- **CI 29**, che individua due aree di cantiere distinte, una per gli imbocchi della galleria Monte Sperone lato Livorno e della galleria Campursone lato nord e l'altra per l'imbocco sud della galleria Campursone
- **CI 06**, funzionale alla costruzione del viadotto Rovena
- la pista **VS 09**, che collega questi cantieri, permettendo la movimentazione di mezzi e materiali

I cantieri di imbocco si inseriscono per buona parte della loro superficie all'interno di aree già comprese nell'attuale sedime autostradale. Limitate porzioni interessano arbusteti in ricostituzione che presentano un grado di maturità decisamente basso, pertanto non si configurano interferenze significative con la componente vegetale.

L'area di cantiere CI 06 occupa parte della valle del Rio Briscata, interessando una parte della pineta a pino marittimo che si insedia sul versante con esposizione nord – est che delinea l'impluvio stesso. Considerando la marginalità e la limitata estensione della fitocenosi coinvolta, si ritiene la predisposizione dell'area di cantiere non comporti un'alterazione della continuità vegetale.

5.3.1.8 Ambito Genova Ovest

L'area si localizza nella zona di periferia di Genova, in cui le frange edificate vengono a contatto con le coltivazioni che si sviluppano lungo i versanti collinari terrazzati.

In questo ambito saranno realizzate le due rampe, quasi interamente in galleria, che garantiranno la nuova interconnessione tra le autostrade A7 e A10 esistente. È prevista anche la demolizione dell'elicoidale che connette attualmente l'A7 all'A10.

Saranno, dunque, inseriti nell'ambito i seguenti cantieri:

- **CI 31**, per gli imbocchi delle gallerie Moro 1 e Moro 2, che collegheranno l'A10 con la galleria Granarolo e con il casello di Genova Ovest
- **CI 30**, per gli imbocchi delle gallerie Moro 1 e Granarolo lato Genova e relativa pista di cantiere **VS 10**
- **CI 05**, cantiere funzionale alla demolizione dell'elicoidale

I cantieri di imbocco sopra elencati ricadono in parte a livello delle infrastrutture esistenti e in parte su suoli agricoli. Si ritiene, quindi, che non si generi alcun tipo di interferenza rispetto alla componente vegetale.

La pista di cantiere VS 10, al contrario, attraversa una piccola formazione di latifoglie, circondata da coltivi in abbandono, ma valutando la superficie interessata e il carattere residuale della formazione si ritiene che l'interferenza sia limitata.

Il cantiere industriale CI 05 coinvolge un'area attualmente interclusa nella viabilità esistente, caratterizzata da gruppi arborei di basso pregio ambientale, pertanto si ritiene che ciò non configuri un impatto rilevante rispetto alla componente vegetale.

5.3.2 Opere connesse di cantierizzazione

Le opere di seguito descritte ricadono all'interno di quello che è stato definito **Ambito Polcevera**.

Lo scavo meccanizzato, che porterà alla realizzazione di tutte le gallerie a ovest del torrente Polcevera, prevede la predisposizione di particolari opere: lo slurrydotto e la pista di montaggio frese.

Lo slurrydotto sarà utilizzato per trasportare il materiale di scavo verso il cantiere **CI 04**, sulla costa, da cui successivamente verrà convogliato verso l'opera a mare. L'opera è costituita da un circuito idraulico (tipicamente una condotta metallica), posizionato su monopali, all'interno del quale il materiale viene pompato dopo essere stato miscelato con acqua. Per fluidificare il materiale sarà utilizzata acqua marina, pompata fino al cantiere di imbocco delle frese (a Bolzaneto) dove verrà allestito l'impianto per diluire lo smarino fino a trasformarlo in una soluzione pompabile (lo slurry).

La pista frese sarà il tragitto utilizzato per il trasporto delle parti della TBM non movimentabili sulla viabilità esistente.

Entrambe queste opere saranno localizzate lungo l'alveo del torrente Polcevera, che sarà arginato mediante una scogliera in massi naturali, e correranno parallele occupando una fascia larga mediamente circa 20 metri.

Lungo la sponda sinistra del torrente, infine, prenderà posto anche il cantiere industriale **CI 16**, area di stoccaggio per i materiali necessari per la realizzazione dello slurrydotto.

Il tratto di torrente interessato dalle opere connesse di cantierizzazione si inserisce in un contesto decisamente antropizzato, come testimoniano le attività essenzialmente industriali che coinvolgono in modo diffuso entrambe le zone spondali. Ne deriva che manca una fascia ripariale di tipo naturale e la vegetazione esistente è limitata a raggruppamenti tipici del greto fluviale che si sviluppano nell'alveo bagnato dalle piene autunnali, destinate a modificarsi e scomparire in funzione delle dinamiche stagionali, che mostrano un basso grado di maturità. Considerando l'assenza di consorzi vegetali maturi e stabili nell'area golenale, si ritiene che la sottrazione di suolo connessa alla realizzazione delle opere connesse di cantierizzazione non configuri un'interferenza rilevante.

5.4 IL RAPPORTO OPERA-AMBIENTE

Lo studio finora esposto relativo alla componente Vegetazione e Flora ha permesso di delineare le principali criticità connesse alla cantierizzazione dell'opera in relazione alla sensibilità del territorio.

L'analisi effettuata ha evidenziato come le aree di cantiere coinvolgano dei territori a prevalente connotazione naturale, che risultano sensibili dal punto di vista vegetazionale. Si possono citare a tale riguardo la valle del Varenna, dove si segnala la presenza del SIC Praglia - Pracaban – Monte Leco – Punta Martin appartenente alla rete Natura 2000, e l'ambito di Vesima, in cui è presente il margine sud-orientale del SIC /ZPS Beigua – Monte Dente – Gargassa – Paviglione. Le potenziali interferenze rispetto agli elementi di interesse naturalistico presenti nei suddetti siti sono oggetto di una specifica analisi di incidenza (cfr. MAM-SVI-001-R).

Altri ambiti di intervento, in particolare Voltri, Torbella, Coronata e Genova Est, si presentano parzialmente antropizzati a causa della presenza degli assi infrastrutturali e di tessuti edificati, che riducono la sensibilità territoriale; i versanti presentano generalmente una copertura vegetale eterogenea, poiché consorzi boschivi a copertura continua si alternano a formazioni arbustive rade e ad aree coltivate.

Sono decisamente antropizzati gli ambiti Bolzaneto e Polcevera, per il tessuto industriale che si sviluppa lungo l'alveo del torrente stesso, e di Genova Ovest, caratterizzato da un marcato sistema infrastrutturale e da frange del tessuto edilizio del capoluogo ligure.

L'analisi della localizzazione delle aree di cantiere in ciascun ambito ha permesso di evidenziare le principali problematiche in relazione alla sensibilità del territorio.

Nell'area di Vesima la sottrazione di vegetazione dovuta al cantiere di imbocco della galleria Borgonuovo implica una parziale frammentazione della formazione boschiva mista a latifoglie e conifere presente lungo il versante. Tale interferenza potrà essere in parte mitigata al termine delle lavorazioni mediante il rimodellamento del terreno e la ricostituzione della vegetazione al fine di ristabilire la continuità vegetazionale che attualmente caratterizza il versante.

Un altro ambito di particolare interesse è quello del torrente Varenna. In quest'area, l'installazione del cantiere comporterà la deviazione del corso d'acqua e l'occupazione delle sponde in cui sono presenti consorzi igrofilo riparia. Tale interferenza è da considerarsi reversibile poiché si ritiene che al termine delle lavorazioni, con la dismissione dell'area di cantiere e il ripristino del normale corso del torrente, la vegetazione si possa insediare in corrispondenza degli ambiti compromessi in virtù delle notevoli capacità di propagazione vegetativa che è propria dei raggruppamenti arbustivi spondali.

Nelle aree già parzialmente antropizzate come Voltri, Torbella, Coronata e Genova Est, la predisposizione delle aree di cantiere può comportare una locale sottrazione di fitocenosi presente che può determinare a seconda dei casi specifici una frammentazione della copertura vegetale. La verifica delle aree interessate ha permesso di constatare che non sono coinvolti nuclei di vegetazione di pregio naturalistico, bensì nella maggior parte dei casi sono interessati nuclei arbustivi o formazioni arboree di media maturità.

Per quanto concerne le aree maggiormente antropizzate, ossia gli ambiti di Bolzaneto, Polcevera e Genova Ovest, la ricognizione delle aree previste per la fase di cantiere non ha evidenziato alcuna problematica rispetto alla componente vegetazione, poiché sono coinvolte aree già artificializzate o di scarso pregio.

A conclusione di quanto emerso dalle analisi, si evidenzia che in linea generale le interferenze dovute alla predisposizione dei cantieri che si esprimono nella sottrazione delle fitocenosi sono parzialmente reversibili. Al termine della fase di costruzione, infatti, la gran parte delle superfici interferite sarà oggetto di recupero, ad esclusione delle porzioni interessate dai nuovi manufatti. Malgrado la capacità di ripresa da parte della vegetazione di terreni lasciati liberi si ritiene opportuno prevedere degli interventi di mitigazione che possano favorire la ricostituzione della vegetazione esistente, impedendo un'ulteriore semplificazione degli habitat e un'amplificazione del disturbo. Gli interventi nelle aree a connotazione naturale che conservano degli habitat con un buon livello di integrità consentiranno di limitare le modifiche sulla componente vegetale e conservare gli habitat in un buono stato qualitativo. Negli ambienti già perturbati dalla presenza di attività antropiche preesistenti si ritiene necessario intervenire mediante opere di riqualificazione ambientale al fine di evitare un ulteriore incremento del disturbo di tipo antropico.

6 ECOSISTEMI E FAUNA

6.1 TEMI E METODOLOGIA DI LAVORO

6.1.1 I temi

Come detto nel capitolo dedicato all'illustrazione della metodologia di lavoro seguita nella redazione del presente Quadro ambientale dello SIA del progetto di Cantierizzazione, i Macrotemi afferenti detto SIA tematico sono rappresentati dalle "Infrastrutture autostradali come realizzazione" e dalle Opere connesse di cantierizzazione lette in funzione della loro valenza di "opere come manufatto fisico", "opere come realizzazione" ed "opere come esercizio".

Ciò premesso e ricordato che con il termine "Temi di Quadro" si sono intesi quegli elementi progettuali che, derivanti dalla scomposizione e selezione dei Macrotemi, hanno rilevanza con le finalità perseguite dai tre Quadri di riferimento previsti dal DPCM 27.12.18988, nel caso di quello ambientale detti temi sono stati già identificati nei seguenti termini (cfr. Tabella 6-1).

Tabella 6-1 Temi di riferimento (Temi di Quadro)

Opere	Macrotemi	Temi di riferimento	Temi di Quadro
Infrastrutture autostradali	• Opera come realizzazione	• Attività costruttive	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Costruzione dei viadotti ▪ Scavo e costruzione delle gallerie <ul style="list-style-type: none"> – Scavo meccanizzato – Scavo in tradizionale ▪ Movimentazione delle terre di scavo delle gallerie ▪ Gestione delle terre di scavo delle gallerie ▪ Approvvigionamento di materie prime
			• Aree a servizio della cantierizzazione <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aree cantieri industriali ▪ Aree cantieri di imbocco ▪ Aree campi base ▪ Itinerari di cantierizzazione ▪ Piste di cantiere
Opere connesse di cantierizzazione	• Opera come manufatto	• Opere a carattere temporaneo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Slurrydotto ▪ Pista di montaggio frese
		• Opere a carattere definitivo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Opera a mare
	• Opera come realizzazione	• Attività costruttive	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Confinamento del Canale di Calma ▪ Chiusura dell'opera a mare ▪ Approvvigionamento delle materie
		• Aree a servizio della cantierizzazione	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aree di cantiere ▪ Itinerari di cantierizzazione
• Opera come esercizio	• Funzionamento	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Movimentazione dello slurry lungo lo slurrydotto ▪ Riempimento progressivo dell'opera a mare 	

Tale articolazione, nel caso del Quadro ambientale, tuttavia necessita di un'ulteriore verifica atta a contestualizzarla rispetto alle finalità perseguite dalle singole componenti ambientali. Come difatti illustrato nel capitolo introduttivo, benché in termini generali il Quadro ambientale sia nel suo complesso rivolto a determinare il rapporto Opera – Ambiente, ognuna di dette componenti declina detta finalità generale in relazione ai beni ed alle risorse ad essa attinenti, aspetto quest'ultimo che ha condotto alla necessità di giungere alla definizione dei Temi di Quadro, locuzione con la quale si è inteso definire quei temi di riferimento che per l'appunto sono rilevanti rispetto alle finalità assegnate dal DPCM 27.12.1988 alle singole componenti.

Le modalità mediante le quali definire i Temi di Quadro sono state fondate sul riconoscimento dell'esistenza di un legame causale tra le azioni di progetto connesse agli elementi progettuali esaminati e gli impatti potenziali da dette azioni derivanti, che sia rilevante rispetto alle finalità assegnate alla componente di volta in volta indagata.

Nel caso della componente Ecosistemi e fauna, le cui finalità sono fissate nell'individuare «gli effetti significativi determinati dall'opera sull'ecosistema e sulle formazioni ecosistemiche presenti al suo interno»², il nesso di causalità "Azioni di progetto – Fattori causali - Impatti potenziali" è ravvisabile per gli elementi progettuali "Aree a servizio della cantierizzazione", "Opere connesse di cantierizzazione a carattere temporaneo" ed "opere connesse di cantierizzazione a carattere definitivo", nonché per le "Attività costruttive" relative all'opera a mare (cfr. Tabella 6-2).

Tabella 6-2 Impatti potenziali derivanti dalle azioni di progetto

Azioni di progetto	Fattori causali	Impatti potenziali
Presenza aree di cantierizzazione -cantieri e piste di cantiere	Occupazione di suolo	Frammentazione unità ecosistemiche
Presenza Opere connesse di cantierizzazione - Slurrydotto, Pista Frese		Interferenza con aree ad elevata biodiversità
		Interruzione continuità ecologica
Realizzazione Opere connesse - Opera a mare	Intorbidimento acque	Sottrazione/alterazione di habitat faunistici
Presenza Opere connesse - Opera a mare	Modifica velocità corrente Modifica trasporto solido Sottrazione specchio acqueo	Alterazione di habitat faunistici

In buona sostanza, il presente capitolo è rivolto ad analizzare, stimare e valutare gli effetti significativi indotti sull'ecosistema dalle aree di cantierizzazione per la realizzazione delle infrastrutture autostradali (cantieri industriali, cantieri di imbocco, campi base e piste di cantierizzazione), dalla pista di montaggio frese e dall'opera a mare, quest'ultima intesa come manufatto fisico e come attività volte alla sua realizzazione.

² DPCM 27.12.1988 Allegato II

Per quanto attiene i parametri di valutazione degli impatti, questi sono costituiti da alcuni aspetti indicativi del livello di sensibilità dei vari sistemi interessati quali:

- diversità e complessità delle biocenosi;
- presenza di specie rare o minacciate;
- tipo di struttura e ruolo dei diversi organismi nella comunità biotica;
- stabilità delle biocenosi rispetto a fattori ambientali mutevoli e capacità di recupero degli ecosistemi a stress ambientali;
- sensibilità e fragilità delle biocenosi rispetto a fattori ambientali perturbanti;
- stato di criticità degli ecosistemi;
- valore ecologico e naturalità degli ecosistemi.

La *frammentazione delle unità ecosistemiche* è la separazione di habitat in aree più piccole ed isolate, fenomeno che incrementa la possibilità di estinzione locale. La presenza fisica delle opere di cantierizzazione può impedire il movimento di animali tra aree diverse; la diminuita mobilità di alcune specie può determinare l'inaccessibilità di alcune aree e l'eccessivo isolamento di altre. L'entità dell'impatto è da relazionare da una parte alle peculiarità del sistema coinvolto interessato dagli spostamenti faunistici, dall'altra alle caratteristiche dell'area di cantiere come estensione dell'area occupata.

Strettamente connessa a tale interferenza è la *relazione con aree ad elevata biodiversità*, in particolare con le aree protette che conservano delle comunità faunistiche di interesse; in linea generale gli ambienti più vasti e ben collegati sostengono più efficacemente la biodiversità rispetto a quelli frammentati e privi di collegamenti, pertanto è opportuno verificare che le opere di cantierizzazione non interferiscano con aree nucleo.

Altra tematica è quella dell'*interferenza con i corridoi ecologici*, che nello specifico possono essere rappresentati da sistemi fluviali o da sistemi di tipo boschivo, che assolvono un ruolo di connessione nel territorio. Rispetto ai corsi d'acqua l'interferenza connessa alle opere di cantierizzazione consiste nella possibilità che la sottrazione della vegetazione comporti un'interruzione della fascia ripariale; è opportuno prevedere degli interventi di mitigazione tali da garantire la continuità vegetazionale, assicurando il passaggio della fauna locale, al termine della fase di cantiere.

La connettività, ossia il grado di permeabilità che i diversi elementi del paesaggio presentano ai movimenti degli animali fra i diversi frammenti ambientali, è un fattore estremamente importante per il mantenimento delle popolazioni selvatiche, in quanto popolazioni piccole non hanno la capacità di sopravvivere in frammenti isolati.

La *sottrazione e alterazione degli habitat faunistici* è un'interferenza di tipo puntuale che avviene a causa dell'ingombro fisico delle aree di cantiere. Dal punto di vista dei popolamenti animali, per valutare l'entità di tale interferenza, si dovrà tenere conto della presenza di habitat utilizzati come aree di sosta o tappe durante gli spostamenti da parte delle specie sensibili e della presenza di specie faunistiche di pregio. Inoltre, parte degli habitat sottratti sarà interessata dall'ingombro fisico del tracciato stradale e costituirà un'interferenza permanente in fase di esercizio, mentre parte verrà ripristinata al termine delle lavorazioni costituendo una sottrazione reversibile.

Per quanto riguarda il potenziale impatto dovuto al disturbo di tipo acustico connesso alle attività di cantiere, dal momento che la maggior parte delle aree di cantierizzazione si sviluppa in corrispondenza di infrastrutture viarie esistenti e che le attività hanno carattere temporaneo, si ritiene che l'incremento del disturbo rispetto alle popolazioni faunistiche gravitanti nell'intorno di tali aree non sia significativo.

Infine si evidenzia che, sebbene le aree di cantierizzazione presentino caratteristiche e funzioni diverse, ai fini della presente trattazione si è ritenuto opportuno assimilarle in una categoria unitaria, in quanto il fattore principale ritenuto potenzialmente causa di impatto è stato individuato nell'occupazione di suolo.

6.1.2 La metodologia

Viene di seguito esposta una descrizione sintetica del presente capitolo in merito alle finalità perseguite, alle scelte metodologiche assunte, alle fasi di lavoro, alla struttura espositiva adottata ed alle principali fonti conoscitive consultate.

Dal momento che la lettura ecosistemica presuppone l'individuazione delle macrounità ambientali omogenee e il riconoscimento degli elementi di connessione ecologica ad ampia scala, si è reso necessario lo studio di un'area cosiddetta vasta, ossia una porzione territoriale sufficientemente estesa entro cui valutare le potenziali relazioni tra l'opera e i sistemi ambientali presenti.

Considerando l'ecosistema come un sistema complesso in cui le componenti biotiche e abiotiche interagiscono tra loro attivando flussi di energia che determinano la struttura trofica, si è scelto di analizzare la componente faunistica in relazione al sistema ambientale di appartenenza, considerando i popolamenti non tanto dal punto di vista tassonomico, quanto ecologico.

Particolare attenzione è stata rivolta all'individuazione di habitat di interesse naturalistico, che ospitano specie di pregio floristiche o faunistiche allo scopo di evidenziare la presenza di ambiti territoriali sensibili, rispetto alla conservazione delle risorse biologiche.

Nell'ambito della caratterizzazione dell'assetto ecosistemico, sono stati riconosciuti gli elementi appartenenti alla Rete Ecologica regionale, ossia le aree dedicate alla conservazione della natura e le fasce territoriali di connessione tra i diversi ambiti.

Dal punto di vista metodologico le fasi in cui è stato articolato lo studio possono essere riassunte nei punti seguenti:

- ricerca bibliografica volta all'acquisizione della cartografia e della documentazione specialistica relativa alla Biodiversità (Servizio Cartografico regionale);
- studio di area vasta compiuto mediante la consultazione e l'interpretazione di foto aeree, finalizzato alla definizione delle principali unità ecosistemiche;
- caratterizzazione dei popolamenti faunistici connessi ai diversi sistemi ambientali;
- riconoscimento delle aree e degli elementi di connessione territoriale appartenenti alla rete ecologica regionale;
- analisi delle interferenze in rapporto alla fase di cantierizzazione.

Viene di seguito esaminata la struttura espositiva e i contenuti del capitolo per anticipare quelle che sono le tematiche salienti dello studio.

Come per la componente Vegetazione e Flora, dal momento che le problematiche relative alla componente in esame hanno una maggiore rilevanza per l'opera intesa come cantierizzazione, si è scelto di trattare la caratterizzazione dell'assetto ecosistemico relativo allo stato ante operam in modo approfondito nel presente SIA del Progetto Cantierizzazione e di riportare una sintetica esposizione nel SIA del Progetto Infrastrutturale.

Il capitolo in esame è articolato come segue:

E. Quadro conoscitivo di area vasta

- Caratterizzazione delle unità ecosistemiche relativa a un'area vasta, compiuta a partire dalla conoscenza delle destinazioni principali dei suoli e della distribuzione delle fisionomie vegetali. I popolamenti faunistici sono delineati in funzione delle esigenze ecologiche e descritti in base all'appartenenza ai diversi sistemi ambientali. Va considerato che alcuni gruppi, in particolare i Rettili, e in minor misura gli Anfibi (legati alle zone umide per la riproduzione) non sono strettamente legati a precisi biotopi, ma frequentano un'ampia gamma di tipologie ambientali, dimostrando una bassa vulnerabilità dal punto di vista ecologico; pertanto in alcuni casi verranno associati ad habitat con le condizioni microclimatiche che prediligono, anche se l'ampia versatilità li spinge a frequentare habitat diversificati ed ecotonali.
- Individuazione degli elementi di pregio naturalistico, ossia delle specie vegetali e animali rilevanti perché incluse nelle direttive comunitarie di riferimento (Direttiva Habitat e Direttiva Uccelli), o endemiche, o di interesse regionale ecc (Fonte Servizio Cartografico Regionale – Biodiversità: Specie ed altri elementi rilevanti);
- Redazione della *Carta delle unità ecosistemiche e degli elementi di pregio naturalistico* in scala 1:10.000 (cfr. MAM-C-QAMB-ECO-001);
- Riconoscimento delle aree ad elevata biodiversità e degli elementi di connessione territoriali (Fonte Servizio Cartografico Regionale – Biodiversità: Rete Ecologica);
- Redazione della *Carta della rete ecologica e delle presenze faunistiche* in scala 1:10.000 (cfr. MAM-C-QAMB-ECO-002).

I suddetti elaborati grafici non comprendono l'ambito del Torrente Polcevera in cui sono previste le opere connesse alla cantierizzazione, dal momento che è stata riconosciuta una sostanziale uniformità dell'assetto eco sistemico.

Le fonti cartografiche e la documentazione esaminati per la redazione dello studio possono essere riassunte come segue:

- Regione Liguria - Carta Forestale (2002);
- Regione Liguria – Carta Bionaturalistica (2003);
- Servizio Cartografico Regionale – Biodiversità:
 - Habitat Rete Natura 200;
 - Rete ecologica;
 - Specie e altri elementi rilevanti.
- Comune di Genova – Carta della vegetazione scala 1:5.000;
- Pignatti Sandro – Flora d'Italia. Edagricole, Bologna (1982);
- Biodiversità in Liguria – La Rete Natura 2000 (2002);
- Atlante degli Habitat Natura 2000 in Liguria;
- Guida alla conoscenza delle specie liguri della Rete Natura 2000;

- Regione Liguria – Il sistema del verde (2006).

F. Analisi delle interferenze

L'analisi delle interferenze viene compiuta a partire dagli ambiti interessati dai tratti allo scoperto che implicano la predisposizione delle aree di cantiere corrispondenti a quelli già trattati nella componente Vegetazione e Flora, che nello specifico sono:

- **Vesima**
- **Voltri**
- **Varenna**
- **Coronata**
- **Bolzaneto**
- **Torbella**
- **Genova Est**
- **Genova Ovest**
- **Ambito Polcevera (opere connesse di cantierizzazione)**

Partendo da tali ambiti, lo studio si propone di individuare le potenziali interazioni del Progetto di cantierizzazione con l'assetto ecosistemico e i popolamenti faunistici presenti e con gli elementi di connessione ecologica.

G. Sintesi del rapporto opera ambiente

Sintesi delle interferenze indotte durante la fase di cantiere, finalizzato ad individuare gli obiettivi delle mitigazioni.

6.2 IL QUADRO CONOSCITIVO DI AREA VASTA

6.2.1 Ambiente terrestre

6.2.1.1 Premessa

L'ecosistema è un sistema complesso e uniforme in cui gli organismi viventi si distribuiscono in funzione delle caratteristiche climatiche e geomorfologiche del territorio, attivando con l'ambiente fisico flussi di energia tali da garantire il persistere degli equilibri interni. Tali flussi insieme agli scambi di materia determinano la struttura trofica ed i meccanismi di ciclizzazione degli elementi chimici all'interno del sistema stesso.

Tra i vari tipi di ecosistemi, quello forestale raggiunge i maggiori livelli di biomassa. Esso è caratterizzato da una elevata stabilità e resistenza nei confronti delle variazioni dell'ambiente fisico, grazie ad una propria complessità funzionale che consente l'instaurarsi di particolari meccanismi di autoregolazione (feedback).

Altri ecosistemi, maggiormente semplificati dal punto di vista strutturale, che raggiungono più bassi valori di biomassa (praterie, comunità ad arbusti), possono presentare, invece, grazie alla presenza al loro interno di specie pioniere ad alta capacità riproduttiva e di diffusione nello spazio, più elevati valori di resilienza, cioè una maggiore capacità di recupero a seguito di perturbazioni esterne.

La componente vegetale delle biocenosi risulta, in genere, a livello di biomassa, dominante nel sistema e può essere pertanto rappresentativa del suo funzionamento.

L'analisi delle fitocenosi consente, infatti, di trarre informazioni anche relativamente ad altri parametri ed elementi che governano e costituiscono l'ecosistema e con cui le comunità vegetali sono strettamente interrelate a livello funzionale, come ad esempio le condizioni micro e macroclimatiche, il livello di evoluzione dei suoli o il grado di complessità della componente zoocenotica.

In particolare una serie di parametri relativi alla componente vegetale (complessità strutturale della comunità, distribuzione nel territorio, coerenza floristica, naturalità, ecc.) possono essere considerati indicativi del grado evolutivo, del livello di biodiversità e della stabilità dell'intero ecosistema.

6.2.1.2 Caratterizzazione delle unità ecosistemiche e dei popolamenti faunistici

Nell'area esaminata nel presente studio, l'analisi della distribuzione e della biomassa delle diverse componenti biotiche ha portato all'individuazione dei seguenti ecosistemi:

- Sistema dei boschi di latifoglie
- Sistema dei boschi di conifere
- Sistema dei prati e degli arbusteti
- Sistema delle zone umide
- Sistema antropico
- Sistema agricolo

Ciascuno di essi è contraddistinto da popolamenti faunistici, più o meno caratteristici di uno specifico sistema; la morfologia del territorio e gli usi a cui, nel tempo, è stato sottoposto determinano una mosaicatura di unità ecosistemiche piuttosto articolata, che, unita alla propensione della fauna a spostarsi sul territorio in base alle esigenze trofiche, possono determinare localmente una distribuzione faunistica piuttosto flessibile.

I sistemi boschivo - forestali sono presenti sui versanti della regione ligure in modo massivo, occupando una superficie pari a circa il 65% dell'intero territorio, pur presentando aspetti non ottimali dal punto di vista naturalistico.

In termini ecologici il bosco è un ecosistema costituito da un insieme di organismi viventi, di fattori fisici e delle relazioni esistenti fra di essi.

Si tratta di boschi storicamente antropizzati nei quali la pressione culturale è andata diminuendo negli ultimi decenni provocando un processo generale di degrado.

La caratterizzazione delle unità ambientali e dei popolamenti faunistici ad esse associati sono espone nei paragrafi seguenti.

6.1.1.1.1 Sistema dei boschi di latifoglie

Il Sistema dei Boschi di latifoglie è largamente diffuso nelle aree di versante e include le formazioni arboree diversificate nella componente floristica e strutturale, ossia i boschi di roverella, di castagno e di carpino nero e orniello, nonché le formazioni a leccio, accomunati dal tipo di governo a ceduo. Il sistema si presenta continuo, ma la frammentazione origina un mosaico di tipo ecotonale che tende ad elevare la diversità biologica locale.

Il sistema si presenta piuttosto ricco di specie in relazione alla varietà della componente floristica ed alla diversificazione dei valori di copertura dello strato arboreo ed arbustivo.

Tali boschi, sebbene abbiano una composizione floristica tipica dell'orizzonte vegetazionale a cui appartengono, non hanno un grado di maturità alto, in quanto sono sottoposti a pratiche selvicolturali che ne impediscono il processo evolutivo naturale.

In relazione alla varietà della componente floristica ed alla diversificazione dei valori di copertura dello strato arboreo ed arbustivo il popolamento faunistico si presenta relativamente ricco ed in grado di ospitare soprattutto interessanti comunità ornitiche, in particolare di Rapaci.

La mammalofauna è caratterizzata da specie tipiche delle aree boscate, tra cui si può segnalare il capriolo (*Capreolus capreolus*), in graduale espansione nel territorio provinciale da occidente verso oriente, con un limite orientale rappresentato dal tracciato dell'autostrada A7 e dalle valli del Polcevera e dello Scrivia, fortemente antropizzate. Specie, tipica dell'orizzonte delle querce caducifoglie, fino al limite superiore del castagno, trova le condizioni ottimali di sviluppo nei boschi attigui a radure erbose o a coltivi collinari; il bosco ceduo favorisce l'insediamento del capriolo che, per esigenze alimentari, necessita di un ricco strato cespugliare. La sua presenza riveste una particolare importanza per il ripristino di quelle condizioni di naturalità che sono ormai perse in gran parte del paese.

Da segnalare nel comprensorio il cinghiale (*Sus scrofa*), presente in forma piuttosto consistente su tutto il territorio di studio. La specie, oltre che causare danni all'agricoltura, interferisce con la componente vegetazionale del territorio, poiché, cibandosi di ghiande influisce nell'evoluzione naturale del bosco, favorendo la pineta piuttosto che il querceto.

Tra i Carnivori, risultano presenti, tra i Mustelidi, la donnola (*Mustela nivalis*), la faina (*Martes foina*), la martora (*Martes martes*) e il tasso (*Meles meles*), tutte specie tipiche degli ambienti boschivi. Tra i Canidi, è presente la volpe *Vulpes vulpes*, praticamente ubiquitaria.

Per quanto concerne la componente ornitica, il popolamento si differenzia in funzione delle caratteristiche degli habitat ed in particolare in relazione alla presenza di resinose e latifoglie, ma anche in base alle differenti tipologie strutturali delle formazioni boschive, alla presenza di radure, di aree ecotonali nonché di alberi di grandi dimensioni, che nell'area sono alquanto sporadici, a causa della prevalenza dei boschi cedui.

Tra le specie più interessanti e rappresentative degli habitat boschivi si rilevano rapaci diurni come lo Sparviere (*Accipiter nisus*) e notturni come l'Assiolo (*Otus scops*), legato al bosco mediterraneo ed ai boschi misti di latifoglie dell'entroterra. Numerose sono le specie di Passeriformi come la Ghiandaia (*Garrulus glandarius*), che frequenta sia boschi di latifoglie (querceti, castagneti) sia, in particolare durante l'attività riproduttiva, le formazioni miste e di conifere e diverse cince (cincia bigia, cinciarella cinciiallegra, cincia mora, cincia dal ciuffo). Tipici di questo ambiente sono anche i picidi Picchio rosso maggiore (*Picoides major*) ed il Picchio verde (*Picus viridis*).

Per quanto concerne la Fauna minore, si segnalano alcune specie anfibie che frequentano i boschi di latifoglie e zone limitrofe (praterie), come la rana agile (*Rana dalmatina*), specie poco legata all'acqua, [inclusa nell'allegato IV della Direttiva Habitat e protetta dalla LR.4/92], e la rana temporaria (*Rana temporaria*), la salamandra pezzata (*Salamandra salamandra*), specie rinvenibile in ambienti del suolo (lettiera, tane di micromammiferi, tronchi, ceppi di alberi, ecc.) e del sottobosco; tra i rettili si segnalano l'orbettino (*Anguis*

fragilis), specie presente nel sottobosco dei querceti, orno ostrieti e castagneti, nei prati, nelle radure e nelle aree rurali. Specie molto versatili rispetto alle esigenze ambientali sono biacco (*Coluber viridiflavus*), saettone (*Elaphne longissima*), entrambe inserite nell'allegato IV della Direttiva Habitat e protetta dalla LR.4/92, vipera comune (*Vipera aspis*), rinvenibili presso i margini dei boschi, boscaglie, radure, prati cespugliati, ma anche nei coltivi ed in alcuni casi in aree antropizzate.

6.1.1.1.2 Sistema dei boschi di conifere

Il Sistema dei boschi di conifere, che trae origine da interventi di rimboschimento compiuti in epoche passate, presenta una discreta diffusione nell'area indagata. Si tratta di pinete con evidenti aspetti di vulnerabilità, minacciate dagli incendi e dagli attacchi da parte di parassiti quali la processionaria del pino e la cocciniglia (*Matsucoccus feytaudi*).

La copertura arborea di queste formazioni a netta prevalenza di pinastro (*Pinus pinaster*) è generalmente rada, così che la forte luminosità favorisce l'insediamento di specie arbustive quali *Euphorbia spinosa subsp. ligustica*, *Calluna vulgaris*, *Erica arborea*, *Rhamnus alaternus*, *Cistus salvifolius*, *Genista pilosa*; *Cytisus scoparius*, tipiche degli stadi successionali del bosco mediterraneo.

Nonostante il sistema si presenti alquanto semplificato e denoti aspetti di degrado si rileva che, nel complesso, contribuisce ad elevare la biodiversità dell'area, ospitando dei popolamenti simili a quelli presenti nei boschi di latifoglie. Si rilevano specie avifaunistiche, in particolare Passeriformi, tipiche di tali ambienti come Fiorrancino (*Regulus ignicapillus*), Codibugnolo (*Aegithalos caudatus*), Cincia dal ciuffo (*Parus cristatus*), Cincia mora (*Parus ater*), Rampichino (*Certhia brachidactyla*), Ciuffolotto (*Pyrrhula pyrrhula*).

6.1.1.1.3 Sistema dei prati e degli arbusteti

Il Sistema dei prati e degli arbusteti è costituito dalle formazioni erbacee di origine secondaria, formatesi a seguito del pascolo su superfici disboscate, spesso invase da arbusti, che rappresentano stadi di ricolonizzazione della vegetazione boschiva.

Le aree a pascolo in passato, quando la pastorizia e l'allevamento del bestiame erano pratiche molto diffuse, si estendevano su superfici molto più vaste delle attuali; oggi sono assai limitate a causa del fenomeno dello spopolamento dell'entroterra e quindi dell'abbandono delle coltivazioni, frutto di remoti disboscamenti, e sono coinvolte nella dinamica naturale di espansione del bosco che tende ad utilizzare ogni superficie non più gestita e utilizzata con una progressiva invasione da parte di specie arbustive.

A causa della sua progressiva rarefazione il sistema assume notevole importanza dal punto di vista conservazionistico. Esso ospita infatti specie floristiche rare (*Pulmonaria angustifolia*), endemiche (*Polygala nicaensis*) o di interesse fitogeografico (*Romulea bulbocodium*) oltre a significative popolazioni di orchidee.

L'ecosistema prativo rappresenta inoltre un habitat per molte specie animali ed in particolare per i rettili legati ad ambienti praticoli, rupicoli o comunque xerici e per specie ornitiche, che necessitano di ampi spazi aperti per la caccia e che sono al vertice delle catene trofiche come l'Aquila (*Aquila chrysaetos*), che nidifica sui rilievi adiacenti l'area di

studio, ed il Biancone *Circaetus gallicus* (che in migrazione attraversa il territorio). Entrambe le specie sono incluse nell'allegato I della Direttiva Uccelli 79/409/CEE.

L'habitat delle formazioni erbacee e degli arbusteti si sviluppa spesso in contiguità con le aree boscate e quelle coltivate, collocandosi in un ambito di territorio caratterizzato da un buon livello di eterogeneità ambientale. Nell'habitat sono riconoscibili diversificazioni strutturali e tipologiche che vanno dalle formazioni aperte a quelle con differenti gradi di copertura arbustiva e con presenza di elementi arborei sparsi. In questo ambiente sono state comprese anche le aree a copertura vegetale rada come i ghiaioni e gli ambienti aperti aridi e sassosi e le zone incolte.

A tali caratteristiche ecologiche-ambientali fa riscontro un popolamento ornitico vario e diversificato, rappresentato da numerose specie di Passeriformi.

Tra le specie tipicamente legate alle praterie aperte si ricordano la Quaglia (*Coturnix coturnix*), l'Allodola (*Alauda arbensis*), distribuita piuttosto omogeneamente nelle praterie di crinale, mantenute tali dal pascolo o dai ripetuti incendi, ed il Culbianco (*Oenanthe oenanthe*), che frequenta ambienti aperti aridi e sassosi a bassa copertura erbacea.

Altre specie frequentano preferenzialmente zone di prateria con presenza di arbusteti più o meno chiusi come lo Zigolo muciatto, presente in ambienti aridi e assolati con una bassa e rada copertura cespugliosa, la Sterpazzola (*Sylvia communis*), che occupa i luoghi incolti ed i cespugliati con alberi sparsi, e il Torcicollo (*Jynx torquilla*), rinvenibile in ambienti aperti con alberi.

Tipiche di aree pietrose e ruderali sono inoltre specie quali il Codirossone (*Monticola saxatilis*) ed il Passero solitario (*Monticola solitarius*).

Infine alcuni piccoli Passeriformi colonizzano i prati e gli arbusteti, nonché i margini boschivi come l'Averla piccola (*Lanius collurio*), inclusa tra le specie dell'allegato I Direttiva 79/409/CEE, il Fanello (*Carduelis cannabina*), il Succiacapre (*Caprimulgus europaeus*) e lo Zigolo nero (*Emberiza cirrus*).

Per quanto riguarda i Mammiferi, tra gli Insettivori si ricordano il Riccio (*Erinaceus europaeus*), pressoché ubiquitario, e la Talpa (*Talpa europea*), che colonizza gli habitat prativi sia alle quote collinari che a quelle di pianura.

Infine, tra i Lagomorfi, si rileva la presenza della Lepre (*Lepus europaeus*), relativamente frequente e diffusa in zone prative ed ai margini dei boschi e degli arbusteti.

Per quanto riguarda la fauna minore, molte delle specie già segnalate per l'ecosistema boschivo possono essere considerate frequentatrici dell'ambiente prativo, e in particolare delle aree ecotonali come i margini dei boschi, i mantelli ecc.

6.1.1.1.4 Sistema delle zone umide

Il Sistema delle zone umide include i corsi d'acqua principali, che presentano un alveo di dimensioni significative e una vegetazione igrofila in corrispondenza delle sponde. Gli altri corsi d'acqua a carattere torrentizio sono stati inclusi all'interno dei vari sistemi ambientali che attraversano, in quanto la limitata larghezza dell'alveo e della fascia riparia, spesso pressoché inesistente, non consente il costituirsi di un ecosistema a se stante, ma, al contrario, diverse caratteristiche del corso d'acqua sono fortemente influenzate dalle dinamiche presenti all'interno del sistema ambientale attraversato.

Tali corsi d'acqua minori assumono comunque un importante ruolo ecologico in quanto tendono ad elevare la sensibilità ambientale degli ecosistemi attraversati dando luogo ad

habitat anche poco estesi arealmente, ma che risultano spesso ricchi di specie florofaunistiche in grado di sopravvivere solo se rimangono inalterate le condizioni chimico-fisiche e biologiche delle acque stesse.

Per quanto riguarda i corpi idrici inclusi nel sistema delle zone umide (T. Varenna, T. Polcevera) si rileva che essi versano in un generale stato di degrado sia in relazione allo stato chimico-fisico sia per la qualità biologica delle acque che rientra nelle classi di qualità III (ambiente inquinato), IV (ambiente nettamente inquinato) e V (ambiente fortemente inquinato).

Si rileva inoltre che nella maggior parte dei casi i corpi idrici risultano dotati di arginature artificiali oppure manomessi ed alterati nella fascia riparia e pressochè privi di vegetazione igrofila, che, qualora presente, è spesso costituita da specie infestanti ed alloctone. Le aste fluviali si collocano infatti all'interno dei principali sistemi vallivi in cui spesso prevale il sistema antropico (tessuto edificato residenziale ed industriale) o quello agricolo (seminativi), che condizionano e limitano il naturale espandersi della vegetazione legata al fiume.

Tale situazione si registra in molte situazioni in Liguria, dove gli ecosistemi ripariali sono ormai molto ridotti e banalizzati ed i loro cambiamenti hanno influenzato i popolamenti biologici direttamente o indirettamente.

L'inconsistenza della fascia riparia e la mancanza dell'elemento di continuità della copertura vegetale associata ai corsi d'acqua limita decisamente le potenzialità del sistema delle zone umide quale elemento di connessione tra la fascia costiera ed i rilievi boscati dell'entroterra. Il carattere torrentizio e le dimensioni ridotte dell'alveo spesso contornato da ripidi versanti, infatti, consentono lo sviluppo di una vera e propria boscaglia ripariale e in molti casi le formazioni arboree ed arbustive di versante vengono a diretto contatto con il corso d'acqua.

Nonostante gli aspetti di degrado e l'evidente semplificazione del sistema, si rileva comunque che l'area di foce (in particolare la foce di Polcevera, Chiaravagna e Varenna), ma anche le aste interne dei corsi d'acqua di maggiore dimensione e l'intera fascia costiera, rivestono interesse sia per la fauna migratoria che stanziale.

La posizione geografica del territorio ligure assume un significato peculiare per gli uccelli di passo, poiché molte specie raggiungono la fascia costiera ligure in condizioni di estremo stress fisiologico, dopo un volo ininterrotto attraverso il Mediterraneo e necessitano di siti idonei per la sosta, che sono andati diminuendo con l'espansione edilizia costiera.

Secondo i dati riportati dalla Provincia di Genova (AA.VV., 2002 "Il flusso degli uccelli migratori in Liguria") in sintesi il flusso migratorio nell'ambito del territorio provinciale viene ripartito in due parti:

- Riviera di Levante, con flusso lungo la fascia costiera da ovest ad est e nell'entroterra da sud-ovest a nord est in cui con venti forti da nord è privilegiata la fascia costiera e con venti deboli l'entroterra
- Riviera di Ponente, con flusso lungo la fascia costiera da est ad ovest e nell'entroterra da sud a nord; l'intensità del vento influenza il flusso come nella riviera di Levante.

In particolare lungo il Varenna è segnalato il Martin pescatore (*Alcedo atthis*), specie inclusa nell'All.I della Direttiva Uccelli, che in Liguria tende a nidificare presso i corsi

d'acqua principali, mentre nella zona della foce, presso Multedo, sono presenti popolazioni di specie svernanti, che frequentano anche la fascia costiera, come strolaghe (*Gavia arctica*, *Gavia stellata*), allegato I della Direttiva Uccelli 79/409/CEE, marangoni (*Phalacrocorax aristotelis desmavendi*) e cormorani (*Phalacrocorax carbo sinensis*).

Tra le specie legate all'ecosistema ripariale, anche se non in modo strettamente vincolante, vanno citati lo Scricciolo (*Troglodytes troglodytes*), che è frequente tra la vegetazione bordante le acque fluviali, ma, essendo specie ad ampia valenza ecologica è comune anche in ambienti boscati, il Canapino (*Hippolais polyglotta*), che colonizza le boscaglie di greto, ma anche una discreta varietà di habitat con bassa vegetazione arbustiva e cespugliosa ed il Lui' piccolo (*Phylloscopus collybita*), che frequenta boschi di ogni tipo compresi quelli igrofilo e ripariali.

Specie tipiche degli habitat umidi sono l'Usignolo di Fiume (*Cettia cetti*), che necessita di una folta copertura vegetale di cespugli, erbe, rovi contornante acque dolci, il Merlo acquaiolo (*Cinclus cinclus*), presente lungo i torrenti che presentano un fondo accidentato con pietre e massi, acque correnti, rive o scarpate scoscese, ed il Martin pescatore (*Alcedo atthis*) specie inclusa nell'all. II della Direttiva 409/79/CEE, segnalato lungo i rii della valle Varenna, sul Branega e presso le foci dei torrenti che sboccano in mare. Infine, tra le specie legate al greto, lungo il basso corso dei fiumi si ricorda il Corriere piccolo (*Charadrius dubius*).

Per quanto riguarda l'Erpetofauna, premesso che le specie appartenenti al gruppo degli anfibi sono molto legate alla presenza d'acqua necessariamente per il periodo riproduttivo, sono particolarmente legati all'ecosistema delle zone umide il tritone alpestre (*Triturus alpestris*), rane verdi (*Rana esculenta complex*, *R. lessone*), rinvenibili anche nel sottobosco delle foreste di latifoglie, in prati e coltivi. Si segnala inoltre la Salamandrina dagli occhiali (*Salamandrina terdigitata*), specie di interesse biogeografico, endemica della penisola italiana, che raggiunge in Liguria il limite settentrionale dell'areale di distribuzione; l'habitat preferenziale è rappresentato da torrenti ad acque limpide correnti con fondo ciottoloso ed in buono stato di conservazione.

Tra i Rettili si segnalano la luscengola (*Chalcides chalcides*), specie legata a zone umide con vegetazione erbacea bassa ma fitta, campi in vicinanza di ruscelli, la biscia dal collare (*Natrix natrix*), specie rinvenibile nell'ambito di zone umide di ogni tipo, ma anche in vari altri ambienti compresi quelli xerici, la Biscia Viperina (*Natrix maura*), frequentatrice di ambienti lenticoli, anche temporanei, e corsi d'acqua.

Per quanto concerne l'Ittiofauna, come evidenziato nella Carta ittica della Provincia di Genova (1995), non sono presenti popolamenti propriamente autoctoni e le comunità ittiche sono generalmente composte dalle seguenti sette specie: trota fario (*Salmo trutta*), trota iridea (*Oncorhynchus mykiss*), vairone (*Leuciscus souffia*), cavedano (*Leuciscus cephalus*), barbo, barbo canino (*Barbus meridionalis*) e anguilla (*Anguilla anguilla*).

Per quanto riguarda l'insediamento delle comunità trocicole rispetto a quelle ciprinicole, sempre a carattere reofilo, si evidenzia che nei bacini tirrenici, i cui torrenti sono tipicamente ripidi e stretti, già a quote di 100/150 m sono presenti popolazioni trocicole associate a quelle ciprinicole, che diventano invece esclusive al di sopra dei 300-350 m. Esiste infatti un rapporto diretto tra la pendenza e l'ampiezza dell'alveo dell'asta considerata e la sua appartenenza ad un zona ittica. Il fattore termico sembra invece rivestire minore importanza nella distribuzione longitudinale dei diversi tipi di comunità ittiche, rimanendo comunque sempre entro i limiti di compatibilità biologica (in condizioni di

saturatione di ossigeno per la trota fario la soglia di tolleranza si colloca tra i 22 e i 24 °C). E' stato infatti notato che nei versanti tirrenici, rispetto a quelli padani, le trote si spingono a quote assai minori.

Per quanto concerne il popolamento ittico dei principali bacini idrografici presenti nel territorio si rileva quanto segue. Il bacino del Polcevera si presenta altamente degradato, in quanto la qualità delle acque è scadente in gran parte del reticolo idrografico e le sponde risultano in più parti rimaneggiate; in particolare a partire da Pontedecimo, andando verso valle, il corso d'acqua scorre in un ampio alveo dal percorso quasi rettilineo, limitato da alte sponde artificiali.

Nel tratto di Polcevera compreso tra Ponte Decimo e Bolzaneto, è presente invece, a dispetto dello scadente livello qualitativo delle acque, un popolamento ciprinicolo abbondante, costituito in prevalenza da Cavedani e Barbi, anche di taglia notevole, che però appaiono colpiti in elevata percentuale da patologie batteriche.

Il bacino del Bisagno, analogamente a quello del Polcevera, versa in condizioni di severo degrado; a valle dell'immissione del Rio Torbido non sussiste il minimo interesse ittiofaunistico.

Per quanto riguarda infine il bacino del Varenna si rileva che a Monte di Carpenara è presente un habitat trocicolo molto interessante e giudicato meritevole di salvaguardia. Particolarmente i tributari Gandolfi e Grillo, localizzati a monte dell'area di studio, ospitano pregevoli comunità ittiche. Da Carpenara il torrente va incontro ad un peggioramento progressivo della qualità idrica, tuttavia una significativa presenza di Cavedani si osserva fino al mare.

Di seguito viene riportato un elenco commentato delle specie presenti nei bacini sopra citati in cui vengono evidenziate le abitudini comportamentali e gli aspetti ecologici di ciascuna specie.

Fam. Ciprinidi

Cavedano (*Leuciscus cephalus*), specie presente prevalentemente in acque correnti e limpide, eurifaga e con buona adattabilità per quanto riguarda l'habitat. E' una specie piuttosto resistente all'inquinamento e le popolazioni sembrano attualmente in fase di espansione demografica, probabilmente favorite da un deterioramento generale della qualità delle acque dei fiumi italiani e dalla manomissione diffusa degli alvei.

Barbo comune (*Barbus plebejus*), specie bentonica che predilige i corsi d'acqua di fondovalle o dell'alta pianura, con acque correnti limpide e fresche a fondo ghiaioso, sassoso o sabbioso, preferibilmente con portate idriche medio alte.

Barbo canino (*Barbus meridionalis*), specie che predilige le acque correnti e fresche e che si spinge a monte nella zona delle trote con più facilità rispetto al Barbo comune. In linea generale è una specie in fase di contrazione demografica e spesso non adeguatamente protetta. Ha l'areale di distribuzione nell'Europa Meridionale; in Italia la sua distribuzione è poco conosciuta ma è segnalato in quasi tutta la zona centro-settentrionale.

Vairone (*Leuciscus souffia*), specie prevalentemente bentonica, eurifaga, ma sensibile più del Cavedano al degrado della qualità delle acque. Ama le acque limpide, ricche di ossigeno e dotate di una discreta velocità di corrente; è di abitudini gregarie e forma spesso branchi di numerosi individui. Colonizza principalmente il medio corso dei fiumi

sovrapponendosi in parte alla zona terminale di distribuzione dei salmonidi. In Italia, negli ultimi decenni la specie ha subito una forte contrazione dell'areale di distribuzione principalmente a causa della manomissione idraulica del degrado dei corsi d'acqua pedemontani che rappresentano il suo habitat ideale.

Fam. Anguillidi

Anguilla (*Anguilla anguilla*), specie migratrice catadroma che trascorre gran parte della sua vita in acque dolci abbandonandole solo per riprodursi portandosi verso il mare.

Fam. Salmonidi

Trota fario (*Salmo trutta*), specie a dieta carnivora (soprattutto macroinvertebrati, ma anche piccoli vertebrati). Diffusa anche in ambienti sub-ottimali ad opera dei ripopolamenti, ha invece specifiche esigenze ecologiche (temperature non superiori a 15-17 °C, acque ossigenate e limpide, fondi con massi e ciottoli). Anche questa specie è sensibile al degrado degli habitat fluviali (inquinamento, captazione di acque, escavazioni, costruzione di briglie). La specie è ampiamente diffusa nel T. Varenna.

Trota iridea (*Oncorhynchus mykiss*), specie a dieta carnivora ma con una più ampia base alimentare rispetto alla specie precedente. E' legata alle acque correnti fresche e ben ossigenate, ma rispetto alla trota fario più tollerante per quanto riguarda la temperatura e la qualità dell'ambiente.

6.1.1.1.5 Sistema agricolo

L'Ecosistema agricolo è relativamente diffuso nell'area di studio, in particolare in corrispondenza delle fasce piane di fondovalle e delle pendici delle colline retrostanti, situate prevalentemente lungo gli assi di fruizione del territorio ligure e spesso in adiacenza e a corona degli insediamenti urbani.

Si tratta di un agroecosistema articolato in cui le zone coltivate si affiancano a fasce boschive e cespugliate, a praterie o ad agglomerati edificati, assumendo nel complesso una fisionomia a mosaico.

La morfologia del territorio ligure si adatta con difficoltà ad un uso agricolo determinando sia il valore modesto relativo a tale attività, sia le imponenti trasformazioni dei versanti in terrazzi attuate nel tempo, che caratterizzano buona parte del territorio costiero.

Le pratiche colturali adottate sono ancora in gran parte quelle legate ad un'agricoltura di tipo estensivo o a carattere familiare. Ciò ha determinato in molti casi la conservazione di importanti microtipologie ambientali e microhabitat quali ad esempio siepi, cespuglieti, piccole aree boscate che determinano un incremento della biodiversità locale. La presenza di canalette, scoline e piccole pozze costituisce un habitat per diversi elementi floro-faunistici.

In generale si osserva una tendenza generale all'abbandono delle pratiche agricole e ad una progressiva invasione, all'interno delle aree coltivate e dei prati da sfalcio, di cenosi erbacee ed arbustive, anche di scarso pregio ambientale (formazioni a dominanza di *Pteridium aquilinum* o *Rubus*), che tendono a far evolvere il territorio verso un livello di minore eterogeneità.

Il sistema è composto da campi coltivati a seminativo (diffusi in prevalenza nelle aree di fondovalle), da prati falciabili dell'ordine degli Arrhenateretalia, da colture orticole e da colture di tipo legnoso (in prevalenza oliveti e vigneti).

L'alternanza delle aree coltivate, boschetti, alberi isolati o siepi conferisce al sistema agricolo una fisionomia a mosaico, che consente la frequentazione di un gran numero di specie, in particolare ornitiche. Tra le specie che colonizzano le aree coltivate si ricordano alcuni non Passeriformi come la Tortora (*Streptopelia turtur*), il Barbogianni (*Tyto alba*), la Civetta (*Athene noctua*) e il Fagiano (*Phasianus colchicus*), e alcuni piccoli Passeriformi come l'Allodola (*Alauda arvensis*) e la Rondine (*Hirundo rustica*); si segnalano inoltre Capinera (*Sylvia antcipilla*), Pettiroso (*Erithacus ruberula*), Allocco (*Strix aluco*), Cornacchia grigia (*Corvus corone cornix*) e Cardellino (*Carduelis carduelis*).

Tra i mammiferi di piccola taglia si segnala l'arvicola di savi (*Microtus savii*) che frequenta prati e coltivi, tra i Roditori, la donnola (*Mustela nivalis*).

Per quanto riguarda la fauna minore specie frequentatrici di ambienti più o meno antropizzati e di sistemi agricoli sono il rospo comune (*Bufo bufo*), specie terricola e ubiquitaria, ampiamente diffuso in tutto il territorio, che frequenta anche ambienti relativamente xerici, spostandosi in quelli umidi durante il periodo riproduttivo, e il rospo smeraldino (*Bufo viridis*), anfibio diffuso soprattutto lungo le zone golenali dei corsi d'acqua, ma che si trova anche in ambienti aridi ed antropizzati, prettamente terricolo, nel periodo riproduttivo frequenta habitat umidi, anche di piccole dimensioni o temporanei.

6.1.1.1.6 Sistema antropico

L'Ecosistema antropico è il risultato di un processo di urbanizzazione concentrato nelle aree costiere che ha determinato enormi alterazioni dell'equilibrio biocenotico, in quanto ha frammentato le aree a vegetazione naturale e seminaturale ed eliminato quelle residue. Nell'ecosistema, caratterizzato da tessuti edificati consolidati, la componente vegetazionale risulta nel complesso scarsamente rappresentata e, se presente, è rappresentata da specie esotiche e ornamentali, di tipo arboreo-arbustivo ed erbaceo, di scarso valore botanico.

La componente faunistica è per lo più rappresentata da specie ad ampia diffusione ed adattate a vivere a diretto contatto con l'uomo, euriecie, ubiquiste e sinantropiche, che approfittano degli spazi lasciati liberi e della situazione di disponibilità trofica artificiale.

Al contrario non vengono favorite le specie stenoecie, le quali, non riuscendo ad adattarsi alle nuove condizioni ambientali dominate dall'urbanizzazione, subiscono un decremento che può portare alla loro scomparsa.

Tra le specie ornitiche si citano Passera d'Italia, Balestruccio, Rondone, che sfruttano i manufatti umani quali habitat di rifugio e di riproduzione, e il verdone e Cardellino, legati alle alberature di parchi e giardini.

Tra i Muridi, sono presenti il ratto nero (*Rattus rattus*) ed il topolino delle case (*Mus musculus*), entrambe commensali dell'uomo, ed il ratto delle chiaviche (*Rattus norvegicus*), specie ubiquitaria.

6.2.1.3 Gli elementi di pregio floro – faunistici

Sulla base dei dati acquisiti presso il Servizio Cartografico Regionale, in particolare la Carta Bionaturalistica della Regione Liguria (luglio 2003) e gli aggiornamenti relativi alla Biodiversità ('Specie e altri elementi rilevanti'), è stato possibile rilevare la presenza delle specie floro-faunistiche di pregio naturalistico (specie endemiche, specie incluse nell'all. II

della Dir. Habitat, specie di interesse scientifico) nell'ambito dell'area vasta esaminata (cfr. MAM-C-QAMB-ECO-001).

In relazione alle particolari caratteristiche morfologiche, geologiche e climatiche dell'area di studio, il territorio in esame presenta numerosi elementi di pregio sia dal punto di vista floristico-vegetazionale, che faunistico.

La peculiare situazione morfologica del territorio in cui le catene montuose sorgono poco distanti dalla fascia costiera, unita alle caratteristiche litologiche (substrati ofiolitici), determina il costituirsi di una flora di notevole interesse e diversificata con presenza di diverse specie rare, endemiche, di interesse fitogeografico e geobotanico.

In particolare si rileva la presenza, a poca distanza dal mare ed a quote non elevate, di specie a gravitazione boreale, alcune delle quali sono al limite meridionale della distribuzione, accanto a specie mediterranee occidentali che raggiungono qui il loro limite orientale.

Tra le specie di maggiore interesse si ricordano *Campanula medium* (luoghi aridi, endemica delle Alpi Occidentali e dell'Appennino Centro-Settentrionale), *Centaurea aplolepa Moretti, subsp. ligustica* (aree pietrose esposte a meridione), specie endemica, *Romulea bulbocodium* (L.) (prati aridi, boscaglie note) al limite settentrionale di distribuzione in Italia.

In relazione alle caratteristiche del substrato si rileva inoltre la presenza di specie legate ai substrati ofiolitici (serpentinofite), che rappresentano ambienti di difficile colonizzazione per le piante, a causa del contenuto estremamente elevato in Magnesio, che in alte concentrazioni può risultare tossico, per i modesti contenuti in Fosforo e Potassio, che sono elementi nutritivi importanti per le specie vegetali, ed infine per le elevate quantità di metalli pesanti (Nickel, Cromo, Cobalto), anch'essi tossici.

Pertanto tali ambienti estremi rappresentano isole di rifugio per specie endemiche e per specie interessanti dal punto di vista ecologico e fitogeografico; si tratta di specie stenoecie, come il *Cerastium*, legate a precise e ristrette esigenze ecologiche.

Queste, infatti, hanno sviluppato specifici adattamenti per limitare la tossicità del substrato, sia ostacolando l'assorbimento degli elementi tossici, che accumulandoli in particolari tessuti nelle foglie o nei frutti.

Tra le serpentinofite di maggior interesse presenti nel territorio si ricorda *Asplenium cuneifolium* (rupi serpentine ben esposte), serpentinofita con areale frammentato, *Cerastium utriense Barberis* (endemismo vegetale ad areale molto ristretto presente sulle serpentiniti del versante O del Chiaravagna), specie endemica, ed *Euphorbia spinosa ssp. ligustica* specie endemica.

Altre specie di interesse presenti nell'area sono la felce *Osmunda regalis* relitto terziario, orchidee endemiche come *Ophrys aurelia* ed *Orchis patens* e specie legate a particolari habitat in via di rarefazione come *Iris pseudacorus* (siti umidi).

Per quanto riguarda gli aspetti faunistici si rileva la presenza di diverse specie, in particolare invertebrati, inclusi nell'allegato II della direttiva habitat, endemiche o legate a particolari habitat.

Numerosi elementi di interesse si riscontrano tra i Coleotteri tra i quali si ricorda il Cervo volante *Lucanus cervus*, un buon indicatore di funzionalità dell'ecosistema boschivo, i

Carabidi endemici *Duvialius annae*, *Duvialius doderoi* e *Scotodipnus glaber* tutti legati all'ambiente di grotta e diverse specie endemiche come l'Idrofilide *Parabathyscia genuensis*, gli Stafilinidi *Mesotyphlus solarii* e *Lathrobium apenninum*, i Curculionidi *Meira suturella* e *Omiamima heydeni*.

Diverse le specie di Lepidotteri tra i quali *Callimorpha quadripunctaria* (Syn. *Euplagia quadripunctaria*), specie di interesse comunitario secondo la Dir 43/92/CEE e considerata Vulnerabile nelle liste IUCN (International Union Conservation Nature), *Polyommatus hispanus*, specie di interesse biogeografico con areale limitato (dalla Catalogna alla Toscana), la specie endemica *Gortyna puengeleri* e diverse Zygaene di interesse scientifico e conservazionistico (*Zygaena fausta*, *Zygaena lavandulae* e *Zygaena oxytropis*).

Tra i Crostacei si segnala, in diversi corsi d'acqua come Rio Casinelle lungo la Costa di Serra e il Rio Torbella, la presenza del Gambero di fiume *Austropotamobius pallipes*, specie indicatrice di buona qualità delle acque e sensibile all'inquinamento.

Di interesse anche il Gasteropode endemico *Alzoniella sigestra*, che ha una distribuzione limitata a poche stazioni a ponente di Genova.

Tra gli Anfibi, infine, si ricorda la Salamandrina dagli occhiali (*Salamandrina terdigitata*), endemica della penisola italiana ed in Liguria al limite del suo areale di distribuzione, e il Geotritone *Spelomantes strinatii*, endemico dell'appennino e legato all'ambiente di grotta.

Sono da segnalare infine tra gli Uccelli diverse specie di interesse comunitario nell'area vasta di studio tra cui *Lanius collurio*, specie inserita nell'allegato I della Direttiva Habitat, che presenta nella Regione Liguria un areale di nidificazione praticamente continuo. *Circaetus gallicus* in Liguria è ampiamente rilevabile nel corso del periodo migratorio primaverile quasi ovunque lungo la fascia costiera e le principali direttrici di transito che attraversano lo spartiacque; in particolare si segnala una notevole importanza del ponente genovese (Arenzano – Voltri) per il flusso autunnale migratorio; nidifica quasi ovunque nelle zone collinari e sub-montane, soprattutto sui versanti a solatio.

Si segnala la presenza di *Egretta garzetta* lungo il Torrente Polcevera, airone migratore regolare, localmente tardo – estiva e parzialmente svernante.

Caprimulgus europaeus in Italia, e più in particolare in Liguria, è diffuso con una certa uniformità in tutte le aree idonee del territorio.

Emberiza ortulana si segnala in tutti gli ambienti aperti idonei alla sosta in periodo migratorio; in Liguria è in diminuzione e presenta un areale riproduttivo che coinvolge tutte e quattro le province, con maggiore abbondanza e continuità nei settori occidentale e centrale.

6.2.1.4 La Rete Ecologica

Nell'ambito della lettura ecosistemica di area vasta, lo studio è rivolto alla ricognizione degli elementi appartenenti alla Rete Ecologica regionale, interpretata dal Piano Territoriale Regionale (PTR) come un 'sistema interconnesso e polivalente di ecosistemi, i cui obiettivi primari sono legati alla sostenibilità, alla conservazione della natura, alla

salvaguardia della biodiversità, non necessariamente coincidente con le aree protette riconosciute'.

La geometria della Rete ha una struttura ormai ampiamente riconosciuta fondata sul riconoscimento di aree centrali (core areas) connesse alla rete, ove la specie guida mantiene popolazioni sostenibili nel tempo, fasce di protezione (buffer zones) per ridurre i fattori di minaccia delle aree centrali, fasce di connessione (corridoi), che consentono lo scambio di individui tra le aree precedenti in modo da ridurre i rischi di estinzione delle singole popolazioni locali.

La Regione Liguria, come stabilito dall'art.3 della LR 28/2009 (Disposizione in materia di tutela e valorizzazione della Biodiversità), ha istituito la Rete Ecologica regionale mediante il DGR 1793 del 18/12/2009; la rete è composta dai siti della Rete Natura 2000, dalle altre aree protette e dalle aree di collegamento ecologico funzionali che risultano di particolare importanza per la conservazione, la distribuzione geografica, la migrazione e lo scambio genetico di specie selvatiche.

Come si evince dalla *Carta della Rete Ecologica e delle presenze faunistiche* allegata alla relazione (cfr. MAM-C-QAMB-ECO-002), nel comprensorio di studio ricadono diverse aree ad elevata biodiversità ed elementi che favoriscono la connessione territoriale tra i diversi ambiti, che nello specifico sono riferibili alle seguenti categorie:

- core areas
- corridoi ecologici
- tappe di attraversamento
- aree ecotonali
- diffusione sparsa di vertebrati

Nel territorio esaminato le core areas (*porzione di patch o parcelle in cui è suddivisa la matrice territoriale che offra uno spazio ecologico ottimale di dimensione sufficiente a sostenere una comunità animale autoriproduttrice*) sono rappresentate dalle aree appartenenti alla Rete Natura 2000, in particolare il sito Beigua – Monte Dente – Gargassa – Paviglione, nell'estremità ovest dell'area di studio in corrispondenza dell'interconnessione di Vesima, il sito Praglia – Pracaban – Monte Leco – Punta Martin e il sito Monte Gazzo nella porzione centrale.

Si tratta di porzioni di territorio ben conservate, che mantenendo habitat naturali integri offrono le condizioni ecologiche idonee al mantenimento di popolazioni faunistiche di interesse naturalistico, costituite da diverse specie di interesse comunitario.

Rivestono un ruolo decisamente importante nel territorio i corridoi ecologici ossia le fasce di ambiente omogeneo che si differenziano dalla matrice in cui sono collocati, determinanti per gli spostamenti della fauna e il mantenimento del grado di connettività tra le patches. Come si evince dalla Tabella 6-3, le categorie di corridoio ecologico ricadenti nell'area di studio sono di due tipi: quello di specie tipiche di ambienti boschivi e di ambienti acquatici.

Tabella 6-3 Specie faunistiche

TIPOLOGIA	AMBIENTE	SPECIE FAUNISTICHE
Corridoi ecologici	Ambiente boscato	<i>Cerambyx cerdo</i> <i>Lucanus cervus</i>
Corridoi ecologici	Ambiente acquatico	<i>Austropotamobius pallipes</i> <i>Barbus meridionalis</i> <i>Barbus plebejus</i> <i>Salamandrina terdigitata</i>
Tappe di attraversamento	Ambiente boscato	<i>Cerambyx cerdo</i> <i>Lucanus cervus</i>
Tappe di attraversamento	Ambienti aperti	<i>Caprimulgus europaeus</i> <i>Emberiza ortulana</i> <i>Lanius collurio</i>
Tappe di attraversamento	Ambiente acquatico	<i>Austropotamobius pallipes</i>

Costituiscono corridoi ecologici di tipo boschivo il collegamento tra i SIC di Praglia e del Monte Gazzo, oltre alla fascia territoriale che connette quest'ultimo con la valle del Pocevera. Le specie tipiche dei consorzi boschivi maturi, presenti in tali fasce territoriali, sono gli Invertebrati *Cerambyx cerdo* e *Lucanus cervus*, entrambi inclusi nell'Allegato II della Direttiva habitat.

Corridoi ecologici per specie di ambienti acquatici si segnalano lungo le principali aste fluviali, in particolare il Torrente Polcevera e il Torrente Varenna, che configurano delle importanti direttrici per lo spostamento di specie acquicole e paracquicole. Oltre alle specie ittiche *Barbus meridionalis* e *B. plebejus*, si segnala la presenza dell'Anfibio *Salamandrina terdigitata*, specie di interesse comunitario legata ad habitat boschivi di latifoglie (boschi umidi, castagneti e macchie a leccio) e a torrenti appenninici con substrati rocciosi per la riproduzione, e il gambero di fiume *Austropotamobius pallipes*, segnalato anche lungo il Torrente Torbella che svolge una funzione di tappa di attraversamento.

Le tappe di attraversamento sono degli ambiti di estensione minore, che rappresentano degli habitat funzionali lungo linee ideali di spostamento, associati generalmente ai principali corridoi di collegamento. Sono piuttosto diffuse nell'area indagata le tappe di attraversamento per specie legate ad ambienti cosiddetti aperti, in particolare specie ornamentali quali *Caprimulgus europaeus*, *Emberiza ortulana*, *Lanius collurio*, incluse nell'Allegato II della Direttiva Uccelli 79/409/CEE. Si tratta di specie legate a pascoli, prati, radure, zone semiboscose, cespugliate o incolte dal livello del mare fino a 1500m di quota, il cui areale di nidificazione si presenta uniforme sul territorio.

Sono da segnalare, inoltre, le aree ecotonali, ossia delle zone di transizione tra due diverse biocenosi, caratterizzate da livelli elevati di biodiversità poiché ospitano sia alcune specie di entrambe gli ecotipi sia delle specie proprie.

Si tratta di aree critiche, di sicura valenza ecologica per la funzionalità della rete, di ridotte dimensioni o addirittura puntiformi, per le quali però non sono possibili connessioni alla rete (rientrano in questa categoria per situazioni particolari di isolamento, grotte, rupi, pozze, zone umide e alcune aree di fauna minore). Ne sono un esempio il cuneo di vegetazione posto in corrispondenza dell'interconnessione di Voltri e la porzione territoriale posta a sud della confluenza tra il T. Varenna e il rio Cantalupo.

Tra le aree caratterizzate dalla 'diffusione sparsa di Vertebrati' si possono segnalare il Torrente Branega, il Torrente Varenna e il torrente Polcevera dove nidifica il martin pescatore *Alcedo attis*.

6.2.2 Ambiente acquatico

6.2.2.1 La zona costiera

6.1.1.1.7 Il Fitobenthos

Con il termine fitobenthos si comprendono sia i popolamenti algali dei fondali duri e molli che le fanerogame marine, queste ultime presenti solo sui fondali molli.

Negli ultimi decenni sono state condotte numerose indagini sulle biocenosi bentoniche dei tratti costieri liguri. Ciò ha portato ad una dettagliata rappresentazione cartografica degli habitat marini presenti lungo le coste della Liguria, tra i quali rivestono grande importanza le praterie di fanerogame marine ed una tipica biocenosi algale, cui ci si riferisce con il termine "coralligeno", che corrisponde ad un substrato duro secondario formato dal concrezionamento di talli algali e in misura minore, dal contributo di scheletri di animali.

Il coralligeno è costituito da un numero elevato di specie di alghe coralline delle famiglie Coralinacee e Peysonelliacee i cui talli possono dare origine a formazioni di diversi metri di spessore.

Animali a scheletro carbonatico assumono un ruolo non di secondo piano nella strutturazione: foraminiferi, briozoi, serpulidi, sclerattinie, spugne, crostacei, gorgonie contribuiscono alla sua complessità.

Il coralligeno è stato originariamente descritto come appartenente alla fascia circa litorale.

La profondità dei banchi coralligeni è molto variabile, in dipendenza dalla trasparenza dell'acqua e dalla topografia del substrato, raggiungendo anche i 130 m di profondità (Mediterraneo orientale). Nel suo aspetto più tipico si trova dal limite delle praterie di fanerogame (20-30 m fino a 60 metri).

Nella zona direttamente antistante il sito di progetto non vi è alcuna evidenza della presenza di biocenosi coralligene; viste le profondità inferiori all'optimum, è ragionevole ipotizzare una loro assenza.

Per quanto riguarda le praterie di fanerogame, costituite dalle specie *Posidonia oceanica* e *Cymodocea nodosa*, sono state eseguite numerose indagini per localizzarne gli areali di distribuzione allo scopo di individuare le aree da sottoporre a tutela mediante l'istituzione di aree protette e aree S.I.C. (Siti di Interesse Comunitario), in quanto l'importanza di tali ecosistemi travalica l'interesse nazionale.

Lo studio condotto da ENEA³ (Agenzia Nazionale per le Nuove tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo economico sostenibile) ha portato alla realizzazione nel 1995 del primo "Atlante delle fanerogame marine della Liguria" (scala 1:25.000), che raccoglie sia dati inediti sia i dati di letteratura fino ad allora disponibili.

Nel 2002, è stata poi pubblicata la "Carta Bionomica dell'Ambiente Marino Costiero della Liguria", parte di un progetto pilota⁴ di cartografia bionomica promosso dall'Istituto ICRAM (Istituto Centrale per la Ricerca Scientifica e Tecnologica applicata al Mare), ora ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale). Così come il lavoro promosso da ICRAM, anche le successive pubblicazioni "Atlante degli habitat marini della Liguria" (scala 1:10.000) edizione 2006⁵ e 2009⁶ rappresentano le raccolte più aggiornate di dati disponibili sui fondali marino-costieri, dei loro principali popolamenti e delle praterie di fanerogame.

³ ENEA, Atlante delle fanerogame marine, 1995.

⁴ ICRAM, Progetto pilota di cartografia bionomica dell'ambiente marino costiero della Liguria, 2002.

⁵ ICRAM, Atlante degli habitat marini della Liguria, 2006.

⁶ Sito cartografico della Regione Liguria: www.cartografia.regione.liguria.it

In tali carte è ben evidente la presenza di estesi popolamenti di fanerogame nell'area di Arenzano e Nervi che rappresentano le aree S.I.C. marine più vicine all'opera di progetto. Tali aree sono designate come:

- Fondali Arenzano – Punta Ivrea (IT1332477) a est dell'aeroporto, a circa 10,2 km dall'area di progetto (Figura 6-1);
- Fondali Boccadasse – Nervi e Nervi – Sori (rispettivamente IT1332576 e IT 1332575) a ovest dell'aeroporto, a partire da circa 7,5 km dall'area di progetto (Figura 6-2).



Figura 6-1 Sito SIC: Fondali di Arenzano – Punta Ivrea (Cartografia Regione Liguria, 2006)



Figura 6-2 Siti SIC: Fondali di Boccadasse – Nervi e Fondali Nervi – Sori (Cartografia Regione Liguria, 2006)

Come evidenziato dalla cartografia del 1995 (Figura 6-3, Figura 6-4, Figura 6-5), non vi sono formazioni fanerogamiche lungo il tratto di costa del ponente genovese, area peraltro caratterizzata da forte antropizzazione, né nella zona antistante il Porto di Genova.

Anche nelle elaborazioni cartografiche più recenti (Figura 6-6) la quasi totalità del tratto di mare antistante all'agglomerato urbano di Genova, che va da Voltri a Boccadasse, viene rappresentata come "zona non indagata"; l'assenza di rilievi dettagliati della biocenosi di fondo non consente peraltro di escludere necessariamente la presenza di popolamenti di fanerogame nella zona.

Tuttavia, è ipotizzabile che le alterazioni indotte dalle attività antropiche siano tali da non essere compatibili con la sopravvivenza dei sensibili ecosistemi delle praterie di *Posidonia* e *Cymodocea*; per questi motivi la zona antistante il Porto di Genova è generalmente considerata, da parte della comunità scientifica, di scarso interesse naturalistico.

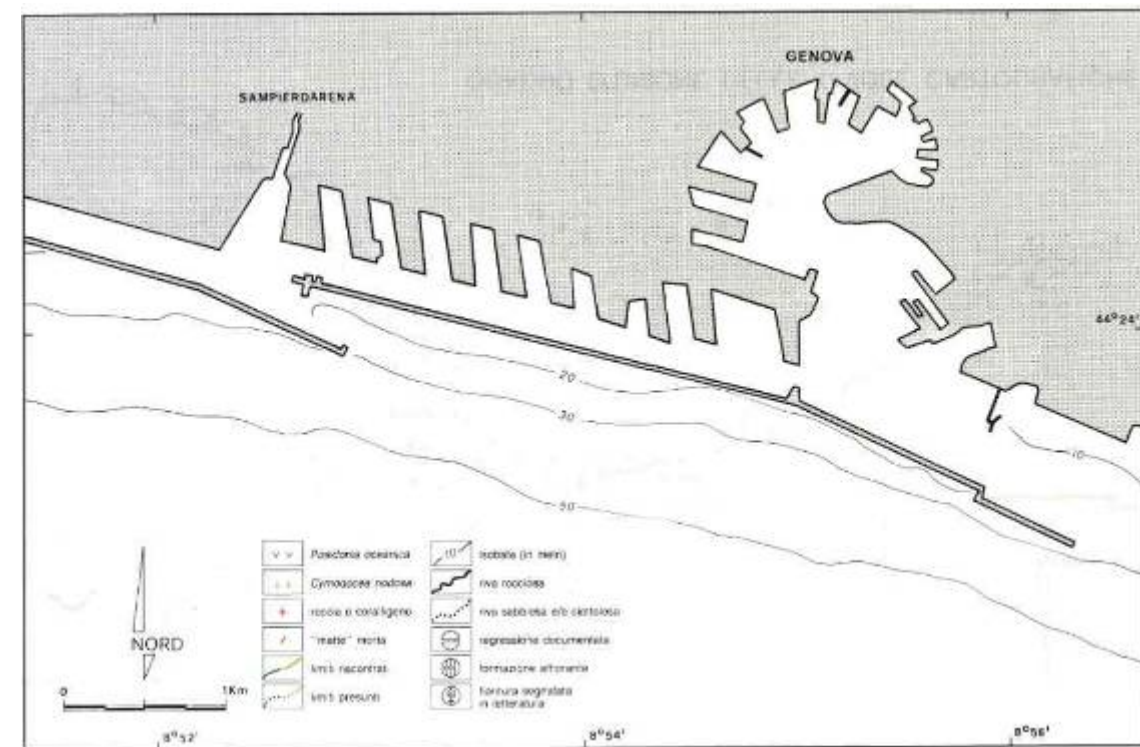


Figura 6-3 Carta Bionomica dell'Ambiente Marino Costiero della Liguria, Tavola 24

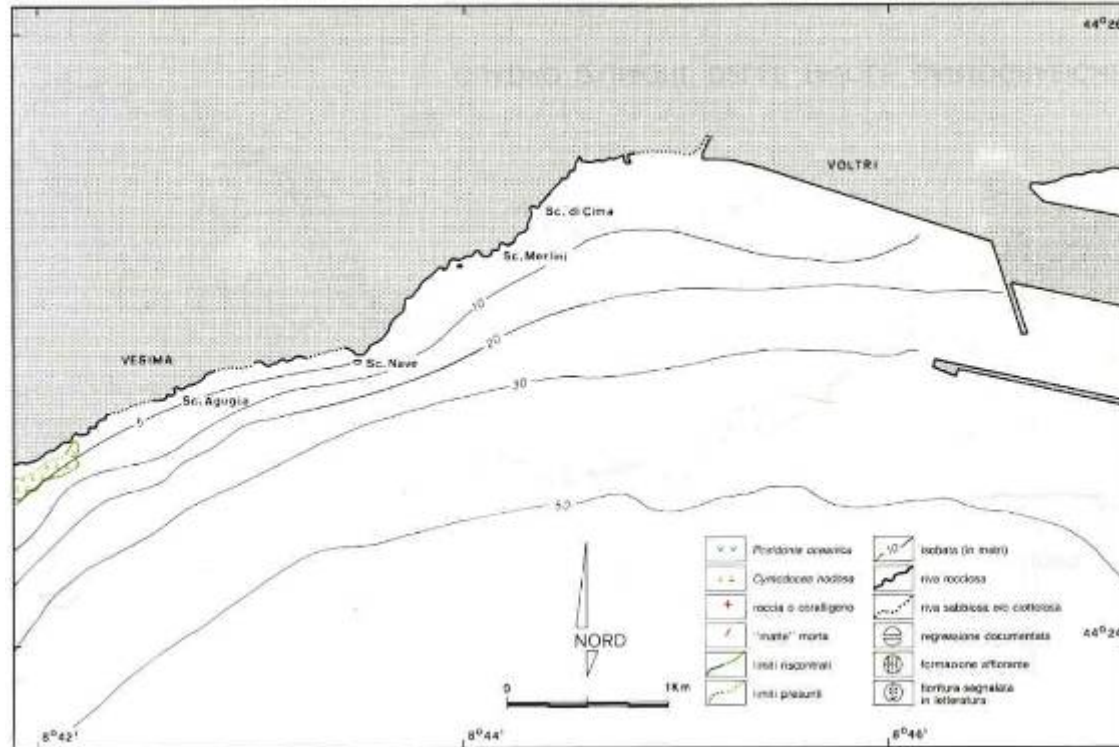


Figura 6-4 Carta Bionomica dell'Ambiente Marino Costiero della Liguria, Tavola 25



Figura 6-6 Atlante degli Habitat Marini 2009 (Cartografia Regione Liguria)

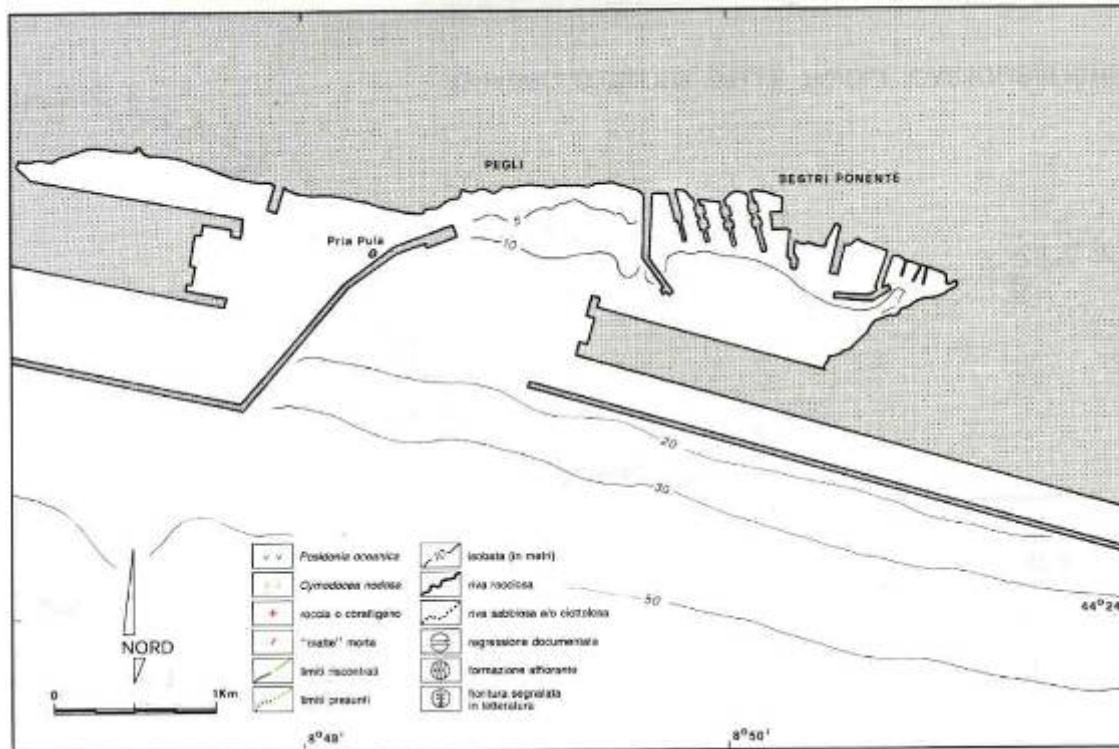


Figura 6-5 Carta Bionomica dell'Ambiente Marino Costiero della Liguria, Tavola 26

Generalmente la profondità compatibile con la sopravvivenza delle specie di fanerogame marine presenti nelle acque liguri è compresa fra i 5 e i 30 m, ma si è sperimentalmente notato che nei pressi di grandi centri urbani i limiti superiori scendono a 10 m, mentre i limiti inferiori salgono a 20 m, a causa del disturbo diretto ed indiretto indotto dall'asportazione o danneggiamento diretto delle piante (ad es. ancoraggi), dalla presenza di materiali in sospensione che riducono la trasparenza e dall'apporto di materiali sedimentabili che ricoprono le piante e inibiscono la fotosintesi. È ipotizzabile che le zone antistanti la diga foranea presentino le medesime caratteristiche e quindi le fanerogame, qualora presenti, dovrebbero essere limitate all'area più vicina alla diga.

6.1.1.1.8 Lo zoobenthos

I dati disponibili relativi alle caratteristiche delle biocenosi bentoniche nella zona marina antistante il sito di progetto sono quelli relativi alla stazione di monitoraggio ARPAL, parte della Rete Regionale di Monitoraggio dell'ecosistema marino (Figura 6-7 e Tabella 6-4).

I dati⁷ raccolti dal 2003 al 2007 evidenziano la presenza di una biocenosi complessa e ben strutturata (Tabella 6-5).

In particolare tra il 2006 e il 2007 vengono raggiunti elevati valori degli indici di ricchezza specifica e diversità specifica sono accompagnati da un elevato valore dell'indice di equiripartizione ed un basso valore dell'indice di dominanza, dimostrando l'equa distribuzione degli individui all'interno delle diverse specie.

Purtroppo i dati presentati da ARPAL sono relativi ai soli indici sintetici e non vengono fornite indicazioni sulla presenza delle singole specie ma solo sul loro numero.

⁷ Informazioni provenienti dal sito cartografico della Regione Liguria: www.cartografia.regione.liguria.it

Considerando le caratteristiche granulometriche dei fondali, le profondità e le condizioni idrodinamiche della zona, è possibile ipotizzare che si tratti delle biocenosi delle sabbie fini (secondo la zonazione della piattaforma continentale proposta da Peres e Picard⁸) del piano infralitorale, caratterizzato dalla presenza predominante di specie di molluschi bivalvi e gasteropodi.

**Tabella 6-4 Rete di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino costiero
ligure: stazioni di monitoraggio della biocenosi bentonica**



Figura 6-7 Rete di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino costiero ligure: stazioni di monitoraggio della biocenosi bentonica

CARATTERISTICHE STAZIONE
Rete di monitoraggio:
Rete regionale di monitoraggio dell'ecosistema marino;
Tipo monitoraggio:
Biocenosi bentoniche
Identificativo:
6878
Codice stazione:
MA01092
Ubicazione:
POLB
Coordinate (Gauss Boaga):
Y: 4917240; X: 1486520
Distanza dalla diga foranea:
~300 m
Distanza dalla costa (aeroporto):
~550 m
Profondità del fondo:
22 m
Metodo di campionamento:
Tre bennate da 18 L

Tabella 6-5 Dati ottenuti dai monitoraggi della biocenosi bentonica nella stazione ARPAL antistante alla diga foranea di levante

Parametri	18/03/2003	03/03/2004	17/03/2005	14/04/2006	14/06/2007
n. Specie	29	26	31	53	46
n. Individui	60	77	54	151	519
Indice di diversità specifica	4,5	4,3	4,6	5,1	4,7
Indice di ricchezza specifica	4,7	4,0	5,2	7,2	5,0
Indice di equiripartizione	0,93	0,92	0,93	0,88	0,85
Indice di dominanza	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06

⁸ Peres J.M., Picard J., (1964) "Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée "Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoume (pp. 1-137). Bull. 31, fasc. 47

Biocenosi marina

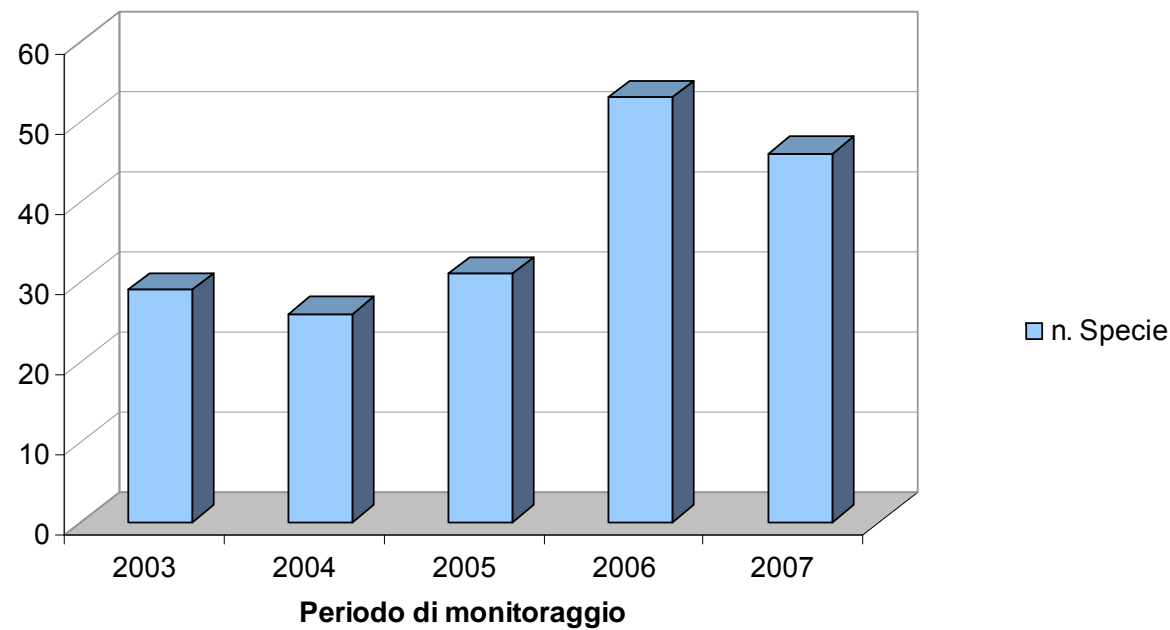


Figura 6-8 Numero di specie della comunità bentonica nella stazione POLB

Biocenosi marina

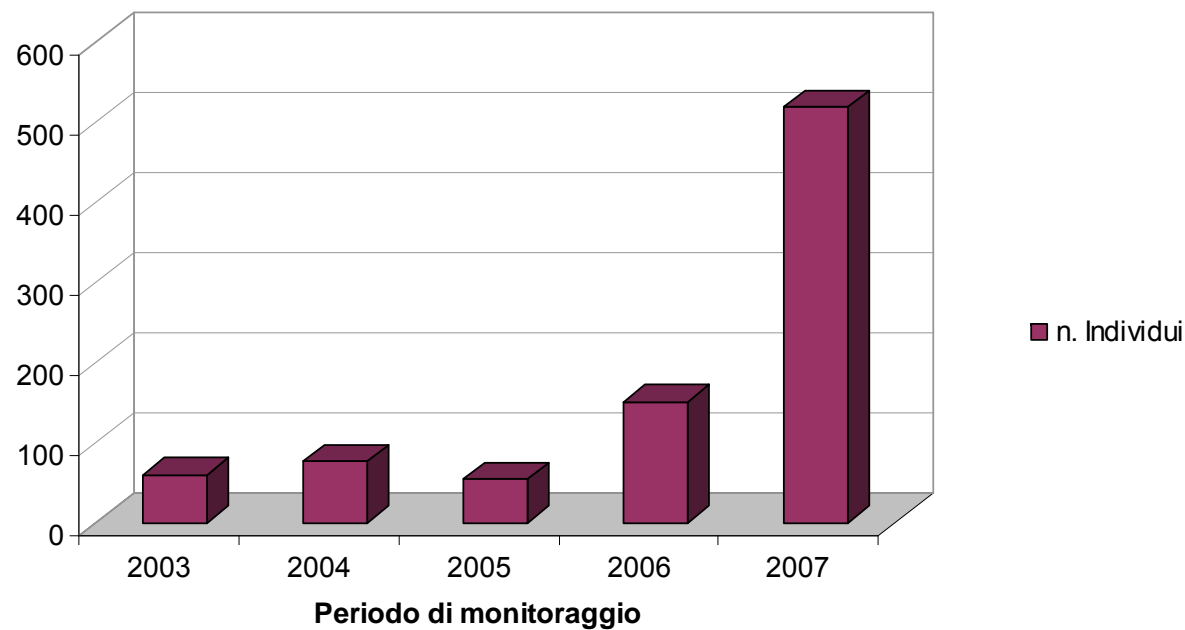


Figura 6-9 Numero di individui della comunità bentonica nella stazione POLS

6.1.1.1.9 Il fitoplancton

Durante le campagne di monitoraggio sulla qualità delle acque marino costiere condotte da ARPAL, sono state eseguite indagini sulla comunità fitoplanctonica. Le indagini prevedono il riconoscimento specifico delle cellule algali ed il loro conteggio.

I dati vengono quindi riportati raggruppati in due principali taxa, diatomee e dinoflagellati, che costituiscono i più importanti produttori primari planctonici, ed in un terzo raggruppamento "altro fitoplancton", che riunisce i taxa meno rappresentati.

Di seguito vengono riportati i dati disponibili per la stazione POL1 che interessano un arco temporale che va dal settembre 2001 ad agosto 2004. I prelievi hanno una frequenza stagionale.

Come mostrato nel grafico (Figura 6-10) il fitoplancton presenta i massimi di produttività in corrispondenza dei mesi primaverili e autunnali. All'interno del periodo considerato, la produttività massima è stata rilevata nel maggio 2002 e settembre 2003, con densità cellulari che raggiungono rispettivamente le 300.000 cellule algali/l e le 250.000 cellule algali/l.

Il popolamento fitoplanctonico è nettamente dominato dalle diatomee, con percentuali variabili tra il 29,6% e il 96,2% (Figura 6-11). I valori minimi si hanno nel periodo invernale quando prevalgono i taxa compresi nel raggruppamento generico. I dinoflagellati presentano densità cellulari che variano tra 60 cellule algali/L e 75.000 cellule algali/l, valore massimo raggiunto nel maggio del 2003. In tale occasione i dinoflagellati costituivano il taxa prevalente. I dinoflagellati sono un taxa di interesse sanitario in quanto comprende specie responsabili della produzione di sostanze tossiche per la salute umana, come nel caso di *Ostreopsis ovata* per la quale specie ARPAL ha sviluppato, in tempi recenti, campagne di monitoraggio specifiche.

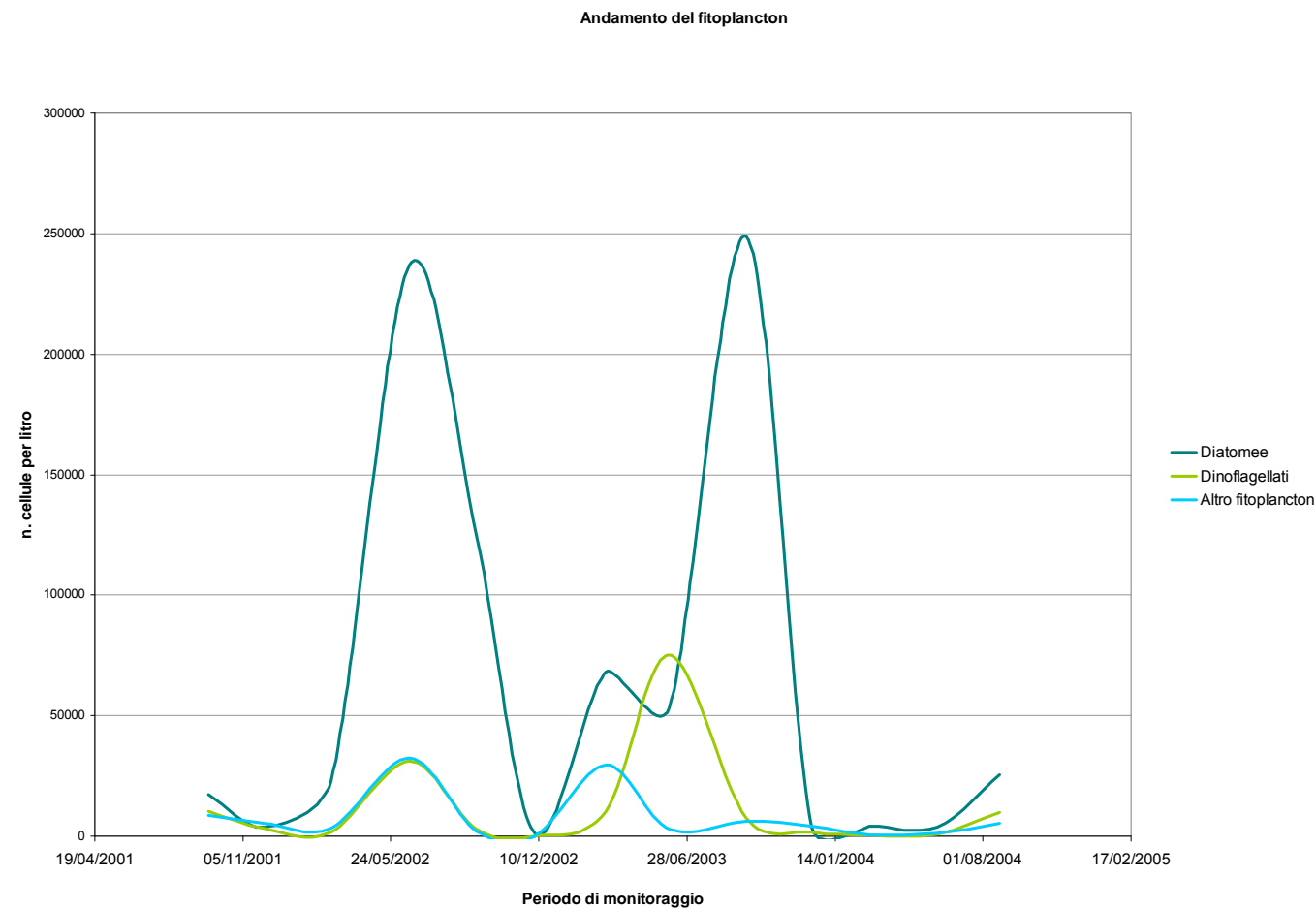


Figura 6-10 Comunità fitoplanctonica nella stazione POL1

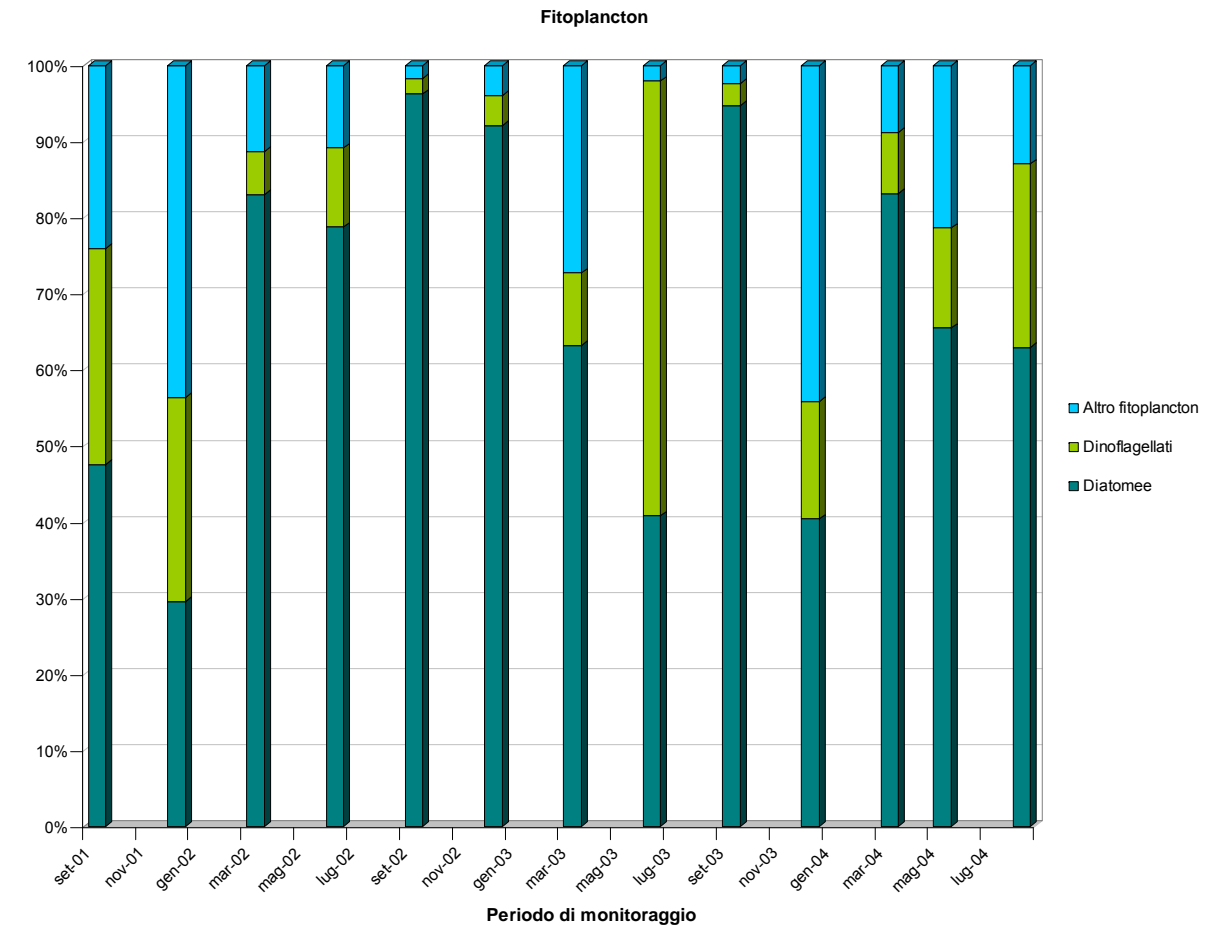


Figura 6-11 Popolamenti fitoplanctonici dominanti nella stazione POL1

6.1.1.1.10 Il necton

Non sono disponibili informazioni sulla consistenza e presenza di specie ittiche nelle acque antistanti il sito di progetto; è presumibile che la presenza di organismi incrostanti sulla diga foranea offra opportunità di riparo ed alimentazione per le tipiche specie sedentarie del mediterraneo, quali ad es. la castagnola (*Chromis chromis*), il pesce donzella (*Coris julis*), piccoli labridi, i blennidi, oltre a specie opportuniste come i cefali (*Mugil cephalus*), solitamente abbondanti vicino alle aree portuali.

Più sporadica è da ritenersi la presenza sottocosta di specie pelagiche, sia per il prelievo alieutico che per il disturbo provocato dalla presenza di numerose imbarcazioni.

Lo stesso può ipotizzarsi per le specie di mammiferi marini presenti nel golfo di Genova, che vengono abbastanza comunemente avvistati a distanze maggiori dal limite del porto.

6.2.2.2 La zona di progetto

6.1.1.1.11 Il benthos

Nonostante non siano disponibili informazioni specifiche sulle presenze biologiche nella zone del canale di calma, sulla base di una serie di considerazioni è possibile ritenere che esse siano assolutamente limitate, come si riscontra normalmente nelle zone portuali.

Ci si riferisce in particolare alla campagna di sondaggi eseguiti all'interno del canale di calma, nel corso della quale sono stati prelevati campioni di sedimento superficiale;

l'analisi visiva non ha riscontrato la presenza di organismi bentonici o di resti sia animali che vegetali, indice di una presenza nel passato recente di biocenosi anche semplificate; al contrario i sedimenti dei primi cinquanta centimetri di spessore (cui sono generalmente associati gli organismi fossori) sono costituiti da frazioni fini che spesso appaiono di colore nerastro, indice di condizioni riducenti e di scarsità di ossigeno.

Quanto sopra risulta in accordo con le valutazioni morfodinamiche espresse nei capitoli relativi alle acque in base alle quali si può assimilare il canale di calma ad una grande trappola di sedimenti, capace di far depositare al suo interno anche le frazioni più fini.

In queste condizioni, tipiche delle aree portuali, tende ad instaurarsi una comunità dominata dagli organismi detritivi e dalla comunità batterica in grado di degradare la materia organica con processi anaerobici, anche in presenza di ridotte concentrazioni di ossigeno

La presenza di concentrazioni significative di inquinanti di origine antropica, specialmente quelli ad azione biocida (ad es. composti organici di sintesi), contribuisce solitamente a limitare la struttura delle biocenosi alle specie tolleranti. Solitamente si tratta di biocenosi poco strutturate, composte prevalentemente da organismi detritivi e filtratori non selettivi, tolleranti ai bassi livelli di ossigeno, quali vermi policheti come ad esempio *Capitella capitata*.

L'assenza di una comunità bentonica ben strutturata ovviamente influisce negativamente su tutta la struttura trofica e quindi anche sulla presenza delle specie nectoniche, che, se presenti, dovrebbero essere anch'esse limitate alle specie opportuniste o tolleranti quali ad esempio i mugilidi ed i blennidi.

6.1.1.1.12 Avifauna

Ad integrazione di quanto già riportato nel paragrafo relativo all'ambiente terrestre, si segnala la presenza di una consistente colonia di laridi nella zona di progetto.

Si tratta di una colonia stanziale, che sfrutta la presenza delle aree abbandonate di Cornigliano per nidificare e della discarica comunale di monte Scarpino, situata sulle alture retrostanti Sestri Ponente, come principale sorgente di alimentazione.

La specie principale è il gabbiano reale (*Larus argentatus*), specie opportunistica in rapida espansione in tutta Europa, che è stanziale; è possibile vi siano anche altre specie di laridi come il gabbiano comune (*Larus ridibundus*) o il gabbiano corallino (*Larus malanocephalus*) che però non nidificano in zona.

La consistenza della colonia è aumentata negli anni tanto da creare seri problemi alla navigazione aerea a causa delle diverse collisioni (birdstrike) con i veivoli in arrivo ed in partenza dall'Aeroporto Cristoforo Colombo, il quale ha avuto nel 2009 un rateo di impatti pari a 6,8 su 10.000 movimenti (fonte ENAC) che, pur non essendo il massimo registrato in Italia, è tuttavia ben al di sopra della virtuale soglia di attenzione (5) fissata dall'Autorità.

Attualmente il valore di rischio assegnato allo scalo genovese lo colloca al quarto posto in Italia, dietro a Lamezia, Alghero e Parma.

Per questo motivo lo scalo ha da tempo posto in atto diversi accorgimenti per ridurre il transito dei volatili sopra la pista e la loro presenza sul sedime aeroportuale. Tra i mezzi di dissuasione impiegati vi sono il "bio sound", ossia altoparlanti che emettono suoni fastidiosi per gli uccelli, cannoncini a gas che emettono scoppi in maniera irregolare, automobili con clacson bitonale che percorrono la pista.

I risultati non sono stati però del tutto soddisfacenti ed il numero di incidenti è in aumento, tanto che sono allo studio ulteriori misure.

6.3 ANALISI DELLE INTERAZIONE OPERA – AMBIENTE

6.3.1 Ambiente terrestre

6.3.1.1 Ambito Vesima

La porzione territoriale in cui si inseriscono le aree di cantiere per la realizzazione dell'interconnessione di Vesima è caratterizzata dalla dominanza di ecosistemi naturali. Sono prevalenti i sistemi boschivi di latifoglie e di conifere che si alternano con il sistema agricolo, la cui continuità è interrotta dal ramo autostradale esistente che taglia in perpendicolare le valli principali.

Nell'ambito si segnala il margine sud orientale del Parco regionale del Beigua e dei siti inclusi nella Rete Natura 2000 (SIC Beigua – Monte Dente – Gargassa – Paviglione e ZPS Beigua – Turchino).

Il progetto di cantierizzazione prevede:

- Due cantieri industriali, **CI 01** e **CI 02**, per l'ampliamento dei viadotti Beo – Frana e Vesima;
- Un cantiere di imbocco, **CI 17**, per la nuova galleria Borgonuovo.

Via Vesima sarà adeguata per l'utilizzo come pista di cantiere (**VS 02**), che consentirà il raccordo tra la via stessa e l'area del cantiere di imbocco.

I cantieri CI 01 e CI 02 occupano superfici di dimensioni relativamente modeste, localizzate lungo il tracciato dell'A10 esistente; si ritiene che l'interferenza generata dalla loro predisposizione non comporti impatti significativi con l'assetto ecosistemico e con le presenze faunistiche in quanto non si verifica né frammentazione, né interruzione della continuità ecologica.

L'area del cantiere di imbocco CI 17 si sviluppa in parte sul sedime autostradale esistente e in parte interferisce con il sistema dei boschi di latifoglie, causando una frammentazione dell'unità boschiva e una sottrazione di habitat faunistici. L'interferenza può essere giudicata significativa limitatamente alla durata della fase di cantiere in quanto, al termine delle lavorazioni, verrà effettuato un rimodellamento del versante che potrà consentire il ripristino dell'assetto vegetale.

Considerando inoltre che la nuova interconnessione di Vesima si inserisce in corrispondenza di un'infrastruttura esistente, che già condiziona le presenze faunistiche, si ritiene che le opere di cantierizzazione non determinino l'insorgere di particolari criticità rispetto alla frequentazione della fauna locale.

Per quanto attiene l'interazione con le aree ad elevata biodiversità che coincidono con i siti della Rete Natura 2000 del Beigua (*core areas*), il cantiere d'imbocco CI 17 occupa una superficie estremamente limitata, inclusa nella porzione meridionale del sito stesso; ciò implica l'occupazione temporanea di una superficie marginale che non causa compromissione ecosistemica, né di connettività ecologica.

L'esame delle potenziali interazioni con i siti Natura 2000 è trattato all'interno di una specifica Analisi di incidenza a cui si rimanda (cfr. MAM-SVI-001-R).

6.3.1.2 Ambito Voltri

Nell'area di Voltri, che comprende le valli del Torrente Leira e Cerusa, si riscontra la presenza di vari sistemi boschivi di latifoglie e conifere intervallati dai sistemi agricolo e antropico. Quest'ultimo si estende principalmente lungo le aste fluviali ed ha uno sviluppo quasi continuo in particolare lungo il Torrente Cerusa.

Nella zona si individua un'ampia area con caratteristiche di ecotono, corrispondente ad un settore boschivo di origine antropica, in cui la varietà di ambienti presenti è tale da innalzare la locale biodiversità.

Le opere di cantierizzazione prevedono i seguenti cantieri:

- **CI 18**, tra le gallerie Borgonuovo e Bric del Carmo e il nuovo viadotto Cerusa, e la relativa pista di cantiere **VS 03**;
- **CI 19**, tra la galleria Bric del Carmo e il viadotto Cerusa esistente;
- **CI 20**, tra il nuovo viadotto Cerusa e la galleria Voltri lato Savona, e la relativa pista di cantiere **VS 04**;
- **CI 21**, tra le gallerie Voltri lato Genova e Ciocia e il nuovo viadotto Leiro, e la relativa pista di cantiere **VS 04**;
- **CI 22**, tra il raccordo dell'A26 e la galleria Ciocia;
- **CI 23**, tra la galleria delle Grazie e il viadotto Leiro esistente;
- **CI 24**, tra il nuovo viadotto Leiro e la galleria Amandola, e la relativa pista di cantiere **VS 06**;
- **VS 05**, pista di cantiere per l'attraversamento dell'A26;
- **CI 03**, cantiere industriale localizzato in prossimità dell'ambito a livello della banchina del porto di Voltri.

I cantieri CI 18, CI 19 e CI 20 e le piste VS 03 e VS 04 ad essi collegate interferiscono esclusivamente con l'unità ecosistemica dei boschi di latifoglie, mentre le aree IC 21, IC 23 e la pista VS 06, connessa a IC 24, interessano parte di un sistema agricolo; la pista VS 05 ricade esclusivamente in un ambito in cui prevale la destinazione agricola.

La predisposizione dei cantieri può comportare localmente una frammentazione dell'unità ecosistemica boschiva e una sottrazione di habitat faunistici, che allo stato attuale si caratterizzano per una buona continuità e complessità strutturale.

Considerando l'ampiezza dei siti coinvolti dalle lavorazioni rispetto all'estensione dei sistemi ambientali omogenei si ritiene che non vi sia una sostanziale alterazione dell'assetto ecosistemico. Per quanto concerne la fauna si ritiene che la porzione di habitat interferita sia modesta rispetto all'estensione degli areali di frequentazione della specie.

Riguardo la sottrazione di suolo in ambito agricolo, si ritiene non ci siano impatti potenziali significativi sia perché le aree interessate sono poco estese, sia perché si può ripristinare in breve tempo l'assetto originario, una volta terminata l'attività di cantiere.

Il cantiere industriale CI 03 è posizionato all'interno dell'area portuale; l'elemento antropico che definisce tale porzione di territorio fa sì che non si riscontrino impatti rispetto alla componente esaminata.

Similmente il cantiere CI 22, in prossimità del sedime della A 26, occupa un lembo di sistema di boschi di latifoglie che, per le caratteristiche di marginalità, per la contiguità rispetto ad un sistema fortemente antropizzato e per la natura transitoria dell'interferenza, non si ritiene comporti criticità a livello ecologico.

Per quanto riguarda le interferenze con i popolamenti faunistici si rileva che il territorio in esame risulta, allo stato attuale, già in parte caratterizzato da diversi fattori di disturbo, rappresentati essenzialmente dalle aree edificate e dalle infrastrutture di trasporto, e non si considera quindi significativo il contributo apportato dalla cantierizzazione.

Per quanto concerne la Rete ecologica nell'ambito di Voltri, i siti destinate alla cantierizzazione, in particolare IC 20, IC 21, IC 23 e la pista VS 04, interessano un'area con caratteristiche ecotonali, che si sviluppa a ridosso del torrente Cerusa.

Gli impatti potenziali riscontrabili contestualmente alle aree di cantiere citate riguardano la sottrazione di habitat faunistici a carattere temporaneo, in corrispondenza di superfici limitate. In particolare i cantieri IC 20 e IC 21 occupano posizioni marginali dell'area ecotonale interferita e, come tale, di minore valenza ecologica. Per le motivazioni riportate, si ritiene che gli impatti potenziali abbiano un carattere di reversibilità grazie anche alle azioni di recupero previste alla fine della lavorazione.

6.3.1.3 Ambito Torrente Varenna

L'area presenta una prevalente connotazione naturale ed è caratterizzata dalla diffusione del sistema dei boschi a dominanza di latifoglie nel versante in destra idrografica del Torrente Varenna e di conifere nel versante opposto.

In relazione ai caratteri di naturalità della zona ed alla presenza di habitat e specie di interesse comunitario, nell'ambito del Varenna rientra il sito Natura 2000 SIC Praglia – Pracaban – Monte Leco – Punta Martin.

Le azioni di progetto, come già anticipato, prevedono la realizzazione di un viadotto a due carreggiate per consentire l'attraversamento del Varenna, delle gallerie Amandola e Monterosso e dei tratti in rilevato tra le gallerie e il viadotto.

L'area occupata in fase di costruzione è costituita dal cantiere di imbocco **CI 25**, necessario per il passaggio della TBM; l'alveo del fiume verrà interrotto per un tratto di circa 100m e deviato mediante un bypass di tubature

Sul versante in destra del torrente il cantiere occupa una porzione del sistema antropizzato riferibile all'area estrattiva.

Sulla sinistra idrografica del Varenna il cantiere va ad occupare una porzione dell'ecosistema boschivo di conifere caratterizzato da una bassa copertura dello strato arboreo, a contatto con un arbusteto diffuso. Dato il contesto in cui si inserisce l'area di cantiere e le dimensioni limitate delle superfici boschive interessate, si ritiene che i fenomeni di frammentazione e interruzione della continuità ecologica siano modesti.

Lungo il corso del torrente il cantiere interferisce con una fascia di vegetazione ripariale appartenente al sistema dei boschi di latifoglie, che sebbene abbia un'ampiezza limitata a causa della presenza dell'area estrattiva lungo il suo margine, presenta un buon livello di continuità ecologica. Il torrente Varenna, infatti, è riconosciuto come corridoio nell'ambito della Rete Ecologica regionale per le specie legate agli ambienti acquatici, pertanto si ritiene che la temporanea deviazione del torrente nella fase di cantiere possa causare la frammentazione degli habitat, che, seppur invasiva, risulta temporanea e limitata a un tratto poco esteso dell'alveo.

Per quanto concerne l'interazione diretta con gli habitat faunistici presenti lungo il sistema fluviale, si ritiene che l'occupazione del cantiere non comporti una sottrazione rilevante tale da condizionare la fruizione da parte delle specie.

In conclusione si ritiene che l'interferenza inerente l'interruzione della continuità ecologica sia di bassa entità, in ragione del carattere di reversibilità alla cessazione delle attività di cantiere e della limitata estensione dell'area coinvolta.

6.3.1.4 Ambito Coronata

In questo ambito è localizzato l'unico campo base previsto dal progetto, che si inserisce in un sistema già compromesso in passato dalla presenza di edifici industriali, in cui la componente vegetale è limitata a gruppi arborei di scarso pregio. Considerando le peculiarità del sistema coinvolto e l'assenza di elementi di connessione ecologica, si ritiene che la predisposizione del campo base non comporti interferenze rispetto alla componente ecosistemica.

6.3.1.5 Ambito Bolzaneto

L'ambito di Bolzaneto, in cui ricadono i due Torrenti Polcevera e Secca, è caratterizzato dalla dominanza del sistema antropico, che costituisce una fascia pressoché continua lungo i due corsi d'acqua, e dal sistema dei boschi di latifoglie e delle coltivazioni, che si rinviene nelle aree acclivi dei versanti.

Il progetto, in tale ambito, ha come scopo quello di collegare A7, A12 e A10bis in prossimità dello svincolo di Bolzaneto, in cui il tracciato della A10bis termina formalmente e si collega alle altre due autostrade del sistema genovese. Saranno quindi realizzati i viadotti Genova, Mercantile e Morego, gli adeguamenti dei viadotti Secca e Orpea esistenti e diverse gallerie e i rispettivi cantieri di imbocco, indicati di seguito:

- **CI 13**, tra la galleria Monterosso e il viadotto Genova
- **CI 27**, dove sorgeranno gli imbocchi delle gallerie Polcevera e San Rocco, entrambe connesse al viadotto Mercantile, la prima lo congiunge al viadotto Genova e la seconda alla galleria Bric du Vento; nello stesso cantiere anche l'imbocco della galleria Forte Diamante, tra il viadotto Orpea e l'A12
- **CI 28**, per l'altro imbocco della galleria Polcevera e per quelli delle gallerie Bric du Vento e Baccan, tra il viadotto Genova e le rampe di connessione all'A12
- **CI 32**, tra il viadotto Morego e l'A7

Inoltre, verranno localizzati nell'area numerosi cantieri industriali:

- **CI 13**, imbocco frese
- **CI 14**, impianti frese e inizio slurrydotto
- **CI 08** e **CI 09**, funzionali alla realizzazione delle pile del viadotto Genova
- **CI 10**, area logistica e stoccaggio materiali
- **CI 11**, viadotto Mercantile
- **CI 12**, viadotti Secca
- **CI 15**, stoccaggio conci fresa

Tutti i cantieri sopraindicati si inseriscono in un sistema fortemente antropizzato, che corrisponde al tessuto industriale lungo le sponde dei Torrenti Polcevera, Secca e Burla. È da segnalare che i cantieri CI 26 e CI 27 occupano piccoli lembi marginali ascrivibili al sistema dei boschi di latifoglie. Dal momento che le porzioni boschive interferite si caratterizzano per la dominanza di specie esotiche che conferiscono al sistema uno scarso pregio, non si rilevano criticità.

I cantieri industriali (CI 9, CI 10, CI 11, CI 12 e CI 14) sono predisposti in corrispondenza della zona spondale dei torrenti Polcevera, Secca e Burla, corsi d'acqua individuati dalla rete ecologica regionale come corridoi di connessione territoriale, lungo i quali si segnalano diverse specie faunistiche legate sia all'ambiente propriamente lotico sia alle fasce perfluviali; ne è un esempio la presenza del martin pescatore, segnalato come nidificante in corrispondenza delle boscaglie ripariali.

Considerando che i cantieri occuperanno delle aree già artificializzate, caratterizzate da un tessuto industriale diffuso, si ritiene che non vi sia un coinvolgimento di quegli habitat faunistici utilizzati dalle specie locali per la nidificazione, il riparo, la ricerca di risorse trofiche.

La presenza della fauna è già influenzata dalle attività antropiche che sono svolte in prossimità dell'alveo, pertanto si ritiene che lo svolgimento delle attività di cantiere non vada a comprometterne in modo rilevante la frequentazione.

Alla luce di quanto detto è lecito ritenere che la connettività territoriale sia assicurata durante lo svolgimento delle attività di cantiere e non vi sia una compromissione della funzionalità ecologica del sistema fluviale stesso.

6.3.1.6 Ambito Torbella

L'area, che comprende una parte della valle del Rio Torbella, affluente del Polcevera, è caratterizzata, sul versante di sinistra, dalla dominanza del sistema dei boschi di latifoglie che si presenta articolato a livello strutturale e diversificato nella composizione in specie. Sul versante in destra idrografica sono invece dominanti il sistema antropico, costituito dalla periferia di Rivarolo Ligure, il sistema agricolo ed, in minor misura, il sistema dei boschi di conifere. L'area di fondovalle è percorsa dal ramo autostradale esistente.

La realizzazione degli interventi in progetto comporta l'installazione di una grande area di cantiere, denominata **CI 26**, che comprende:

- l'imbocco della galleria Forte Diamante lato Genova
- l'imbocco della galleria Bric du Vento lato Livorno
- l'imbocco tra la galleria Torbella ovest e la rampa verso l'A12 esistente
- l'imbocco della galleria Torbella est
- la zona dove avverrà l'alesaggio della galleria Monte Sperone esistente e il suo nuovo imbocco
- l'imbocco della nuova galleria Monte Sperone lato Savona
- la connessione tra la galleria Granarolo lato Milano e il viadotto Torbella

e il cantiere industriale **CI 07**, funzionale alla realizzazione dei nuovi viadotti.

Le aree di cantiere poste a nord dell'asse autostradale esistente interessano un ambiente eterogeneo principalmente composto da un sistema di tipo agricolo frammisto alla compagine boschiva che si insedia sul versante. Considerando l'estensione della superficie occupata e la maturità dei sistemi presenti, l'interferenza con le unità ecosistemiche può essere giudicata non significativa.

Le aree di cantiere poste a sud dell'autostrada esistente coinvolgono un ecosistema boschivo maturo a prevalenza di latifoglie, che dimostra un buon grado di copertura e

continuità; la predisposizione dei cantieri comporta la sottrazione di una porzione di habitat che configura il margine dell'unità boschiva, adiacente alle sede stradale. Considerando l'estensione del sistema boschivo preesistente, si ritiene che l'occupazione di suolo non comporti una perdita sostanziale di habitat faunistici che dovranno, comunque, per quanto possibile, essere recuperati al termine delle lavorazioni.

Per quanto concerne il rio Torbella, la cui valenza ambientale è riconosciuta nell'ambito della rete ecologica regionale per la presenza di *Austropotamobius pallipes*, la configurazione del cantiere comporta una locale interruzione della continuità ecologica. Nello specifico il corso del torrente sarà interessato dalla realizzazione del corpo stradale in rilevato di connessione tra l'A12 esistente (Monte Sperone) e l'A7 di progetto (galleria Torbella).

Vista l'estensione del corso d'acqua interferito e la temporaneità del disturbo si ritiene che non vi sia una compromissione della funzione di connettività territoriale.

6.3.1.7 Ambito Genova Est

L'ambito dello svincolo autostradale di Genova Est si caratterizza per un diffuso sistema delle praterie e degli arbusteti, che stanno ricolonizzando quei versanti il cui assetto vegetale è stato compromesso da incendi.

Gli interventi infrastrutturali relativi all'adeguamento dello svincolo di Genova Est (realizzazione del viadotto Rovena e della galleria Campursone) necessitano della predisposizione delle seguenti aree di cantiere:

- **CI 29**, che individua due aree di cantiere distinte, una per gli imbocchi della galleria Monte Sperone lato Livorno e della galleria Campursone lato nord e l'altra per l'imbocco sud della galleria Campursone;
- **CI 06**, funzionale alla costruzione del viadotto Rovena;
- la pista **VS 09**, che collega questi cantieri, permettendo la movimentazione di mezzi e materiali.

I cantieri di imbocco e la pista si inseriscono per buona parte della loro superficie all'interno di aree già comprese nell'attuale sedime autostradale. Limitate porzioni interessano il sistema degli arbusteti in ricostituzione, che consistono nei primi stadi di ricolonizzazione da parte della vegetazione, pertanto si ritiene che l'interferenza non sia significativa in termini di maturità dell'ecosistema coinvolto.

Il cantiere CI 06 interessa parzialmente il margine del bosco a dominanza di conifere; dal momento che il sito occupa una porzione marginale del sistema boschivo, che peraltro è alquanto esteso lungo il versante, si valuta che non vi sia una compromissione della continuità ecosistemica.

Per quanto concerne la rete ecologica, il Rio Briscata, affluente del Bisagno, è segnalato come corridoio per specie di ambienti acquatici; la predisposizione del cantiere comporta l'occupazione di parte dell'impluvio, determinando un'interruzione della continuità ecologica.

6.3.1.8 Ambito Genova Ovest

L'area si localizza nella periferia di Genova, in cui le frange edificate vengono a contatto il sistema agricolo che si sviluppa lungo i versanti collinari terrazzati.

In questo ambito saranno realizzate le due rampe, quasi interamente in galleria, che garantiranno la nuova interconnessione tra le autostrade A7 e A10 esistente. È prevista anche la demolizione dell'elicoidale che connette attualmente l'A7 all'A10.

Saranno, dunque, inseriti nell'ambito i seguenti cantieri:

- **CI 31**, per gli imbocchi delle gallerie Moro 1 e Moro 2, che collegheranno l'A10 con la galleria Granarolo e con il casello di Genova Ovest
- **CI 30**, per gli imbocchi delle gallerie Moro 1 e Granarolo lato Genova e relativa pista di cantiere **VS 10**
- **CI 05**, cantiere funzionale alla demolizione dell'elicoidale

I cantieri di imbocco sopra elencati ricadono in parte a livello delle infrastrutture esistenti (CI 05, CI 31) e in parte su suoli agricoli (CI 30, VS 10). Considerando l'esiguità delle aree di intervento in ambito agricolo e l'assenza di habitat di pregio, si possono escludere interferenze rispetto all'assetto ecosistemico preesistente.

6.3.1.9 Opere connesse di cantierizzazione

Lo scavo meccanizzato, che porterà alla realizzazione di tutte le gallerie a ovest del torrente Polcevera, prevede la predisposizione di particolari opere connesse alla fase di scavo: lo slurrydotto e la pista di montaggio frese.

Lo slurrydotto sarà utilizzato per trasportare il materiale di scavo verso il cantiere CI 04, sulla costa, da cui successivamente verrà convogliato verso l'opera a mare.

La pista frese sarà il tragitto utilizzato per il trasporto delle parti della TBM non movimentabili sulla viabilità esistente.

Entrambe queste opere saranno localizzate lungo l'alveo del torrente Polcevera, che sarà arginato mediante una scogliera in massi naturali, e correranno parallele occupando una fascia, all'interno del letto del fiume, larga mediamente circa 20 metri.

Per quanto concerne la componente ecosistemica, sia lo slurrydotto che la pista frese, si sviluppano lungo il corso del torrente Polcevera e occupano quindi un territorio fortemente antropizzato, pertanto si considera trascurabile ogni tipo di alterazione a livello ecosistemico.

Il Torrente Polcevera costituisce un corridoio d'importanza per diverse specie prettamente acquatiche e per numerose specie ornitiche che percorrono la valle per gli spostamenti da e verso mare. Considerando la localizzazione delle opere connesse di cantierizzazione e la predisposizione di un argine che consentirà di separare le stesse dal letto del fiume, si ritiene che non vengano compromessi in modo rilevante gli habitat riferibili al sistema acquatico.

Considerando che il tratto di fiume interessato si inserisce in un contesto prettamente antropizzato si ritiene che le attività di cantiere non influenzino negativamente la frequentazione delle specie ornitiche, né compromettano la disponibilità di risorse trofiche. In conclusione si ritiene che le opere non costituiscano una criticità rispetto alla continuità ecologica che caratterizza il sistema fluviale.

6.3.2 Ambiente acquatico

6.3.2.1 Fase di realizzazione

Le analisi svolte e descritte nella componente Acqua hanno evidenziato che, durante la fase di realizzazione della colmata, non sono ipotizzabili rilasci significativi di inquinanti e fibre nel canale di calma. I fattori che potrebbero influire sulla comunità vivente presente nel canale di calma sono sostanzialmente legati alla generazione di torbidità nelle acque del canale. Tale fenomeno può essere dovuto:

- alle operazioni di posa del materiale per la formazione dello scanno di imbasamento dei cassoni;
- alle operazioni di riempimento dei cassoni.

Come dimostrato nel Quadro Progettuale, le operazioni di posa saranno estremamente limitate nel tempo e verranno condotte con tecnologie tali da minimizzare la risospensione del sedimento dal fondo e quindi senza significativi aumenti della torbidità.

Per quanto riguarda l'avifauna, il principale fattore di disturbo è legato alle emissioni sonore di alcune lavorazioni, visto che le emissioni aeree sono trascurabili rispetto a quelle generate dalle sorgenti preesistenti e che il passaggio dei mezzi navali è ininfluenza sugli uccelli.

I possibili effetti del rumore di origine antropica sulle specie o le comunità di Uccelli che utilizzano un determinato sito sono stati studiati diffusamente e numerosi sono i lavori pubblicati nella letteratura scientifica.

Con riguardo alla tematica qui considerata (possibile disturbo a colonie di gabbiano reale) sembra utile sottolineare alcune evidenze:

- non sono noti in letteratura evidenze di effetti negativi (riduzione nel numero di coppie o individui che utilizzano l'area di studio; stress comportamentali o fisiologici, ecc.) per livelli di esposizione pari o inferiori a 60 - 65 dBA (Dooling et al., 2007)⁹; si è più volte osservato come sia difficile separare gli effetti del rumore da quello causato da altri fenomeni perturbativi, quali il movimento di automezzi, la diffusione in atmosfera di inquinanti, ecc. Tuttavia, i pochi studi in cui è stato possibile separare gli effetti del rumore da quelli dovuti a qualsiasi altra fonte (Habib et al., 2007)¹⁰ confermano gli effetti negativi di rumori intensi;
- gli effetti sono certamente specie-specifici, con alcune specie più sensibili ed altre molto meno; è ben noto peraltro come esista il fenomeno dell'assuefazione (o "habituation") di molte specie a stimoli anche intensi, come i rumori, a cui però non corrispondano minacce dirette verso gli individui (Stolen, 2003¹¹; Conomy et al., 1998¹²; Dooling et al., 2007). Esperienze condotte nell'ambito del monitoraggio

degli effetti dei cantieri di costruzione delle opere mobili di Venezia (tuttora in corso) hanno confermato un'assuefazione al rumore di molte specie presenti. Un'ulteriore dimostrazione di questo fenomeno è costituita dalla nidificazione, isolata o in colonie, di specie anche di dimensioni medio-grandi e quindi probabilmente più sensibili agli stimoli, in prossimità di vie trafficate, canali, aeroporti. Secondo Nisbet (2000)¹³ in realtà esiste poca evidenza scientifica che le colonie di Sternidi, Laridi o Ardeidi siano significativamente minacciate dal disturbo umano, a parte evidenti casi di vandalismo o disturbo premeditato.

Effetti meno immediatamente evidenti, quali ad esempio una minor presenza degli adulti al nido o un diminuito successo riproduttivo delle coppie nidificanti, non sono da escludersi in linea teorica ma sembrano difficilmente riscontrabili in una tra le specie acquatiche più sinantropiche dell'avifauna italiana.

Si sottolinea inoltre che le lavorazioni sono situate in zona periferica rispetto ai siti di nidificazione (le aree industriali abbandonate) e l'ampiezza delle zone a disposizione dei volatili fa sì che questi possano agevolmente trovare siti alternativi se disturbati. Sulla base di queste considerazioni si ritiene che la presenza di mezzi di cantiere e le lavorazioni previste non siano in grado di influenzare negativamente le colonie stanziali di gabbiano reale presenti in zona aeroportuale.

6.3.2.2 Fase di realizzazione finita

Per la valutazione degli impatti sulla componente vivente presente nelle acque del canale di calma, si è tenuto conto degli effetti della modifica della geometria del canale sulle acque, stimati dagli studi modellistici idrodinamici e di qualità delle acque.

Per quanto riguarda i risultati degli studi idrodinamici, i parametri per i quali viene rilevata una variazione dallo stato attuale allo stato ad opera completata sono i seguenti:

- velocità della corrente;
- trasporto solido.

Per quanto riguarda i risultati dello studio modellistico della qualità delle acque, si rilevano minime variazioni nella concentrazione di ossigeno.

Per tutti questi parametri le variazioni risultano minime e del tutto ininfluenti sulla comunità biologica presente nella colonna d'acqua e sui fondali del canale stesso. Infatti l'area del canale di calma è sostanzialmente un'area portuale, in cui, come è noto, le comunità sia animali che vegetali eventualmente presenti sono caratterizzate da organismi generalmente tolleranti alle variazioni ambientali.

Va inoltre considerato che l'area in oggetto è fortemente influenzata dagli apporti del Torrente Polcevera, che in caso di eventi di piena altera in modo significativo le condizioni generali delle acque in ingresso nel canale. Tale fenomeno è indice di una forte instabilità, in un ambiente in cui le condizioni possono essere già naturalmente molto variabili.

Un ulteriore impatto potenziale è legato alla sottrazione di specchio acqueo; la realizzazione della colmata comporterà la sottrazione di 648.000 m² di fondale marino. Tale sottrazione di spazio inciderà principalmente sulla comunità bentonica sessile in quanto si ritiene che la comunità nectonica e parte della comunità bentonica vagile

⁹ Dooling, R.J. and Popper, A.N. (2007) The effects of highway noise on birds. Report to California Department of Transportation, contract 43A0139. (http://www.dot.ca.gov/hq/env/bio/avian_bioacoustics.htm)

¹⁰ Habib L., Bayne E., Boutin S. 2007. Chronic industrial noise affects pairing success and age structure of ovenbirds *Seiurus aurocapilla*. *Journal of Applied Ecology* 44: 176–184

¹¹ Stolen, E. D. 2003. The effects of vehicle passage on foraging behavior of wading birds. *Waterbirds* 26:429–436.

Warren, P. S., Katti, M. K., Ermann, M., and Brazel, A. 2006. Urban bioacoustics: it's not just noise. *Anim. Behav.* 71, 491-502

¹² Conomy, J. T., J. A. Dubovsky, J. A. Collazo, and W. J. Fleming. 1998. Do black ducks and wood ducks habituate to aircraft disturbance? *Journal of Wildlife Management* 62:1135–1142.

¹³ Nisbet I., 2000. Disturbance, Habituation, and Management of Waterbird Colonies. *Waterbirds: The International Journal of Waterbird Biology* Vol. 23, No. 2 (2000), pp. 312-332.

saranno in grado di rispondere attivamente all'occupazione del fondale spostandosi in altre zone del canale o al di fuori del canale stesso.

Tuttavia, allo stato attuale, non vi sono evidenze dell'esistenza di comunità animali sul fondale del canale, nè tanto meno di significativi popolamenti vegetali quali praterie di fanerogame o macroalghe.

La zona considerata è infatti attualmente già parte di un'area portuale fortemente condizionata dall'azione antropica, il che rende improbabile la presenza di biocenosi ben strutturate.

Per quanto riguarda l'avifauna, la presenza dell'ampliamento del sedime aeroportuale non comporterà alcuna variazione significativa rispetto alla situazione attuale.

6.4 IL RAPPORTO OPERA-AMBIENTE

6.4.1 Ambiente terrestre

Lo studio finora esposto, relativo alla componente Ecosistemi e Fauna, ha permesso di delineare le principali criticità connesse alla realizzazione e all'esercizio delle aree di cantiere in relazione alla sensibilità del territorio.

L'analisi effettuata ha evidenziato come il progetto in esame attraversi in alcuni casi aree a dominanza di ecosistemi naturali (boschi, arbusteti e praterie), in cui sono presenti aree di interesse per la biodiversità, come zone con caratteristiche di ecotono, siti diversificati dal punto di vista morfologico e litologico o corsi d'acqua con varietà di microhabitat e buona qualità delle acque.

Tra gli ambiti di pregio naturalistico, compresi nell'area di studio, si possono citare la valle del Varenna, dove si segnala la presenza del SIC Praglia - Pracaban – Monte Leco – Punta Martin, e l'ambito di Vesima, in cui è presente il margine sud-orientale del SIC /ZPS Beigua – Monte Dente – Gargassa – Paviglione.

Gli altri ambiti di intervento, in particolare Torbella, Genova Est e Voltri, si presentano parzialmente antropizzati a causa della presenza degli assi infrastrutturali e di tessuti edificati, che riducono la sensibilità territoriale; i versanti si caratterizzano per sistemi boschivi, che si alternano ai sistemi degli arbusteti e dei coltivi.

Sono decisamente antropizzati gli ambiti di Bolzaneto, per il tessuto industriale che si sviluppa lungo l'alveo del Torrente Polcevera, e di Genova Ovest, caratterizzato da un marcato sistema infrastrutturale e da frange del tessuto edilizio del capoluogo ligure.

Nell'ambito di Vesima le aree di cantiere per la realizzazione dei nuovi imbocchi in galleria comportano la sottrazione di porzioni di unità riferibili ai sistemi boschivi, interferenza che potrà essere in parte mitigata mediante la ricostituzione vegetale del versante.

Considerando inoltre che le aree di cantiere si inseriscono in corrispondenza di un'infrastruttura esistente, non si ritiene che possano insorgere particolari criticità rispetto alla frequentazione della fauna locale.

Le interazioni riscontrate nell'ambito di Voltri vanno valutate alla luce dell'ampiezza dei sistemi interferiti dalle aree di cantiere: l'assetto delle unità ecosistemiche interessate, seppur oggetto di frammentazione e sottrazione di habitat faunistici, non subisce alterazioni rilevanti in relazione alla struttura, complessità e funzionalità dei sistemi stessi. I fattori di impatto sono comunque limitati alla fase di cantiere, al termine della quale, sono previsti interventi atti a ricostituire la continuità eco sistemica.

Il cantiere in corrispondenza del torrente Varenna determina interazione diretta con gli habitat faunistici presenti lungo il sistema fluviale. L'interferenza inerente l'interruzione della continuità ecologica è da ritenersi contenuta, in ragione del carattere di reversibilità alla cessazione delle attività di cantiere e della limitata estensione dell'area coinvolta.

Gli ambiti di Coronata, Bolzaneto e Genova Ovest prevedono interventi che vanno ad interferire con situazioni decisamente antropizzate; ciò implica la presenza di aree fortemente degradate con vegetazione assente o contesti marginali di scarso valore ecosistemico.

Nell'ambito di Bolzaneto, sebbene il Polcevera configuri un corridoio ecologico, si presume che non vi sia alcuna compromissione della connettività territoriale preesistente.

Le aree interferite dalle superfici cantierizzate nell'ambito di Genova Est, oltre a contesti antropizzati, riguardano superfici ascrivibili a sistemi di arbusteti e boschi di conifere, la cui struttura, maturità e contiguità con ambienti degradati rendono gli impatti marginali in relazione anche alla temporaneità delle azioni connesse.

La criticità riscontrata in relazione all'area di Torbella coinvolge un elemento della rete ecologica che subisce un'interruzione parziale. Tale impatto non si ritiene, comunque, motivo di compromissione della connettività dell'area.

6.4.2 Ambiente acquatico

Dai campioni raccolti durante le indagini sulle caratteristiche del sedimento non sono stati ritrovati resti di organismi vegetali tali da far presumere l'esistenza nel canale di praterie di fanerogame o macroalghe.

Si assume inoltre che, trattandosi di area portuale, la biocenosi presente sarà presumibilmente dominata da poche specie di organismi tolleranti alle variazioni ambientali.

Si ritiene quindi che le variazioni sui parametri ambientali causate dalla presenza dell'opera a mare saranno minime.

Per quanto riguarda l'avifauna stanziale nella zona di progetto, gli impatti potenziali riguardano solo la fase di cantiere; tuttavia il disturbo generato dai mezzi di cantiere, sia in termini di emissioni che di semplice presenza, è limitato all'intorno immediato delle lavorazioni e secondario rispetto alle misure messe in atto dall'ente gestore dell'aeroporto per allontanare i volatili ed evitare collisioni con i veivoli.

7 RUMORE

7.1 ITEMI E LA METODOLOGIA DI LAVORO

7.1.1 I temi

Come detto nel capitolo dedicato all'illustrazione della metodologia di lavoro seguita nella redazione del presente Quadro ambientale dello SIA del progetto di Cantierizzazione, i Macrotemi afferenti detto SIA tematico sono rappresentati dalle "Infrastrutture autostradali come realizzazione" e dalle Opere connesse di cantierizzazione lette in funzione della loro valenza di "opere come manufatto fisico", "opere come realizzazione" ed "opere come esercizio".

Ciò premesso e ricordato che con il termine "Temi di Quadro" si sono intesi quegli elementi progettuali che, derivanti dalla scomposizione e selezione dei Macrotemi, hanno rilevanza con le finalità perseguite dai tre Quadri di riferimento previsti dal DPCM 27.12.18988, nel caso di quello ambientale detti temi sono stati già identificati nei seguenti termini (cfr. Tabella 7-1).

Tabella 7-1 Temi di riferimento (Temi di Quadro)

Opere	Macrotemi	Temi di riferimento	Temi di Quadro
Infrastrutture autostradali	• Opera come realizzazione	• Attività costruttive	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Costruzione dei viadotti ▪ Scavo costruzione delle gallerie e <ul style="list-style-type: none"> – Scavo meccanizzato – Scavo in tradizionale ▪ Movimentazione delle terre di scavo delle gallerie ▪ Gestione delle terre di scavo delle gallerie ▪ Approvvigionamento di materie prime
			• Aree a servizio della cantierizzazione
Opere connesse di cantierizzazione	• Opera come manufatto	• Opere a carattere temporaneo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Slurrydotto ▪ Pista di montaggio frese
		• Opere a carattere definitivo	• Opera a mare
	• Opera come realizzazione	• Attività costruttive	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Confinamento del Canale di Calma ▪ Chiusura dell'opera a mare ▪ Approvvigionamento delle materie
		• Aree a servizio della cantierizzazione	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aree di cantiere ▪ Itinerari di cantierizzazione
• Opera come esercizio	• Funzionamento	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Movimentazione dello slurry lungo lo slurrydotto ▪ Riempimento progressivo dell'opera a mare 	

Tale articolazione, nel caso del Quadro ambientale, tuttavia necessita di un'ulteriore verifica atta a contestualizzarla rispetto alle finalità perseguite dalle singole componenti ambientali. Come difatti illustrato nel capitolo introduttivo, benché in termini generali il Quadro ambientale sia nel suo complesso rivolto a determinare il rapporto Opera – Ambiente, ognuna di dette componenti declina detta finalità generale in relazione ai beni ed alle risorse ad essa attinenti, aspetto quest'ultimo che ha condotto alla necessità di giungere alla definizione dei Temi di Quadro, locuzione con la quale si è inteso definire quei temi di riferimento che per l'appunto sono rilevanti rispetto alle finalità assegnate dal DPCM 27.12.1988 alle singole componenti.

Le modalità mediante le quali definire i Temi di Quadro sono state fondate sul riconoscimento dell'esistenza di un legame causale tra le azioni di progetto connesse agli elementi progettuali esaminati e gli impatti potenziali da dette azioni derivanti, che sia rilevante rispetto alle finalità assegnate alla componente di volta in volta indagata.

Nel caso della componente Rumore, il quadro delle azioni di progetto, dei fattori causali e dei relativi impatti potenziali presi in esame può essere sintetizzato nei seguenti termini (cfr. Tabella 7-2).

Tabella 7-2 Azioni di progetto, fattori causali ed impatti potenziali

Azioni di progetto	Fattori causali	Impatti potenziali
Presenza dei cantieri industriali	Emissioni acustiche per la movimentazione di macchinari da cantiere	Modificazione del clima acustico
	Emissioni acustiche per le attività di betonaggio	
	Emissioni acustiche per le attività di frantumazione	
	Emissioni acustiche per le attività di stoccaggio	
Realizzazione di tratti di rilevato / trincea	Emissioni acustiche per movimentazione terre	
Realizzazione di galleria	Emissioni acustiche per la movimentazione terre attività di scavo e di ventilazione galleria	
Realizzazione di viadotto	Emissioni acustiche per le attività di scavo, getto cls e presenza di macchinari	
Trasporto smarino	Emissioni acustiche per il trasporto meccanizzato lungo lo slurrydotto	
Realizzazione opera a mare	Emissioni acustiche per il trasporto meccanizzato lungo lo slurrydotto	
Trasporto dei materiali da costruzione	Emissioni acustiche da traffico di cantierizzazione	

7.1.2 La metodologia

Le problematiche di impatto da rumore emesso in fase di costruzione di infrastrutture di trasporto stradali hanno assunto in questi ultimi anni una significativa rilevanza e sono tali da determinare, nei casi estremi, forti condizionamenti ai tempi e alle modalità operative. E' quindi sempre consigliabile identificare un insieme di requisiti minimi che dovrebbero essere in ogni caso rispettati dal cantiere al fine di garantire una prestazione minima, ulteriormente migliorabile con interventi di maggiore complessità e impegno finanziario.

A tal fine è stato condotto uno studio acustico della cantierizzazione in cui sono state evidenziate le principali tipologie di lavorazioni per la realizzazione dell'opera, i macchinari utilizzati, la loro percentuale di utilizzo nell'arco della lavorazione e l'eventuale contemporaneità tra più di essi.

In linea generale, lo studio della componente rumore nell'ambito delle attività di cantiere viene svolto rispetto a due macrotipologie di lavorazioni: quelle relative ai cantieri fissi e quelle relative ai cantieri mobili.

Nel caso del nodo autostradale di Genova, data la complessità del territorio, siamo in presenza quasi esclusiva di cantieri operativi fissi che a loro volta si distinguono in cantieri industriali, cantieri di imbocco galleria e cantieri opere d'arte.

All'interno di ogni cantiere sono state individuate le tipologie di lavorazione previste, i macchinari utilizzati, la loro percentuale di utilizzo nell'arco della lavorazione e l'eventuale contemporaneità tra più di essi.

In particolare, in base a quanto riportato nel Quadro di Riferimento Progettuale, si evince quanto segue:

- *Campo base*: è stato individuato 1 campo base in corrispondenza del sito ex ERG, situato all'altezza del viadotto Morandi ed in destra idrografica del torrente Polcevera;
- *Cantieri operativi*: questa tipologia di cantiere è ubicata lungo i punti nevralgici del tracciato. In tutto sono stati individuati 16 cantieri operativi di imbocco galleria / viadotto e 16 cantieri industriali.

Infine, separatamente, vengono analizzate anche le ricadute ambientali lungo la *viabilità* di collegamento tra i siti di cava e/o deposito e le aree di lavorazione.

La presente analisi acustica viene condotta attraverso uno specifico software di simulazione (codice Mithra) che, al suo interno, ha un ampio database di sorgenti specifiche di cantiere.

I valori di simulazione sui ricettori sono quindi messi a confronto con i limiti indicati dalla normativa di settore e dalla pianificazione specifica elaborata dalle amministrazioni locali, di cui si fornisce una breve descrizione.

Nell'ambito delle opere connesse di cantierizzazione, particolare attenzione è stata rivolta allo slurrydotto e alla realizzazione dell'opera a mare.

La progettazione dello slurrydotto è stata particolarmente mirata a definire le caratteristiche di isolamento necessarie per garantire emissioni acustiche accettabili. La stima delle emissioni acustiche è stata effettuata mediante un approccio modellistico basato su un'analisi modale con codice di calcolo FEM, tenendo conto di ipotesi di lavoro semplificative, ma comunque rappresentative e tendenti, ai fini di una maggiore cautela nei confronti della popolazione residente, ad un'approssimazione per eccesso del fenomeno.

Invece, per la valutazione dell'inquinamento da rumore nella zona del canale di calma, sia nello stato attuale che in quello previsto per la configurazione futura, si è tenuto conto dell'utilizzo attuale delle zone limitrofe, in particolare l'aeroporto, e della normativa locale in termini di zonizzazione acustica.

Come noto, le informazioni disponibili (zonizzazione acustica e mappatura acustica strategica del Comune di Genova; Piano di sviluppo infrastrutturale dell'aeroporto "Cristoforo Colombo") non sono completamente omogenee. Infatti, le valutazioni del Comune si basano sui consueti parametri per la valutazione dell'inquinamento acustico definiti dalla Legge 26 ottobre 1995 n. 447, mentre le valutazioni effettuate per l'Aeroporto hanno come riferimento quanto previsto dal DMA 31.10.1997 "Metodologia di misura del rumore aeroportuale".

Inoltre, anche le valutazioni dei potenziali effetti dovuti alla realizzazione dell'opera dovranno essere eseguite sulla medesima base adottata dal Comune di Genova e, pertanto, si è posto il problema di omogeneizzare i dati disponibili al fine di utilizzarli come base per le valutazioni successive.

A tal fine è stato predisposto un modello per la valutazione della propagazione del rumore che consente, una volta nota l'energia emessa alla sorgente, di valutare nel territorio circostante, e in particolare in corrispondenza di eventuali punti sensibili, il livello sonoro indotto.

Il modello adottato è "Sound Plan", sviluppato specificamente per il calcolo e la previsione della propagazione nell'ambiente del rumore derivato da traffico veicolare, ferroviario, aeroportuale, da insediamenti industriali (sorgenti esterne ed interne), per il calcolo di barriere acustiche e delle concentrazioni degli elementi inquinanti dell'aria.

È stato sviluppato dalla SoundPLAN LLC (Germania) ed è uno dei software previsionali acustici più diffuso al mondo.

Permette la modellizzazione acustica in accordo con decine di standard nazionali deliberati per il calcolo delle sorgenti di rumore e, basandosi sul metodo del Ray Tracing, è in grado di definire la propagazione del rumore sia su grandi aree, fornendone la mappatura, sia per singoli punti, fornendo i livelli globali e la loro scomposizione direzionale.

Tra gli standard forniti (tutti compresi nel modulo base) vi sono quelli che fanno riferimento alle future norme europee in via di pubblicazione (COM2000-468) e comunque la struttura del software permette il facile inserimento di eventuali nuovi standard.

Con questo modello è stata schematizzata l'area di interesse (Figura 7-1), tenendo conto sia dell'altimetria locale del sistema, sia dei principali edifici presenti nelle immediate vicinanze del canale di calma.

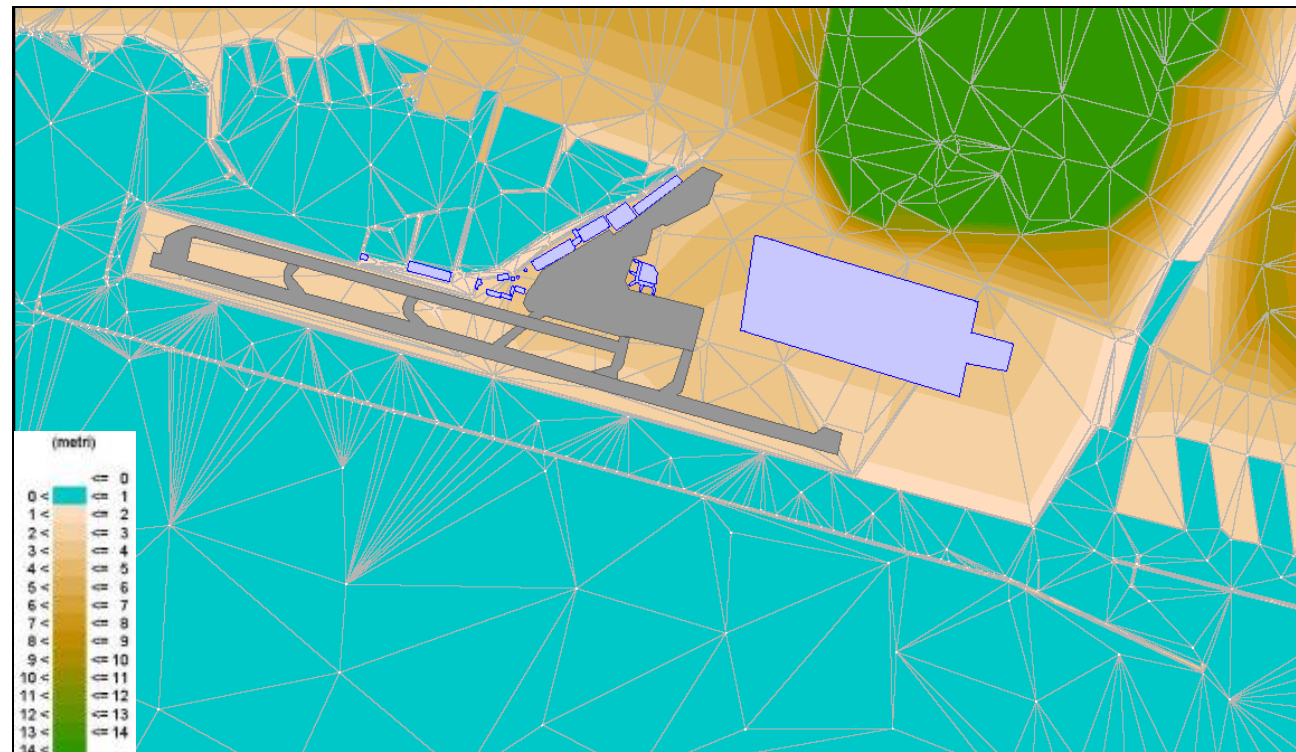


Figura 7-1 Schematizzazione con il modello SoundPLAN della zona del canale di calma e dell'aeroporto di Genova

In particolare, data la morfologia pianeggiante dell'area di interesse, sono stati inseriti nella schematizzazione i principali edifici, specialmente della struttura aeroportuale, che possono avere un'influenza nella propagazione del rumore.

7.2 QUADRO CONOSCITIVO

7.2.1 La zonizzazione acustica del comune di Genova

Da un punto di vista normativo, l'inquinamento acustico è soggetto ai piani territoriali sviluppati dal Comune in termini di zonizzazione acustica.

La zonizzazione acustica del Comune di Genova, approntata con riferimento alla Legge 447/95 ed approvata dalla Giunta della Provincia di Genova con delibera n. 234/2002, ha identificato 6 classi di destinazioni d'uso del territorio (cfr. Tabella 7-3), i cui limiti acustici sono riportati in Tabella 7-4.

Tabella 7-3 Classificazione acustica del territorio – Classi di destinazioni d'uso

CLASSE I Aree particolarmente protette
Aree per le quali la quiete rappresenta un elemento di base per la loro utilizzazione: aree ospedaliere, scolastiche, aree destinate al riposo e allo svago, aree residenziali rurali, aree di particolare interesse urbanistico, parchi pubblici, ecc.
CLASSE II Aree ad uso prevalentemente residenziale
Aree urbane interessate prevalentemente da traffico veicolare locale, con bassa densità di popolazione, con limitata presenza di attività commerciali ed assenza di attività industriali ed artigianali.
CLASSE III Aree di tipo misto
Aree urbane interessate da traffico veicolare locale o di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di aree rurali interessate da attività che impiegano macchine operatrici, con presenza di attività commerciali, uffici, limitata presenza di attività artigianali ed assenza di attività industriali.
CLASSE IV Aree di intensa attività umana
Aree urbane interessate da intenso traffico veicolare, con alta densità di popolazione, con elevata presenza di attività commerciali ed uffici, con presenza di attività artigianali, le aree in prossimità di strade di grande comunicazione e di linee ferroviarie, le aree portuali, le aree con limitata presenza di piccole industrie, i quartieri fieristici ed i centri commerciali.
CLASSE V Aree prevalentemente industriali
Rientrano in questa classe le aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni.
CLASSE VI Aree esclusivamente industriali
Le aree esclusivamente interessate da attività industriale e prive di insediamenti abitativi, le aree destinate ad attività estrattiva o di cava e le aree portuali ove abbiano luogo attività con caratteristiche di tipo industriale.

Tabella 7-4 Classificazione acustica del territorio – Limiti per classi

Classe	Limiti Immissione (dB)		Limiti Emissione (dB)		Limiti Qualità (dB)	
	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo
I	50	40	45	35	47	37
II	55	45	50	40	52	42
III	60	50	55	45	57	47
IV	65	55	60	50	62	52
V	70	60	65	55	67	57
VI	70	70	65	65	70	70

Le varie aree in cui vengono effettuati gli interventi attraversano zone di diversa classificazione in ragione della densità insediativa e delle attività antropiche presenti.

L'area dell'aeroporto C. Colombo e zone limitrofe (cfr. Figura 7-2) è stata inclusa nella classe VI "Aree esclusivamente industriali", che ha, come limiti acustici di riferimento, i 70 dB, sia in termini di immissione che di qualità, ed i 65 dB, in termini di emissione. Nelle immediate vicinanze non sono presenti aree più sensibili, tenendo conto che, tra l'area di cantiere dell'opera a mare e gli abitati di Genova a est e Sestri Ponente a ovest, si interpone, comunque, sempre la zona aeroportuale.

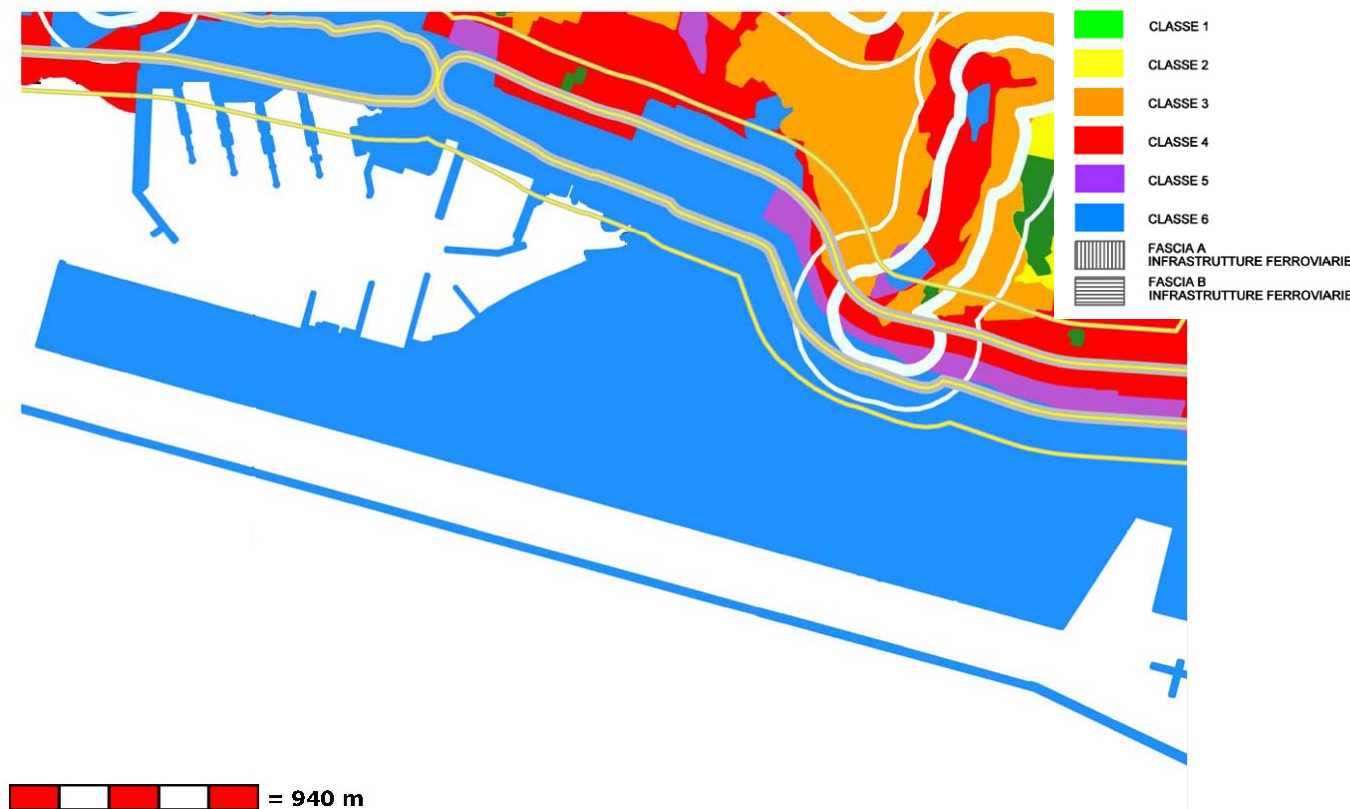


Figura 7-2 Comune di Genova - Zonizzazione acustica dell'area di interesse - Legge Quadro 447-95 – Legge Regionale 12-98

Si precisa che per le attività temporanee di cantieri che comportano il superamento dei valori di cui all'art. 2 della legge n° 447/1995, la normativa regionale (cfr. il quadro normativo di cui all'allegato MAM-I-AMBX-RUM-001, con particolare riferimento alla *Deliberazione della Giunta Regionale n. 2510 del 18.12.1998*) stabilisce che il valore limite massimo di immissione misurato in facciata dell'edificio più esposto non dovrebbe superare, a prescindere da quanto indicato dalle classi della zonizzazione:

- 70 dB(A) limitatamente agli intervalli lavorativi concessi, nella fascia oraria dalle ore 8.00 alle ore 19.00;
- 80 dB(A) limitatamente a fasce orarie esplicitamente stabilite e ricomprese tra le ore 09.00 e le ore 12.00 e tra le ore 15.00 e le ore 19.00; potrebbero essere autorizzate fasce orarie pomeridiane diverse, purché di durata complessiva non superiore alle quattro ore, qualora la situazione locale e/o il periodo stagionale lo consentano.

Limiti superiori potranno essere concessi per particolari tipologie di attività e di macchinari, qualora gli interventi di contenimento o riduzione del rumore adottabili non consentano la riduzione dell'esposizione dei soggetti esterni al cantiere. Tali limiti dovranno essere permessi per periodi il più possibile limitati, da individuarsi nelle fasce orarie dalle ore 09.00 alle ore 12.00 e dalle ore 15.00 alle ore 19.00.

7.2.2 Il Piano di Sviluppo Aeroportuale

Da un punto di vista normativo, l'area dell'opera a mare è anche soggetta alle limitazioni relative all'utilizzo aeroportuale, da determinarsi sulla base del DMA. 31.10.1997 "Metodologia di misura del rumore aeroportuale".

L'Aeroporto di Genova ha fatto redigere nel 1998, con aggiornamento nel 2000, ad Aeroporti di Roma, il "Piano di Sviluppo infrastrutturale" dell'aeroporto Cristoforo Colombo di Genova, che contiene la previsione di sviluppo fino al periodo 2015-2017.

Sulla base dei traffici aeroportuali previsti, è stata elaborata, sempre nell'ambito del Piano, una carta di isolivelli acustici con orizzonte 2015 (Figura 7-3), con livelli acustici espressi in LVA (Livello di Rumore Aeroportuale).

L'indice LVA è un parametro acustico annuale, utilizzato per la valutazione dei livelli di immissione sonora associati alla sola movimentazione aerea, e viene determinato secondo la metodologia indicata nell'apposito allegato del succitato Decreto:

- tutti gli eventi sonori misurati dalla centralina e associati alle fasi di decollo/atterraggio degli aerei sono mediati sull'intera durata del periodo di riferimento considerato (periodo diurno: 06.00÷23.00; periodo notturno: 23.00÷06.00). Dopo aver penalizzato di 10 dB(A) il livello notturno, viene calcolato l'indice LVA giornaliero e settimanale;
- l'anno di riferimento viene suddiviso in tre periodi (1 ottobre ÷ 31 gennaio, 1 febbraio ÷ 31 maggio, 1 giugno ÷ 30 settembre), all'interno dei quali viene individuata la settimana caratterizzata dal più alto numero di movimenti aerei e preso in considerazione il corrispondente livello LVA settimanale;
- l'indice LVA viene infine calcolato come media logaritmica dei tre livelli medi settimanali sopra individuati.

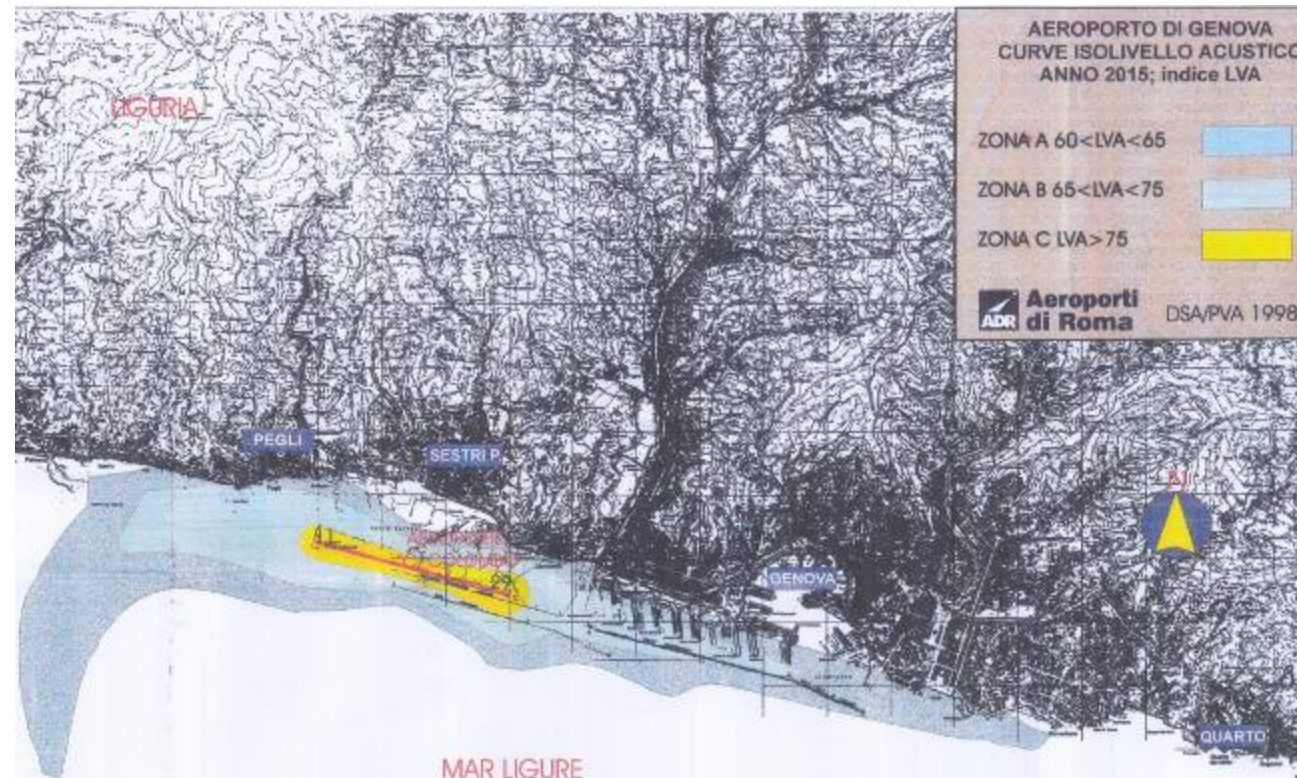


Figura 7-3 Curve di isolivello acustico previste per l'anno 2015 – Indice LVA

In base a quanto disposto dal D.M.A. 31.10.1997, l'intorno aeroportuale deve essere suddiviso nelle seguenti zone territoriali:

- zona A, nella quale non sono previste limitazioni agli usi ed in cui il livello di valutazione del rumore aeroportuale (indice LVA) non può superare i 65 dB(A);
- zona B, nella quale sono consentiti solo alcuni usi (attività agricole, industriali, commerciali, etc.) ed in cui l'indice LVA non può superare il valore di 75 dB(A);
- zona C, nella quale sono consentite esclusivamente le attività connesse con l'infrastruttura aeroportuale, ed in cui non sono previste limitazioni all'indice LVA.

Come si può notare l'indice LVA, che è leggermente più conservativo degli usuali limiti adottati per la zonizzazione, per le aree di interesse del presente progetto, deve essere contenuto tra i 65 e i 75 dB (A).

7.2.3 Indagini fonometriche

Nel presente studio acustico, analogamente a quanto avvenuto per il SIA del progetto infrastrutturale, si è tenuto conto degli esiti delle indagini fonometriche effettuate nell'area in esame nel corso dell'elaborazione di studi ambientali effettuati negli anni compresi dal 2004 al 2010. Le indagini cui si è fatto riferimento sono rappresentate da due campagne risalenti rispettivamente al 2004 ed al 2007 (indagini pregresse) e da un'ulteriore campagna del 2010 effettuata nell'ambito del presente progetto definitivo.

Le indagini a disposizione sono classificabili in base a tre diverse tipologie di monitoraggio:

- Indagini settimanali,

- Indagini giornaliere,
- Indagini volte alla valutazione dell'efficacia degli infissi esistenti.

Nel seguito si riporta una sintesi dei dati rilevati nel 2010 (livelli equivalenti diurni e notturni, sia per i punti giornalieri che per i punti settimanali, e valutazione dell'efficacia degli infissi esistenti – cfr. da Tabella 7-5 a Tabella 7-8), rimandando al SIA del Progetto Infrastrutturale per un'analisi anche delle campagne pregresse (2004 e 2007).

Tabella 7-5 Indagini giornaliere del 2010

Punto di misura	Indirizzo	Tipologia Misura	Giorno di misura	Valori in dB(A) - LA _{eqTRC}	
				diurno	notturno
RU107	Via Granara, 10	Giornaliera	1	63,4	53,1
RU111	Via delle Fabbriche, 45		1	68,8	63,5
RU120	Via N. S. della Guardia, 19		1	68,2	61,1
RU121	Via Torbella, 22		1	58,2	54,1

Tabella 7-6 Indagine settimanale su RU 110 del 2010

Punto di misura	Indirizzo	Tipologia Misura	Giorno di misura	Leq dB(A)	Leq dB(A)
				diurno	notturno
RU110	Via Molinetto di Voltri, 70	Settimanale	1	59,6	57,6
			2	58,9	56,9
			3	58,3	56,4
			4	57,9	57,9
			5	58,8	57,5
			6	58,5	57,5
			7	58,1	56,4
SETT	58,6	57,1			

Tabella 7-7 Indagine settimanale su RU 125 del 2010

Punto di misura	Indirizzo	Tipologia Misura	Giorno di misura	Leq dB(A)	Leq dB(A)
				diurno	notturno
RU125	Via Sardorella, 51	Settimanale	1	69,1	59,9
			2	68,4	61,4
			3	68,0	62,0
			4	65,0	62,4
			5	67,9	64,6
			6	68,3	62,0
			7	69,2	60,4
SETT	68,1	62,1			

Tabella 7-8 Indagine sull'efficacia degli infissi esistenti

Punto di misura	Indirizzo	Tipologia Misura	Giorno di misura	L _{D,FC}
				diurno
RU107 DC	Via Granara, 10	Efficacia infissi esistenti	1	29,9
RU111 DC	Via delle Fabbriche, 45		1	39,5
RU120 DC	Via N. S. della Guardia, 19		1	43,5

7.2.4 Principali lavorazioni previste nei cantieri

Si tratta di cantieri di costruzione stradale che comprendono movimenti di materie, fondazioni speciali, pavimentazioni e strutture in c.a. ed acciaio.

Le emissioni significative di rumore sono dovute all'impiego di mezzi e attrezzature con motori a combustione interna, alla percussione durante le fasi di perforazione, alla demolizione con martelli demolitori sia manuali che montati su escavatori, all'impiego di macchinari per il cls, all'impiego di ventole per l'aerazione dei cantieri in galleria e al transito di automezzi.

Per quanto riguarda i cantieri industriali, le lavorazioni potenzialmente impattanti sotto il profilo acustico si desumono dalla tabella degli apprestamenti di cantiere riportata nel capitolo specifico del Quadro progettuale del presente SIA dove, oltre alla presenza di macchinari mobili (autocarri, betoniere, ecc.) si evincono le attività rumorose, sinteticamente indicate di seguito:

- Impianto di frantumazione (Cantieri CI06 e CI12);
- Impianto di betonaggio (Cantieri CI03, CI07 e CI11);
- Area di caratterizzazione terre (Cantieri CI04, CI06 e CI12);
- Stoccaggio materiali e Carroponte (Cantieri CI15).

Per quanto riguarda i cantieri operativi, le lavorazioni potenzialmente impattanti sotto il profilo acustico, così come analizzate nel quadro progettuale del presente SIA, si riassumono nelle seguenti fasi operative:

- Rilevati;
- Gallerie – Fase 1: Scavo fronte esterno;
- Gallerie – Fase 2: Scavo interno;
- Viadotti – Fase 1: Pali grande diametro;
- Viadotti – Fase 2: Opere in Cemento Armato.

Rilevati

Queste lavorazioni prevedono l'impiego di bulldozer per la stesa e di rulli per la compattazione, oltre agli autocarri necessari per il trasporto del materiale.

Mezzi/Attrezzature	Potenza (stima)
Autocarro	223 kW
Bulldozer	140 kW
Rullo	106 CV

Gallerie – Scavo fronte esterno

Queste lavorazioni prevedono l'impiego di un escavatore con martellone per lo scavo, autobetoniera, pompa ed impianto di miscelazione per il rifornimento di calcestruzzo, oltre agli autocarri necessari per il trasporto del materiale.

Mezzi/Attrezzature	Potenza (stima)
Escavatore con martellone	
Autobetoniera	
Autocarro	223 kW
Gruppo miscelatore – pompa cls	
Elettrogeneratore	50 kVA

Gallerie – Scavo interno

In questo caso, sono state trascurate le emissioni dovute allo scavo, in quanto, essendo le stesse condotte all'interno della galleria, giungeranno notevolmente attenuate all'uscita della stessa. Oltre ai macchinari previsti nello scavo del fronte esterno, va inserita la ventola di aerazione (una per ogni imbocco).

Mezzi/Attrezzature	Potenza (stima)
Ventola di aerazione	
Autobetoniera	
Autocarro	223 kW
Gruppo miscelatore – pompa cls	
Elettrogeneratore	50 kVA

Viadotti - Pali grande diametro

Vengono realizzati con una trivella, un escavatore di servizio per la movimentazione delle gabbie di armatura e per il carico del materiale di risulta, autocarri per il trasporto dei materiali di risulta e delle gabbie di armatura ed autobetoniere per il getto.

Mezzi/Attrezzature	Potenza (stima)
Trivella	
Escavatore di servizio	100 kW
Motocompressore	60 CV
Autobetoniera	
Pala gommata	91 kW
Autocarro	223 kW
Pompa riciclo bentonite	
Elettrogeneratore	50 kVA

Viadotti - Opere in c.a.

Questa voce comprende le strutture in c.a. sia in fondazione che in elevazione e gli impalcati. Le attrezzature impiegate sono generalmente: autogrù per sollevamenti e movimentazione casseforme, pompe e autobetoniere per il getto del cls.

Mezzi/Attrezzature	Potenza (stima)
Autogrù	162 kW
Motocompressore	20 CV
Vibratore ad ago	/
Autobetoniera	/
Pompa autocarrata	/
Sega circolare	/

Le percentuali di impiego dei singoli mezzi nell'ambito delle sottofasi componenti ogni lavorazione e la contemporaneità di utilizzo sono illustrate nel seguito (cfr. Tabella 7-9).

Tabella 7-9 Schema di organizzazione e tempistica delle fasi lavorative

% IMPIEGO MEZZI E CONTEMPORANEITÀ			
RILEVATI			
Mezzi/Attrezzature	Stesa: durata 80%	Compattazione: durata 20%	
Autocarro	20%		
Bulldozer	100%		
Rullo		100%	
GALLERIE – Scavo esterno			
Mezzi/Attrezzature	Scavo: durata 100%		
Escavatore con martellone	100		
Autocarro	20		
Autobetoniera	30		
Gruppo miscelatore- pompa cls	40		
Elettrogeneratore	40		
GALLERIE – Scavo interno			
Mezzi/Attrezzature	Scavo: durata 100%		
Autobetoniera	30		
Gruppo miscelatore - pompa cls	40		
Elettrogeneratore	40		
Ventola aerazione	100		
VIADOTTI – Pali di grande diametro			
Mezzi/Attrezzature	Perforazione: durata 80%	Posa gabbia: durata 5%	Getto: durata 15%
Escavatore con Rotary	100%		
Escavatore di servizio		100%	100%
Motocompressore			100%
Autobetoniera			100%
Pala Gommata	20%		
Autocarro	10%	10%	
Pompa riciclo Bentonite	100%	100%	100%
Elettrogeneratore	100%	100%	100%
VIADOTTI – Opere in c.a.			
Mezzi/Attrezzature	Casseratura: durata 70%	Posa ferro: durata 20%	Getto cls: durata 10%
Autogru	80%	80%	
Motocompressore			100%
Vibratore ad ago			100%
Autobetoniera			100%
Pompa autocarrata			100%
Sega circolare	15%		

Una volta determinate le emissioni di ogni mezzo, applicando le percentuali di impiego e di contemporaneità, è stato possibile valutare il rumore generato durante l'esecuzione delle varie opere in costruzione.

Per la caratterizzazione delle emissioni dei macchinari sono stati utilizzati, ove disponibili, dati estrapolati da precedenti indagini fonometriche specifiche, effettuate presso alcuni siti di cantiere. Per gli altri macchinari si è ricorso ove possibile, a quanto indicato dal Dlgs. 262/02, o in alternativa a dati ricavati dal database del software di simulazione Mithra o da informazioni bibliografiche. Complessivamente sono state definite le emissioni di 18 sorgenti operanti nei cantieri analizzati che sono riportati nella Tabella 7-10.

Tabella 7-10 Stima delle potenze acustiche dei macchinari di cantiere

Attrezzatura	Lw dB(A)	Fonte
Bulldozer	107.6	Da Dlgs. 262/02
Rullo 68 kW	106.8	Da Dlgs. 262/02
Escavatore con martellone	115.5	Database Mithra
Escavatore 100 kW	106	Da Dlgs. 262/02
Autocarro (ipotesi 223 kW)	107.8	Da Dlgs. 262/02
Pala gommata 91 kW	103.5	Da Dlgs. 262/02
Trivella	118.5	Misura diretta
Motocompressore 60 CV	98.3	Da Dlgs. 262/02
Elettrogeneratore 50 kVA	96.7	Da Dlgs. 262/02
Autobetoniera	114.9	Misura diretta
Gruppo miscelatore - pompa CLS	99.5	Misura diretta
Pompa riciclo bentonite	98.5	Misura diretta
Autogru (ipotesi 162 kW)	106.3	Da Dlgs. 262/02
Sega circolare	120	Bibliografia
Motocompressore 20 CV	97	Da Dlgs. 262/02
Vibratore ad ago	108	Bibliografia
Pompa autocarrata	103.8	Bibliografia
Ventola di aerazione	117.6	Misura diretta

7.2.5 Flussi di traffico previsti

Le attività di cantiere correlate all'intervento di potenziamento dell'autostrada produrranno inevitabilmente un incremento del traffico pesante nelle aree circostanti, per la necessità di collegamento con i cantieri industriali e operativi. Tale operazione ha reso possibile la verifica della distribuzione dei mezzi di trasporto materiale sui tronchi stradali disponibili.

Dall'analisi complessiva della disposizione dei cantieri sono state individuate 18 sezioni, per ognuna delle quali è stato considerato il numero di transiti bidirezionali di mezzi pesanti definito dal piano di cantierizzazione delle opere. La viabilità e le sezioni individuate sono riportate nella tavola della cantierizzazione allegata al presente documento (cfr. APG-0902); di seguito si riportano i relativi valori di traffico considerando sia i flussi di cantiere, sia i normali flussi veicolari sulla viabilità (cfr. Tabella 7-11).

Tabella 7-11 Valori di traffico

Nome Arco	Automezzi Giorno per senso di marcia	TGM ATTUALE Leggeri	TGM ATTUALE Pesanti
A7 Bolzaneto - Busalla direzione Nord	40	21.500	4.942
A7 Bolzaneto - Busalla direzione Sud	20	20.350	3.744
A7 Bolzaneto - Busalla direzione Nord	20	21.500	4.942
A12 esistente direzione Ovest	45	23.432	4.602
A12 esistente direzione Est	44	29.245	5.577
A12 esistente direzione Ovest	17	23.432	4.602
A12 esistente direzione Est	18	29.245	5.577
A12 esistente direzione Ovest	18	19.518	3.691
A12 esistente direzione Est	18	22.389	4.111
Interconnessione A7-A12	45	14.273	2.843
A7 Genova Ovest - Interconnessione direzione Sud	65	32.615	6.322
A7 Genova Ovest - Interconnessione direzione Nord	65	26.596	6.243
A10 Genova Aeroporto interconn. A7 direzione Ovest	86	31.745	6.240
A10 Genova Aeroporto interconn. A7 direzione Est	87	28.135	4.592
GE est - GE aeroporto direzione Nord	74	9.385	588
GE est - GE aeroporto direzione Sud	74	13.908	1.625
San Benigno interconnessione A7-A10 direzione Nord	10	31.108	4.260
San Benigno interconnessione A7-A10 direzione Sud	9	28.042	4.363
A10 Genova Voltri - Genova Pegli carreggia dir. Ovest	12	24.736	5.000
A10 Genova Voltri - Genova Pegli carreggia dir. Est	13	28.203	5.055
A10 Arenzano-Interconn. Genova Voltri – Dir. Ovest	39	22.195	5.413
A10 Arenzano-Interconn. Genova Voltri – Dir. Est	39	23.105	4.788
A10 Arenzano-Interconn. Genova Voltri – Dir. Ovest	77	13.981	2.025
A10 Arenzano-Interconn. Genova Voltri – Dir. Ovest	39	23.004	4.572
A10 Arenzano-Interconn. Genova Voltri – Dir. Est	1	12.096	2.089
A10 Arenzano-Interconn. Genova Voltri – Dir. Est	1	21.538	5.211

7.2.6 Immissioni attuali nell'area dell'opera a mare

La realizzazione dell'opera a mare coinvolge un'area attualmente ad uso di collegamento portuale e che si sviluppa in adiacenza all'area di pista dell'aeroporto "Cristoforo Colombo" di Genova.

L'attuale clima acustico della zona di interesse è sostanzialmente determinato da due diverse possibili sorgenti:

- le attività aeroportuali, specialmente nella fase di decollo e di atterraggio degli aeromobili;
- il traffico portuale che si sviluppa attualmente nel canale di calma.

Le altre sorgenti sonore significative, il traffico veicolare lungo la SP1 e l'ILVA, sono infatti localizzate ad una distanza tale da essere trascurabili rispetto alle precedenti.

In realtà, anche l'inquinamento acustico dovuto al traffico portuale si può considerare ininfluente in quanto trattasi di traffico assolutamente sporadico, limitato a poche imbarcazioni al giorno, di limitata dimensione. Per quanto motivo la sorgente principale di rumore è rappresentata dal traffico aeroportuale.

Per le valutazioni in termini di propagazione del rumore da applicare al presente progetto, si è reso necessario arrivare ad una valutazione quantitativa del contributo dovuto alle sorgenti attualmente presenti sul territorio: l'aeroporto, con i quasi 50 voli/partenze al giorno, costituisce un'area produttiva di forte immissione.

Con l'ausilio del modello matematico attraverso il software Mithra, si è valutata la distribuzione attuale delle curve di isolivello acustico ipotizzando come sorgente la pista dell'aeroporto e attribuendo, a titolo conservativo, un valore di immissione costante nelle ore diurne (dalle 6 alle 22).

I risultati, per un'altezza di 1.5 m dalla quota del terreno, sono riportati nella Figura 7-4: attualmente la pressione acustica nell'area del canale di calma indotta dal traffico aereo è compresa tra i 45 e i 55 dB(A).

È da notare, inoltre, come la distribuzione dei livelli di pressione acustica sia sostanzialmente confrontabile con quella riportata dal piano di sviluppo aeroportuale, almeno per la parte dove si è mantenuta una parità di distribuzione della sorgente di immissione.

Nelle attuali simulazioni, infatti, non si è tenuto conto dei corridoi di decollo ed atterraggio che, invece, sono stati inclusi nelle previsioni del piano.

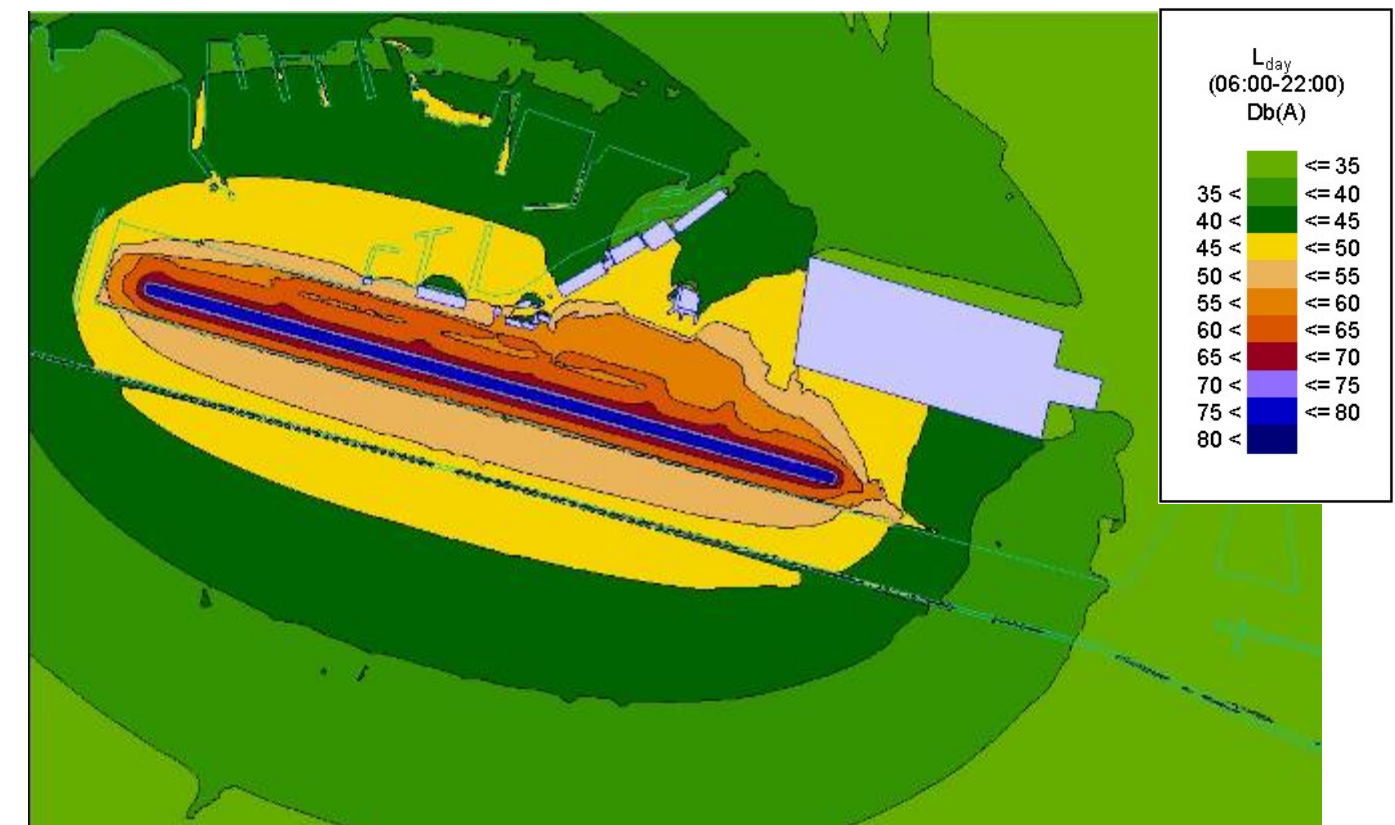


Figura 7-4 Distribuzione delle curve di isolivello acustico (dB(A)) per la situazione attuale

7.3 ANALISI DELLE INTERAZIONI OPERA-AMBIENTE

7.3.1 Il modello di simulazione acustica dei cantieri

Le analisi acustiche sono state condotte attraverso il software Mithra. La descrizione del codice di calcolo viene riportata nell'allegato MAM-I-AMBX-RUM-004.

7.3.1.1 Schematizzazione dei cantieri operativi

Come già anticipato, le principali lavorazioni che producono rumore si possono riassumere in:

- Rilevati;
- Gallerie – Fase 1: Scavo fronte esterno;
- Gallerie – Fase 2: Scavo interno;
- Viadotti – Fase 1: Pali grande diametro;
- Viadotti – Fase 2: Opere in Cemento Armato.

Per poter procedere con le simulazioni acustiche è stato necessario individuare le composizioni tipo dei cantieri da inserire nelle simulazioni, sia per quanto riguarda la tipologia e la quantità di macchinari, che per quanto riguarda la contemporaneità di utilizzo degli stessi e la relativa percentuale di utilizzo.

In particolare per quanto riguarda le lavorazioni inerenti le costruzioni dei viadotti, le attività di costruzione sono state suddivise in più sottofasi.

Il calcolo dei livelli di emissione equivalenti L_{weq} (dBA) è effettuato sulla base delle ipotesi suddette ed è sintetizzato, per ogni voce analizzata, nelle tabelle seguenti (cfr. da Tabella 7-12 a **Tabella 7-16**). Il tempo di riferimento per il calcolo dei livelli è pari a quello di attività del cantiere, per cui per un mezzo previsto al 100% di utilizzo la potenza rimane inalterata, ad uno previsto al 50% sarà applicata una potenza decrementata di 3 dB(A) ecc.

Si sottolinea che, per quanto riguarda le simulazioni, si è proceduto cautelativamente inserendo sempre le fasi delle lavorazioni più rumorose, che sono risultate nel caso dei viadotti l'infissione dei pali (trivella) e nel caso delle gallerie lo scavo interno (ventola di aerazione). In questo modo infatti, si ottiene sempre uno specchio della situazione più critica subita da ogni ricettore esposto.

Tabella 7-12 Stima delle emissioni acustiche per il cantiere "Rilevato"

Caratterizzazione impianti / Mezzi d' opera					Emissioni equivalenti		
N°	Macchina	L_{30m} [dBA]	d [m]	L_w [dBA]	C_u [%]	T [h]	L_{weq} [dBA]
1	Autocarro	67,1	30	107,8	0,2	8	99,8
1	Bulldozer	66,9	30	107,6	0,8	8	106,6
1	Rulli	66,1	30	106,8	0,2	8	99,8
SORGENTE EQUIVALENTE CANTIERE RILEVATO							108,1

Tabella 7-13 Stima delle emissioni acustiche per il cantiere "Viadotto – Fondazioni"

Caratterizzazione impianti / Mezzi d' opera					Emissioni equivalenti		
N°	Macchina	L_{30m} [dBA]	d [m]	L_w [dBA]	C_u [%]	T [h]	L_{weq} [dBA]
1	Escavatore / Rotary	65,3	30	106,0	0,8	8	105,0
1	Escavatore di servizio	65,3	30	106,0	0,1	8	93,0
1	Motocompressore	57,6	30	98,3	0,2	8	90,1
1	Autobetoniera	74,2	30	114,9	0,2	8	106,7
1	Pala gommata	62,8	30	103,5	0,2	8	95,3
1	Autocarro	67,0	30	107,7	0,1	8	97,7
1	Riciclo bentonite	57,8	30	98,5	1,0	8	98,5
1	Elettrogeneratore	56,0	30	96,7	1,0	8	96,7
SORGENTE EQUIVALENTE CANTIERE VIADOTTO – PALI							110,1

Tabella 7-14 Stima delle emissioni acustiche per il cantiere "Viadotto e Opere in C.A."

Caratterizzazione impianti / Mezzi d' opera					Emissioni equivalenti		
N°	Macchina	L_{30m} [dBA]	d [m]	L_w [dBA]	C_u [%]	T [h]	L_{weq} [dBA]
1	Autogru	65,6	30	106,3	0,6	8	104,1
1	Motocompressore	57,6	30	98,3	0,2	8	91,3
1	Vibratore ad ago	67,3	30	108,0	0,2	8	101,0
1	Autobetoniera	74,2	30	114,9	0,2	8	107,9
1	Pompa autocarrata	63,1	30	103,8	0,2	8	96,8
1	Sega circolare	67,3	30	108,0	0,1	8	98,8
SORGENTE EQUIVALENTE CANTIERE OPERE C.A.							110,6

Tabella 7-15 Stima delle emissioni acustiche per il cantiere "Scavo in esterno della galleria"

Caratterizzazione impianti / Mezzi d' opera					Emissioni equivalenti		
N°	Macchina	L_{30m} [dBA]	d [m]	L_w [dBA]	C_u [%]	T [h]	L_{weq} [dBA]
1	Autobetoniera	74,2	30	114,9	0,3	8	109,7
1	Autocarro	67,1	30	107,8	0,2	8	100,8
1	Escavatore con Martellone	74,8	30	115,5	1,0	8	115,5
1	Miscelazione CLS	58,8	30	99,5	0,4	8	95,5
1	Elettrogeneratore	56,0	30	96,7	0,4	8	92,7
SORGENTE EQUIVALENTE CANTIERE GALLERIA ESTERNO							116,7

Tabella 7-16 Stima delle emissioni acustiche per il cantiere "Scavo in interno della galleria"

Caratterizzazione impianti / Mezzi d' opera					Emissioni equivalenti		
N°	Macchina	L_{30m} [dBA]	d [m]	L_w [dBA]	C_u [%]	T [h]	L_{weq} [dBA]
1	Autobetoniera	74,2	30	114,9	0,3	8	109,7
1	Ventola esterna	76,9	30	117,6	1,0	8	117,6
1	Miscelazione CLS	58,8	30	99,5	0,4	8	95,5
1	Elettrogeneratore	56,0	30	96,7	0,4	8	92,7
SORGENTE EQUIVALENTE CANTIERE GALLERIA INTERNO							118,3

7.3.1.2 Le simulazioni acustiche

Per poter conoscere la situazione acustica in corso d'opera è stato impiegato, come detto, un processo di calcolo basato sull'uso di modelli analitici di calcolo. Il modello preso a riferimento per l'intero studio è il modello Mithra, in quanto particolarmente adatto alla riproduzione di situazioni morfologiche ed acustiche come quella in esame.

Partendo dalla schematizzazione della morfologia e dei ricettori della zona esaminata, sono state inserite le sorgenti di cantiere previste per la realizzazione delle opere per poi effettuare le simulazioni acustiche su tutti i ricettori, calcolando i livelli previsti per ogni piano degli stessi.

Prima di procedere con l'analisi degli impatti sui ricettori, è necessario precisare come interpretare i risultati del presente studio.

Infatti, diversamente da quanto accade per uno studio acustico per la fase di esercizio, le sorgenti si spostano nel tempo e mutano la loro posizione rispetto ad ogni ricettore. Risulta quindi impossibile identificare un unico valore di Leq in quanto detto valore dipende appunto dalla distanza ricettore-cantiere. In questa sede quindi, si è scelto di fornire il livello massimo prodotto dal cantiere sul singolo ricettore, cioè quello prodotto dalla possibile contemporaneità delle lavorazioni più rumorose svolte alla minima distanza prevista dal ricettore.

In questo modo, tenendo conto di quanto disposto dalla normativa regionale, sono stati individuati tutti i ricettori che durante lo svolgimento dei lavori potranno essere esposti a livelli superiori rispettivamente a 70 dB(A) e i ricettori sensibili (scuole ed ospedali) con livelli superiori a 50 dB(A).

Si evidenzia infine che nella trattazione degli aspetti acustici di cantiere si considerano oggetto di analisi i ricettori abitativi e i ricettori sensibili, escludendo pertanto gli edifici produttivi, gli edifici ad uso sporadico (tipologia "Altro") e gli edifici già oggetto di esproprio.

7.3.1.3 Analisi delle interferenze

Per quanto riguarda i cantieri industriali, dalla descrizione contenuta nel QPGT del presente SIA, si osserva che la frantumazione avviene in 2 aree di cantiere (CI06 e CI12) situate entrambe in zone non abitate, ovvero in zone in cui gli edifici abitativi più prossimi si trovano a distanze dal cantiere sufficienti a scongiurare potenziali criticità.

Analoghe considerazioni possono essere tenute per le attività di caratterizzazione terre che si svolgono nei medesimi cantieri (CI06 e CI12), oltre che nel cantiere CI04 che si trova in area portuale e quindi anch'esso lontano dalle aree abitate.

Per quanto riguarda gli impianti di betonaggio, che si trovano nei cantieri CI03, CI07 e CI11, si evidenzia che le attività più rumorose sono racchiuse all'interno di silos schermanti con la funzione specifica di assorbire le emissioni nell'aria in relazione alle interferenze, sia acustiche, sia atmosferiche.

In relazione alle citate caratteristiche tecniche proprie degli impianti di betonaggio, quindi, si può ragionevolmente intendere che non si prevedono interferenze di tipo acustico per questo tipo di attività lavorativa.

Per quanto riguarda il cantiere CI15 (area di stoccaggio con carroponente), si osserva la presenza di un'area abitata a circa 100 metri di distanza, posta ad una quota superiore rispetto all'ambito di cantiere di circa 30 metri, e di un'area cimiteriale ad esso adiacente.

Le attività lavorative potenzialmente impattanti sotto il profilo acustico riguardano essenzialmente la movimentazione del materiale e dei mezzi pesanti all'interno dell'area. In considerazione dei tempi di avanzamento delle attività lavorative, unitamente alle informazioni sui modesti flussi veicolari indotti sulla viabilità ordinaria, si può ragionevolmente intendere che non si prevedono interferenze di tipo acustico per questo tipo di attività lavorativa.

Infine per quanto riguarda la movimentazione dei materiali e dei mezzi pesanti all'interno dei cantieri industriali, questi possono essere schematizzati con la presenza di 2-3 mezzi pesanti in continuo movimento sull'area di cantiere e tali da determinare un'emissione acustica contenuta in un massimo di 70 decibel a circa 20 metri dai macchinari e, quindi, confinata all'interno della stessa area di cantiere. Pertanto anche in questo caso, si può ragionevolmente intendere che non si prevedono interferenze di tipo acustico.

Per quanto riguarda i cantieri operativi, nel seguito sono riportate le simulazioni acustiche per alcuni dei cantieri considerati come rappresentativi delle diverse tipologie e situazioni riscontrate nell'ambito della realizzazione delle opere di progetto (cfr. da Figura 7-5 a Figura 7-9).

Sono stati applicati i valori di emissione precedentemente visti sulle aree di studio e si è potuto capire che, mediamente, il valore massimo di 80 decibel (indicato nella normativa regionale limitatamente a fasce orarie esplicitamente stabilite) è sempre confinato all'interno delle aree di cantiere stesse senza mai interessare quindi eventuali edifici posti a ridosso delle lavorazioni.

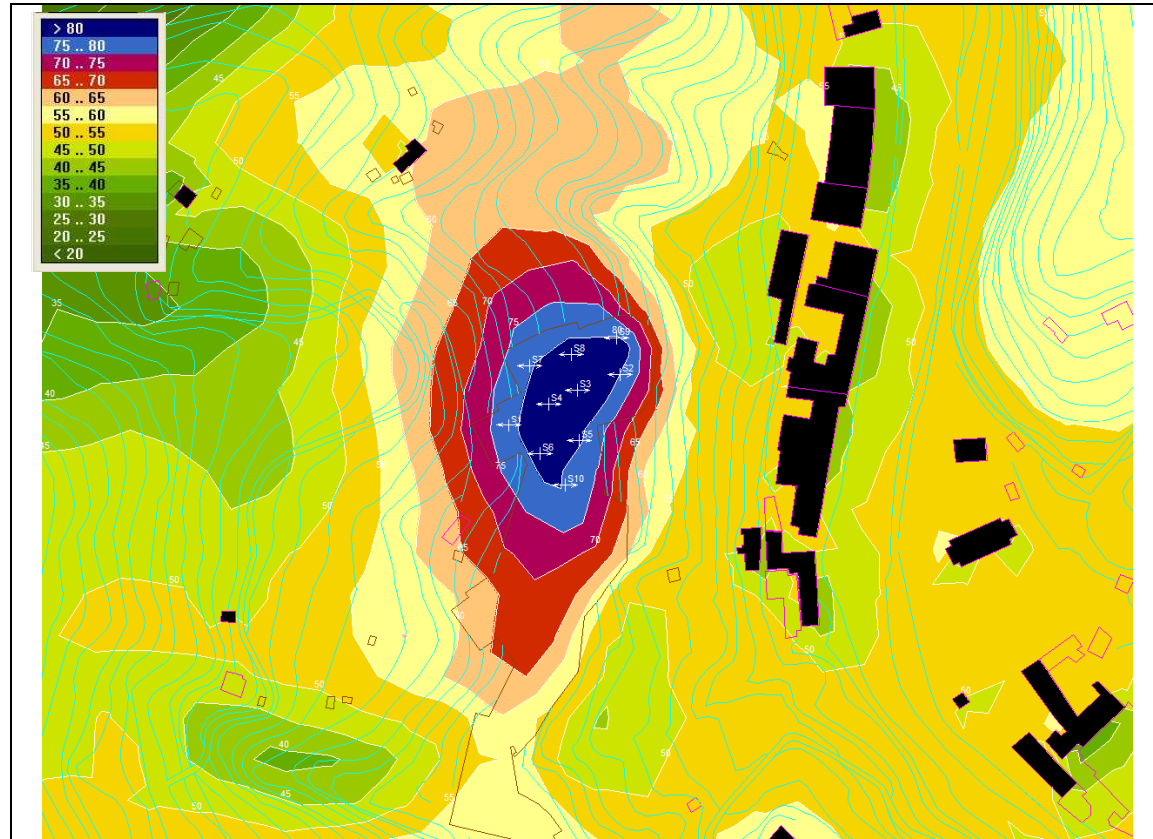


Figura 7-5 Esempio di lavorazione tipo per Imbocco galleria



Figura 7-7 Esempio di lavorazione tipo per Pali Viadotto

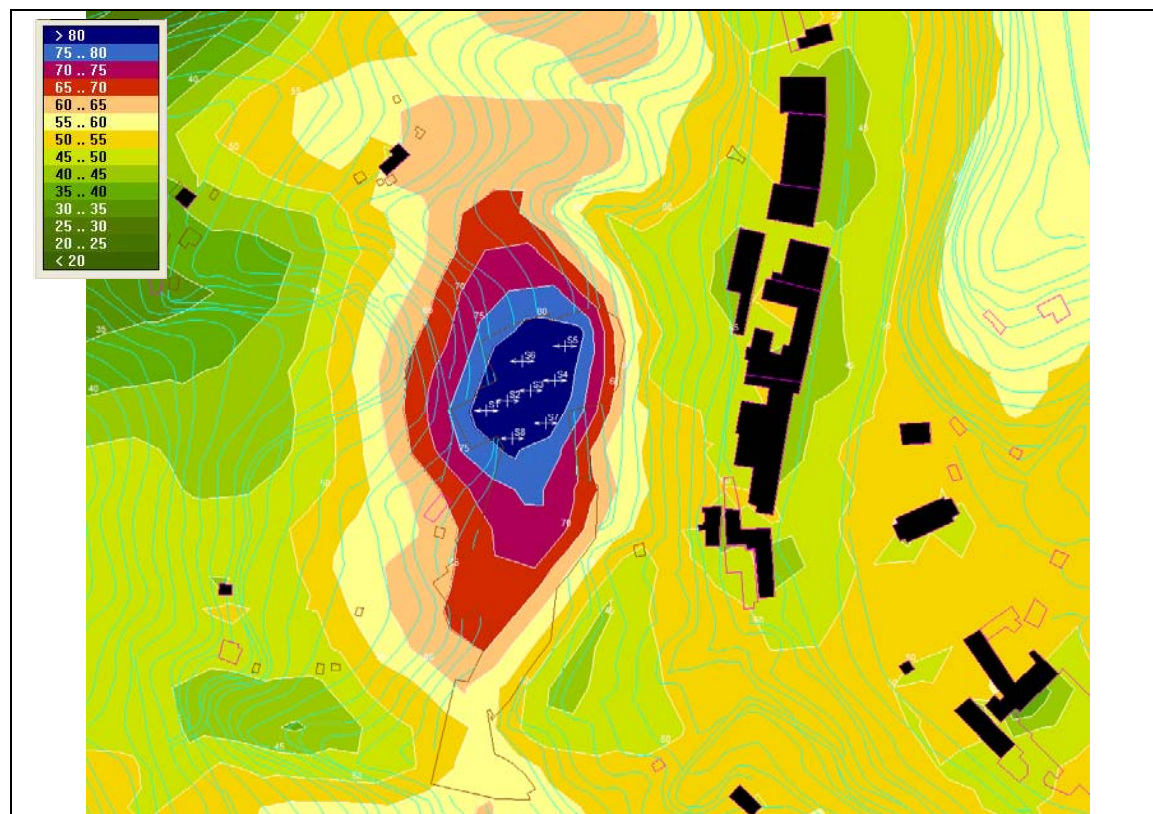


Figura 7-6 Esempio di lavorazione tipo per Scavo galleria naturale

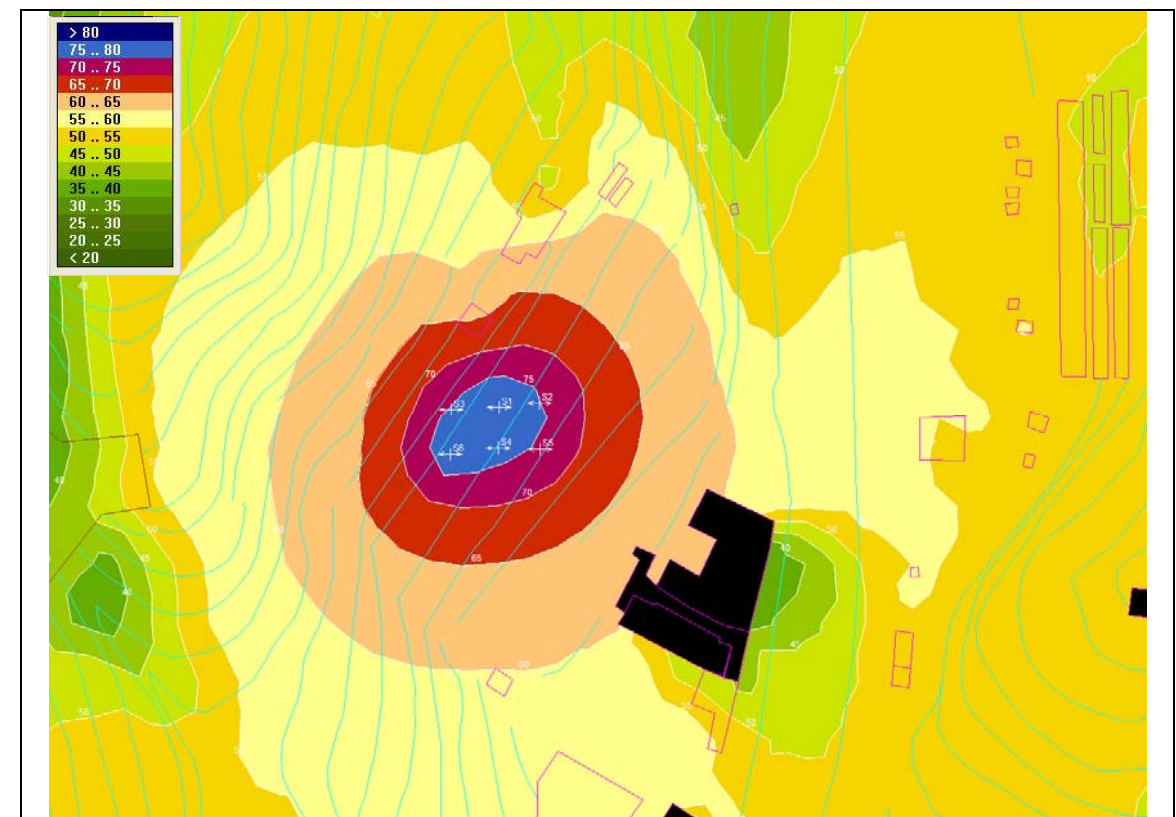


Figura 7-8 Esempio di lavorazione tipo per Viadotto e Opere in c.a.

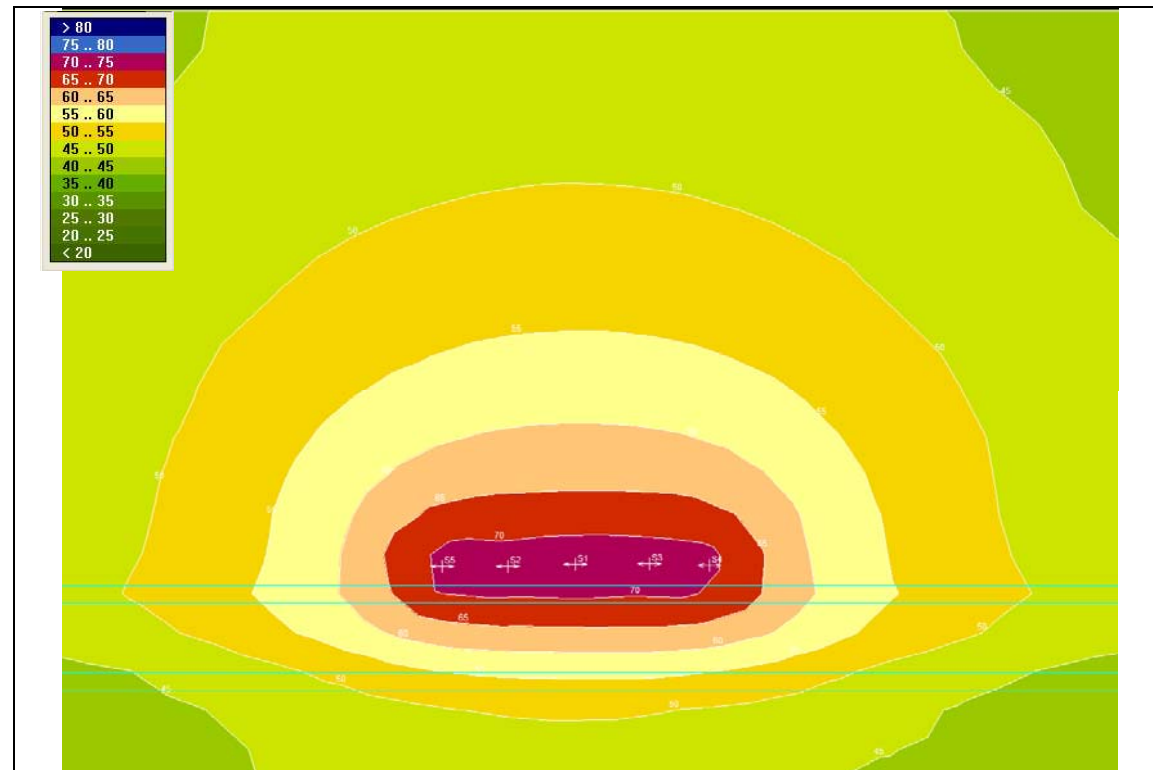


Figura 7-9 Esempio di lavorazione tipo per Rilevati

È stata invece analizzata con maggior dettaglio la situazione relativa all'eventuale interessamento di edifici abitativi (cfr. MAM-I-QAMB-RUM-001_004) a valori superiori a 70 decibel, ovvero al valore indicato dalla normativa regionale, limitatamente agli intervalli lavorativi concessi, nella fascia oraria dalle ore 8.00 alle ore 19.00.

In questi casi si è potuto constatare che:

- Per i cantieri di imbocco galleria, questi si trovano normalmente in aree di versante e si evidenziano valori di 70 decibel mediamente a distanze di 25 metri dal bordo del cantiere lungo la direzione di asse galleria e di circa 30 metri in direzione ortogonale ad esso, cioè lungo la direzione prevalente delle curve di livello topografico. Le sorgenti emmissive del cantiere sono state impostate ad un'altezza media di 2,5 metri dal fondo scavo dell'area delle lavorazioni. In questo caso si osserva:
 - Area di Vesima: nessun edificio interessato.
 - Area di Voltri: ricettore B126 relativamente al cantiere CI18 e il ricettore B086 relativamente al cantiere CI23.
 - Area di Varenna: nessun edificio interessato.
 - Area di Bolzaneto: ricettori D078, D080, D086, D088, D098, D106, D262 e D263 relativamente al cantiere CI13-14 e ricettore D233 relativamente al cantiere CI32. Di questi, gli edifici residenziali sono i ricettori D106, D262, D263 e D233.
 - Area di Torbella: ricettore E025 relativamente al cantiere CI07.
 - Area di Genova Est: nessun edificio interessato.
 - Area di Ponte Morandi: nessun edificio interessato.
 - Area di Genova Ovest: nessun edificio interessato

- Per i cantieri di scavo della galleria naturale, i macchinari e le attività lavorative impattanti sotto il profilo acustico si trovano nelle medesime aree di imbocco galleria viste al punto precedente. Dalle simulazioni acustiche si è visto che mediamente i valori di 70 decibel raggiungono distanze di circa 35 metri dal bordo cantiere. I ricettori interessati saranno, quindi, gli stessi di quelli visti al punto precedente con l'aggiunta di quegli edifici ricompresi nella fascia tra i 25 e i 35 metri. Le sorgenti emmissive del cantiere sono state impostate ad un'altezza media di 2,5 metri dal fondo scavo dell'area delle lavorazioni. In sintesi:
 - Area di Vesima: nessun edificio interessato.
 - Area di Voltri: ricettore B126 relativamente al cantiere CI18 e il ricettore B086 relativamente al cantiere CI23.
 - Area di Varenna: nessun edificio interessato.
 - Area di Bolzaneto: ricettori D078, D080, D086, D088, D098, D106, D262 e D263 relativamente al cantiere CI13-14 e ricettore D233 relativamente al cantiere CI32. Di questi, gli edifici residenziali sono i ricettori D106, D262, D263 e D233.
 - Area di Torbella: ricettori E019 e E025 relativamente al cantiere CI07.
 - Area di Genova Est: nessun edificio interessato.
 - Area di Ponte Morandi: nessun edificio interessato.
 - Area di Genova Ovest: ricettori H009, H017, H023 relativamente al cantiere CI30.
- Per quanto riguarda i cantieri di viadotto, per la realizzazione di pali grande diametro, le attività si svolgono prevalentemente sul fondo delle valli attraversate dalle opere e pertanto nel modello di simulazione le sorgenti sono state impostate ad un'altezza media di 2 metri. Dalle simulazioni acustiche si evince che la distanza critica oltre la quale si superano i 70 decibel è mediamente di 40 metri: nell'ipotesi di lavoro che la realizzazione di pali di fondazione avvenga solo in corrispondenza delle pile di appoggio del viadotto e delle relative spalle, la distanza critica dovrebbe essere intesa come raggio attorno alla singola opera da realizzare (pila o spalla del viadotto). Nel nostro caso, invece, a favore di sicurezza ai fini della tutela della popolazione residente, si è considerato un "buffer" di calcolo lungo l'estensione di tutta l'opera di attraversamento.
- Per quanto riguarda i cantieri di realizzazione dei viadotti e delle opere in c.a., le attività si svolgono ad altezze tra loro molto diverse. In questo caso si è considerato un'altezza della sorgente emmissiva media di 5 metri dal piano di campagna. Dalle simulazioni acustiche si evince che la distanza critica oltre la quale si superano i 70 decibel è mediamente di 50 metri: anche in questo caso, a favore di sicurezza, si è considerato un "buffer" di calcolo lungo l'estensione di tutta l'opera.

Di seguito vengono riassunti gli edifici abitativi che ricadono all'interno delle fasce di interferenza per queste ultime due tipologie di cantiere, ovvero viadotto e opere in c.a. (cfr. Tabella 7-17).

Tabella 7-17 Stima dei ricettori ricadenti nella fascia di interferenza per opere di viadotto e c.a.

Area	N. Ricettore	N. Piani
Vesima	A026	3
Voltri	B043	2
Voltri	B086	2
Voltri	B101	2
Voltri	B104	2
Voltri	B105	3
Voltri	B126	2
Voltri	B193	2
Voltri	B217a	5
Voltri	B217b	4
Voltri	B217c	5
Bolzaneto	D018	3
Bolzaneto	D019	1
Bolzaneto	D036	1
Bolzaneto	D233	2
Bolzaneto	D255	2
Bolzaneto	D257	1
Bolzaneto	D262	1
Bolzaneto	D263	1
Torbella	E027	2
Morandi	G046	2
Morandi	G053	6
Genova Ovest	H009	2
Genova Ovest	H017	1

- Per quanto riguarda la realizzazione dei rilevati, o comunque per i tratti allo scoperto non interessati da opere di viadotto o in c.a., la distanza critica di interferenza è di circa 20 metri dal bordo delle aree di cantiere. I tratti di progetto interessati da questa tipologia di lavorazione sono di estensione molto ridotta, così come ridotta è la distanza critica di interferenza e ridotto è il tempo di esposizione del ricettore, essendo la velocità di avanzamento del cantiere nell'ordine di diversi metri al giorno. Sulla base di queste condizioni, si stima che non sussistano criticità per questa tipologia di lavorazione.
- Per l'area di Ponte Morandi in particolare è presente un cantiere di demolizione della rampa elicoidale (cantiere CI05) presso il quale sono presenti diversi ricettori residenziali e terziari. In questo caso, stimando attività lavorative di demolizione e

trasporto di materiale, i ricettori interessati sono G039, G046, G043, G044, di cui i primi due sono di tipo residenziale.

Infine per quanto riguarda i ricettori sensibili, per i quali si considerano i valori di 50 decibel diurni quale limite acustico di riferimento, dalle simulazioni acustiche si osserva che l'area di influenza delle lavorazioni ha un'estensione di circa 200 metri che poi, in ragione delle diverse morfologie del territorio, può arrivare anche a 250 metri.

Pertanto, in ragione delle simulazioni acustiche condotte, si stimano potenzialmente interferiti dalle attività di cantiere i seguenti ricettori sensibili:

- Ricettore ospedaliero zona di Voltri: ric. N. B072, a circa 230 metri dai cantieri;
- Ricettore ospedaliero zona di Bolzaneto: ric. N. D188, a circa 120 metri dai cantieri;
- Ricettori scolastici zona di Genova Ovest: ric. N. H039, a circa 220 metri dai cantieri, e ric. N. H029, a circa 250 metri dai cantieri.

7.3.2 Lo slurrydotto

Per quanto concerne il trasporto del materiale di risulta dallo scavo delle gallerie attraverso lo "slurrydotto" e, in particolare, per quanto riguarda i relativi aspetti acustici, si osserva che in Italia è una tecnica non usata di frequente e, allo stato attuale, non sono presenti situazioni analoghe a cui fare riferimento, così come non sono presenti dati di bibliografia significativi.

La stima delle emissioni acustiche per il sistema dello "slurrydotto" è stata effettuata, quindi, mediante un approccio modellistico di massima, cioè, basato su una analisi modale con codice di calcolo FEM, tenendo conto di ipotesi di lavoro semplificative, ma comunque rappresentative e tendenti, ai fini di una maggiore cautela nei confronti della popolazione residente, ad un'approssimazione per eccesso del fenomeno.

L'analisi del fenomeno è stata studiata attraverso il livello di intensità acustica prodotto dal funzionamento del condotto sui modi propri di vibrare dello stesso.

Sotto questo aspetto la tubazione è stata modellata come un elemento a sezione piena, di massa corrispondente alla somma della massa del tubo e della massa di materiale che scorre al suo interno. Si evidenzia che, se si considerano le condizioni reali, quando avviene il passaggio del materiale i modi vibranti cambiano per le variate condizioni di massa, per la combinazione con la cadenza di martellamento delle pezzature sulla parete del tubo e per l'azione di smorzamento del fluido in movimento al suo interno. Si accettano comunque queste approssimazioni di calcolo che, come detto, portano ad una stima per eccesso del fenomeno, per motivazioni cautelative.

Definizione delle frequenze proprie del condotto

Si considera un tratto di condotto lungo 12 metri: lunghezza standard del condotto tra due flange. Il condotto viene modellato al computer in 3D e discretizzato ad elementi finiti. Si esegue un'analisi modale con codice di calcolo FEM, finalizzato alla ricerca delle prime cinque frequenze di risonanza che, nello specifico, risultano avere le seguenti caratteristiche (cfr. Tabella 7-18).

Tabella 7-18 Frequenze di risonanza

N° Modo	Frequenza		Periodo
	Rad/sec	Hertz	Sec
1	6.5887E+01	1.0486E+01	9.5364E-02
2	6.5887E+01	1.0486E+01	9.5364E-02
3	1.7620E+02	2.8043E+01	3.5660E-02
4	1.7620E+02	2.8043E+01	3.5660E-02
5	3.1542E+02	5.0201E+01	1.9920E-02

I relativi spostamenti sono riportati nel seguito (cfr. Tabella 7-19).

Tabella 7-19 Spostamenti relativi

N° spostamento	[mm]
1	0.6481
2	0.6481
3	0.6111
4	0.6111
5	0.8168

Definizione del livello di intensità acustica

Il livello di intensità acustica è dato dalla seguente espressione:

$$L \text{ (db)} = 10 \log_{10} \left(\frac{I_1}{I_0} \right)$$

dove:

I_1 = intensità acustica del suono, in watt/m²;

I_0 = intensità acustica di riferimento, pari a 10⁻¹² watt/m² (la più bassa intensità acustica percettibile).

A rigore l'analisi delle frequenze andrebbe sviluppata per fasce di ottava, ma nel caso in esame si può ottenere una discreta valutazione del fenomeno dallo spettro di frequenze rilevato, che si possono comunque con larga approssimazione considerare in una fascia di ottava. A questo punto è necessario definire il valore di Intensità acustica, per le frequenze rilevate:

$$I = \frac{1}{2} \rho c \omega^2 a^2$$

essendo:

ρ = la densità del mezzo in cui si propaga il suono;

c = la velocità del suono nel mezzo;

w = la frequenza propria della vibrazione;

a = lo spostamento prodotto dalla vibrazione nel mezzo.

Nel calcolo i valori da introdurre sono:

ρ = 1.2930 N sec²/m⁴, densità dell'aria;

c = 343 m/sec, la velocità del suono nell'aria;

w ed a , valori ricavati dal file di output dell'analisi modale eseguita sul tubo.

Seguono i valori di Intensità:

$I_1 = 0.40 \text{ watt/m}^2$;

$I_2 = 0.40 \text{ watt/m}^2$;

$I_3 = 2.57 \text{ watt/m}^2$;

$I_4 = 2.57 \text{ watt/m}^2$;

$I_5 = 14.72 \text{ watt/m}^2$.

Segue il valore del livello di intensità acustica cercato:

$$L = 10 \log_{10} \left(\frac{I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5}{I_0} \right) = 123 \text{ db}$$

Per stimare il contributo acustico del sistema slurrydotto sul territorio, è necessario tenere in considerazione la potenza acustica in luogo dell'intensità. Perciò, considerando una sezione media del tubo di raggio 0,20 metri, dai valori sopra riportati si evidenzia, per un tratto di 1 metro lineare di tubo, una potenza di:

$P_1 = 0.50 \text{ watt}$;

$P_2 = 0.50 \text{ watt}$;

$P_3 = 3.23 \text{ watt}$;

$P_4 = 3.23 \text{ watt}$;

$P_5 = 18.50 \text{ watt}$.

Da cui si evidenzia una potenza complessiva di 124,1 decibel.

Se, ai fini di una verifica nei confronti dei livelli normativi, alle singole potenze acustiche vengono applicati i pesi inerenti la Curva di pesatura "A" per le frequenze indicate per i modi di vibrazione, si ottiene un valore complessivo di 92,8 dB(A).

Tabella 7-20 Potenze sonore in funzione della distanza

N° Modo	Distanza in metri dalla tubazione								
	10	20	30	40	50	100	150	200	
Valori in decibel lineari	1	97,0	94,0	92,2	91,0	90,0	87,0	85,3	84,0
	2	97,0	94,0	92,2	91,0	90,0	87,0	85,3	84,0
	3	105,1	102,1	100,3	99,1	98,1	95,1	93,3	92,1
	4	105,1	102,1	100,3	99,1	98,1	95,1	93,3	92,1
	5	112,7	109,7	107,9	106,7	105,7	102,7	100,9	99,7
	Somma	114,1	111,1	109,4	108,1	107,2	104,1	102,4	101,1
Valori in decibel pesati "A"	1	26,6	23,6	21,8	20,6	19,6	16,6	14,9	13,6
	2	26,6	23,6	21,8	20,6	19,6	16,6	14,9	13,6
	3	63,1	60,1	58,3	57,1	56,1	53,1	51,3	50,1
	4	63,1	60,1	58,3	57,1	56,1	53,1	51,3	50,1
	5	82,7	79,7	77,9	76,7	75,7	72,7	70,9	69,7
	Somma	82,8	79,8	78,0	76,7	75,8	72,8	71,0	69,8

Dall'analisi dei valori sopra indicati e in particolare in riferimento alla sommatoria dei livelli pesati "A", si evince che il valore massimo di 70 decibel, come riportato nella normativa regionale, è raggiunto a circa 200 metri dalla tubazione. Pertanto, nell'ipotesi semplificativa di una trasmissione del suono in campo libero, tutti i ricettori abitativi compresi in una fascia di 200 metri dalla tubazione sono potenzialmente interferiti acusticamente dalle attività dello slurrydotto. A questo proposito, la tubazione è stata progettata racchiusa da una struttura fono assorbente, tale da minimizzare gli effetti acustici negativi del suo funzionamento, annullando così il numero dei ricettori interessati dal fenomeno.

Nel seguito si riporta uno schema della sezione dello slurrydotto con la parete fono assorbente e le dimensioni significative della struttura.

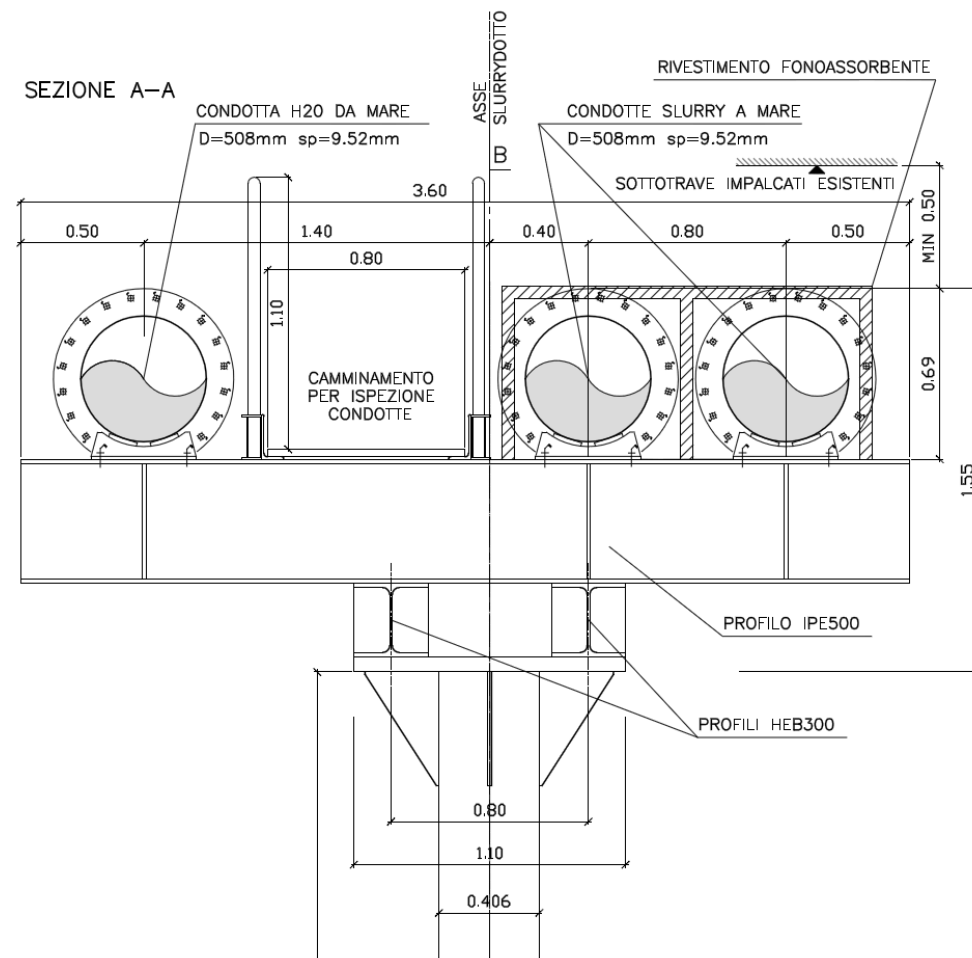


Figura 7-10 Sezione rappresentativa del sistema "Slurrydotto"

7.3.3 Le interferenze sulla viabilità

I flussi di traffico indotti dalla cantierizzazione sono nel complesso molto ridotti. I valori assegnati ai singoli archi sono indicati nei precedenti paragrafi e si può osservare che essi sono del tutto trascurabili se raffrontati al traffico attualmente presente sulla viabilità interessata.

Infatti, dall'analisi dei valori di flusso giornaliero, si evince un'incidenza del flusso di cantiere inferiore al 1% che, tradotta in termini acustici, influisce sull'emissione dei singoli tratti stradali per meno di 0,1 dB(A).

7.3.4 L'opera a mare

Per la natura ed il futuro utilizzo dell'opera a mare (area di sicurezza per l'aeroporto di Genova), il parametro rumore non è da considerare rilevante in fase di realizzazione finita, non inducendo immissioni o emissioni aggiuntive rispetto allo stato attuale o a quello previsto dal piano di sviluppo dell'aeroporto.

Pertanto le verifiche quantitative da effettuare sono principalmente quelle dovute agli effetti dei mezzi di costruzione durante la realizzazione dell'opera a mare stessa. Verrà comunque effettuata anche una verifica in fase di realizzazione finita in modo da analizzare se la diversa configurazione del sito possa modificare la trasmissione del rumore inducendo aumenti dei livelli sonori.

7.3.4.1 Fase di realizzazione

Per la realizzazione dell'opera a mare sono previste, come definito nel quadro progettuale del presente studio, le seguenti otto fasi costruttive che possono così essere riassunte:

- 1) FASE I – Mobilitazione di cantiere, inizio della costruzione dei cassoni nel cantiere di prefabbricazione; inizio della costruzione dello scanno in pietrame di imbasamento dei cassoni; via via che l'imbasamento sarà completato, trasporto in cantiere dei cassoni cellulari prefabbricati, affondamento, impermeabilizzazione dello scanno di fondazione e del giunto tra i cassoni e inizio della finitura superficiale con la realizzazione della soletta di copertura e, ove previsto, del muro paraonde. Realizzazione degli argini interni di delimitazione della piarda e di fondazione dello scatolare di scarico del Rio Roncallo. Costruzione del depuratore e dei suoi collegamenti idraulici.
- 2) FASE II – Completamento della costruzione dei cassoni nei cantieri di prefabbricazione e prosecuzione costruzione dello scanno, varo dei cassoni, loro appesantimento con materiale di smarino delle gallerie, realizzazione della soletta di copertura e del muro paraonde, con l'impermeabilizzazione dello scanno e dei giunti tra i cassoni. Inizio del riempimento della piarda. Si provvederà alla costruzione dell'argine in materiale granulare, in fregio all'area dell'aeroporto, ed alla posa su di esso del canale di gronda che intercetterà gli scarichi delle acque meteoriche provenienti dall'aeroporto con stazioni di sollevamento.
- 3) FASE III – Completamento del marginamento e del riempimento della piarda con materiale non amiantifero.
- 4) FASE IV – Riempimento della prima vasca con lo slurry con contenuto di amianto inferiore ai limiti del D.Lgs 152/06.
- 5) FASE V – Completamento del riempimento della seconda vasca con lo slurry con contenuto di amianto inferiore ai limiti del D.Lgs 152/06. Inizio della posa del pacchetto drenante superficiale alla quota -1,0 m s.m.m., destinato alla captazione dell'acqua di consolidazione dell'opera, e dell'impermeabilizzazione superiore. Capping delle zone già impermeabilizzate con materiale non amiantifero, prelevandolo dalla piarda in cui esso era stato inizialmente depositato.

- 6) FASE VI – Termine di afflusso di slurry con contenuto di amianto inferiore ai limiti del D.Lgs 152/06 e capping con materiale non amiantifero, proveniente in questa fase direttamente dall'escavo.
- 7) FASE VII – completamento posa del pacchetto drenante dell'acqua di consolidamento e del capping. Predisposizione della rete di drenaggio delle acque superficiali.
- 8) FASE VIII – Completamento della rete di dreni superficiali, esecuzione delle finiture, ovvero pavimentazione delle strade e posa della copertura vegetale. Smobilitazione del cantiere.

L'aumento dell'immissione sonora durante le diverse fasi di realizzazione è da ritenere strettamente collegato al numero e al tipo di mezzi d'opera utilizzati contemporaneamente. Come è desumibile dagli elaborati di progetto, il numero massimo di mezzi d'opera attivi contemporaneamente è da considerare nelle fasi 1 e 2, durante la posa in opera dei cassoni prefabbricati.

Durante questa attività, infatti, è da prevedere la presenza nell'area di costruzione di:

- N° 2 pontoni con gru;
- N° 2 rimorchiatori;
- N° 2 imbarcazioni di appoggio.

Questi mezzi o macchinari saranno dotati di motori diesel con sistemi di silenziamento conformi alle norme vigenti.

Per la verifica quantitativa della dispersione dell'inquinamento acustico dovuto a questi macchinari, si è utilizzato lo stesso modello messo a punto per la situazione attuale, modificando la schematizzazione in modo che fosse inclusa la presenza della barriera di cassoni, ma con la superficie interna della nuova opera ancora con acqua.

La schematizzazione utilizzata è riportata in Figura 7-11.

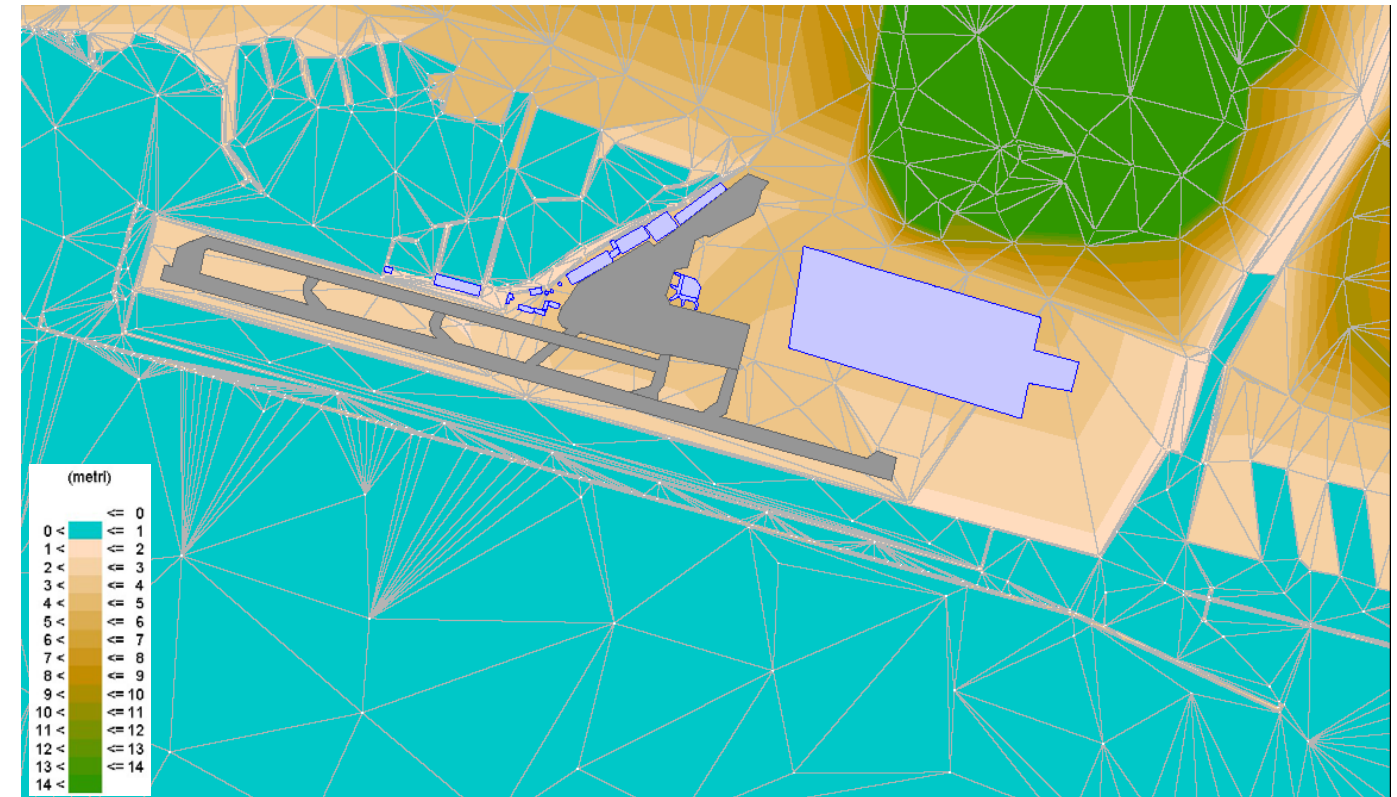


Figura 7-11 Schematizzazione con il modello SoundPLAN della zona del canale di calma e dell'aeroporto di Genova per la fase di realizzazione dell'opera a mare

Le immissioni sonore sono state inserite nel modello supponendo 6 motori diesel attivi contemporaneamente, localizzati in prossimità del marginamento della nuova opera, a circa metà del suo sviluppo longitudinale. Sono state considerate, a titolo precauzionale, le seguenti immissioni aggiuntive rispetto alla situazione attuale:

- N° 4 motori con immissione di 105 dB continui
- N° 2 motori con immissione di 115 dB continui

La distribuzione che è stata adottata per lo spettro dell'energia sonora in termini di frequenza è quella definibile sulla base dei dati di letteratura per questi tipi di motori.

I risultati della simulazione sono presentati nella Figura 7-12, dove è riportata la distribuzione del livello di inquinamento acustico L_{day} in dB(A) ad un'altezza di circa 1,5 m dal suolo.

Se si confronta la distribuzione di tali valori con il risultato corrispondente per la situazione attuale (Figura 7-4) si nota come la distribuzione verso terra del livello acustico si mantenga sostanzialmente uguale nella situazione attuale e in quella durante la realizzazione dell'opera, mentre verso mare risulta evidente l'aumento dell'immissione di energia acustica, peraltro non significativa data la mancanza di recettori sensibili in quella direzione.

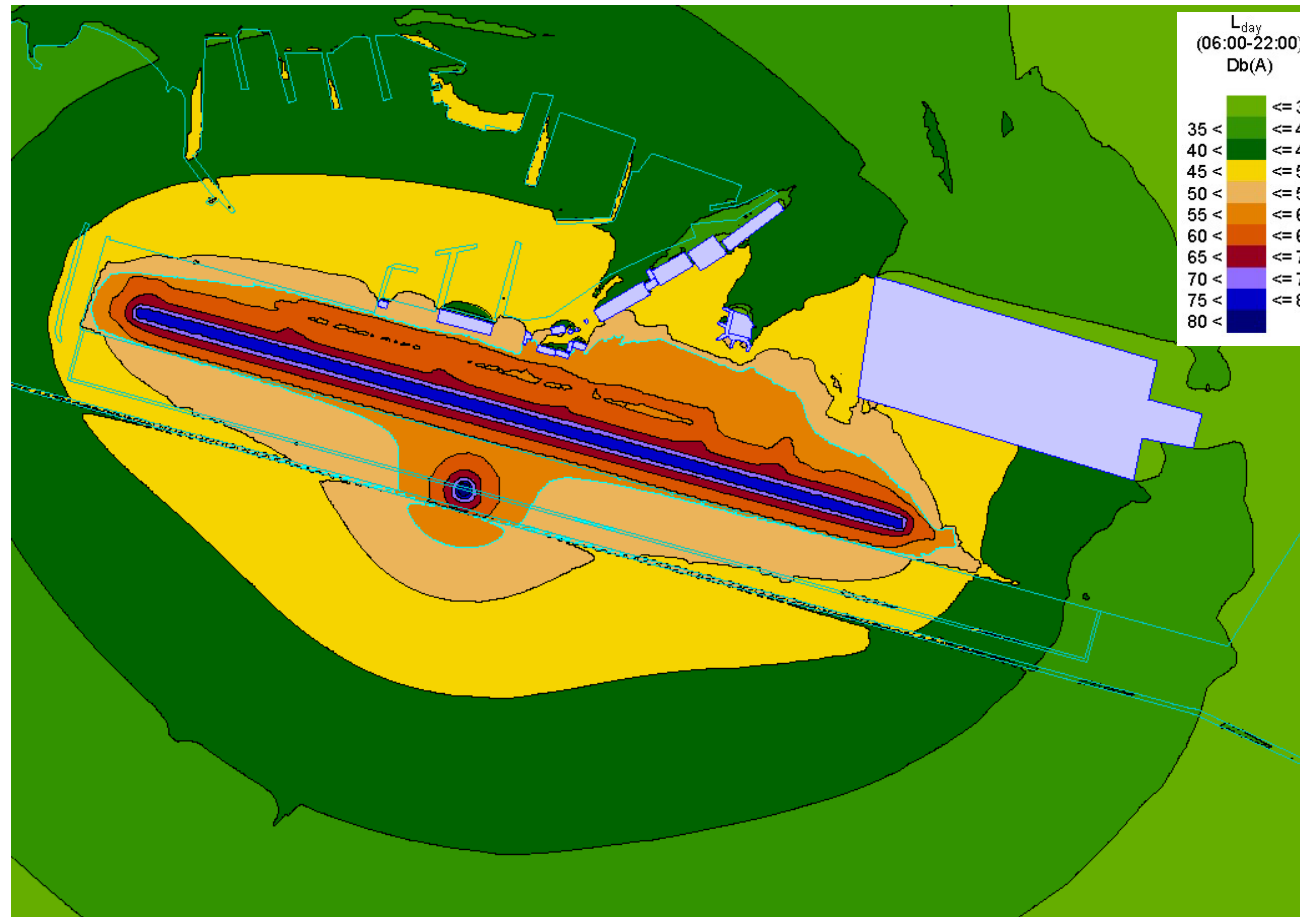


Figura 7-12 Inquinamento acustico – Fase di cantiere – Distribuzione spaziale del livello di inquinamento acustico L_{day} (dB)

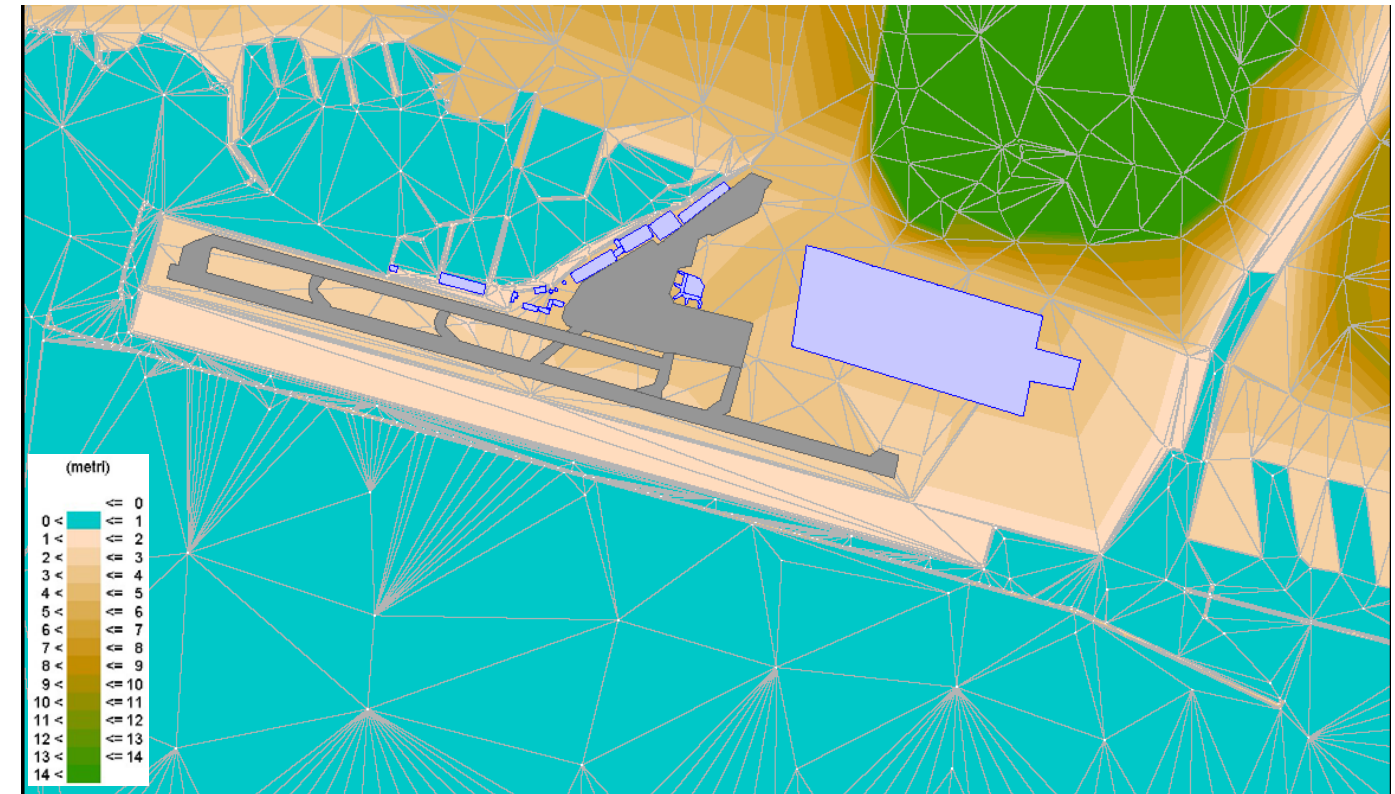


Figura 7-13 Schematizzazione con il modello SoundPLAN della zona del canale di calma e dell'aeroporto di Genova per la fase di realizzazione finita

Confrontando anche questi risultati con quelli ottenuti per la situazione attuale, si può notare, come peraltro prevedibile, che le variazioni di livello acustico sono sostanzialmente trascurabili sia lato terra che lato mare.

7.3.4.2 Fase di realizzazione finita

Per quanto riguarda la fase di realizzazione finita dell'opera, si è proceduto alla schematizzazione della situazione con le opere realizzate come riportato nella Figura 7-13. Per questa fase si è considerata l'opera a mare completamente realizzata ad una quota pari a quella dell'aeroporto e con la sua conterminazione come da progetto, incluso il muro paraonde.

Per questo scenario sono state considerate le medesime immissioni considerate per la situazione attuale.

I risultati ottenuti sono presentati in Figura 7-14, dove è riportata la distribuzione del livello di inquinamento acustico L_{day} in Db(A) ad un'altezza di circa 1,5 m dal suolo.

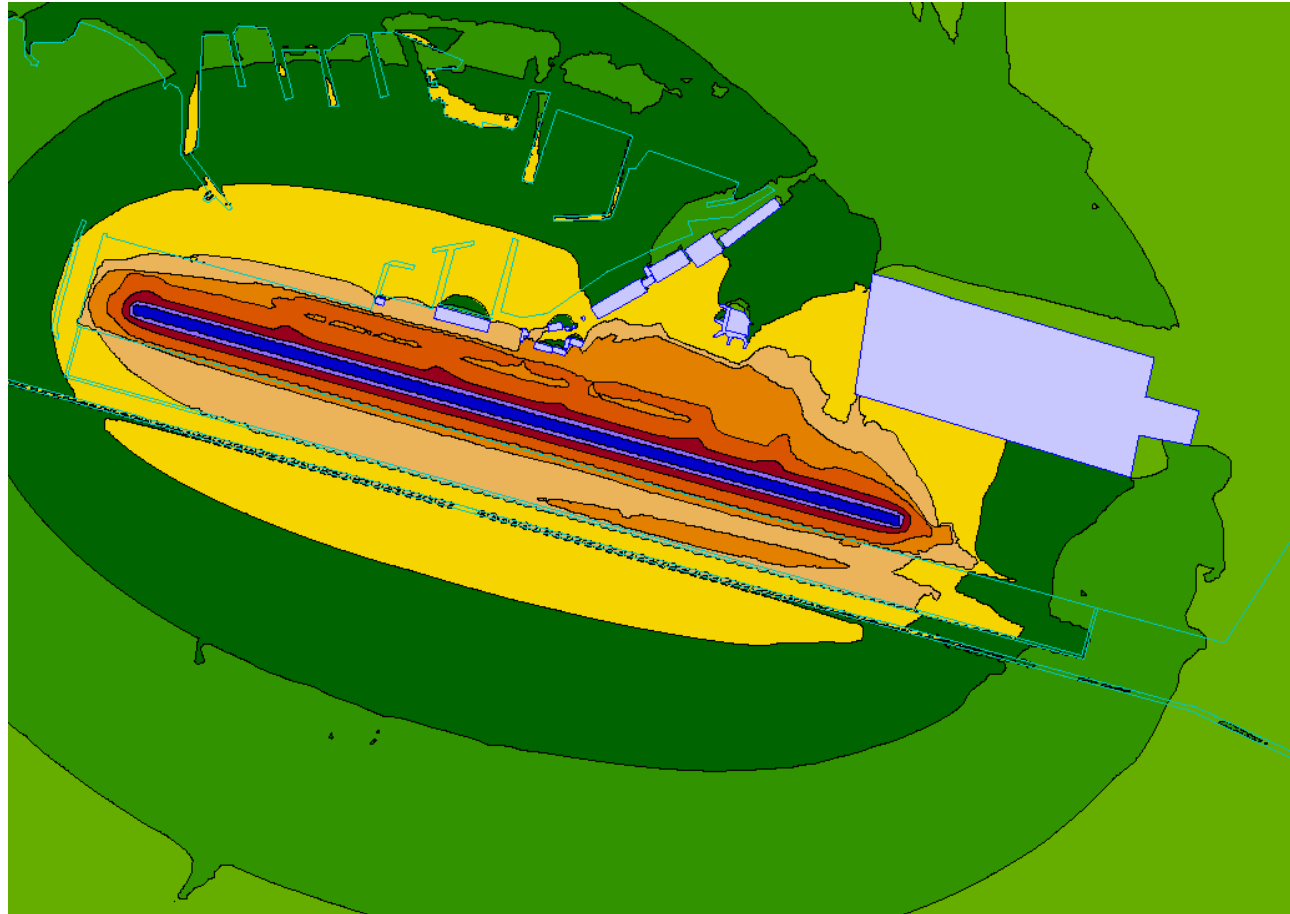


Figura 7-14 Inquinamento acustico – Fase di realizzazione finita – Distribuzione spaziale del livello di inquinamento acustico L_{day} (dB)

7.3.5 Interventi antirumore temporanei: criteri generali

In linea generale, in fase di cantierizzazione sarà necessario ricercare e mettere in atto tutti i possibili accorgimenti tecnico organizzativi e/o interventi volti a rendere il clima acustico inferiore ai valori massimi indicati nella normativa tecnica nazionale e regionale. Nel caso tale condizione non fosse comunque raggiungibile, come ad esempio nel caso dei ricettori indicati nel precedente paragrafo, l'appaltatore dovrà effettuare delle valutazioni di dettaglio e, laddove necessario, richiedere al Comune una deroga ai valori limite, ai sensi delle vigenti normative in tema di acustica ambientale.

Nel presente paragrafo vengono quindi indicate le opere di mitigazione del rumore proponibili, nonché i provvedimenti tecnici atti a contenere il rumore nelle diverse situazioni riscontrabili all'interno delle aree di lavorazione.

Le opere di mitigazione del rumore proponibili per le aree di cantiere possono essere ricondotte a due categorie:

- interventi "attivi" finalizzati a ridurre alla fonte le emissioni di rumore
- interventi "passivi", finalizzati a intervenire sulla propagazione del rumore nell'ambiente esterno.

In termini generali, considerando che si pone la necessità di rispettare la normativa nazionale sui limiti di esposizione dei lavoratori (DL277 del 15 agosto 1991), è certamente preferibile adottare idonee soluzioni tecniche e gestionali in grado di limitare la rumorosità delle macchine e dei cicli di lavorazione, piuttosto che intervenire a difesa dei ricettori adiacenti alle aree di cantiere.

E' necessario dunque garantire, in fase di programmazione delle attività di cantiere, che operino macchinari e impianti di minima rumorosità intrinseca.

Successivamente, ad attività avviate, è importante effettuare una verifica puntuale su ricettori critici mediante monitoraggio, al fine di identificare le eventuali criticità residue e di conseguenza individuare le tecniche di mitigazione più idonee.

La riduzione delle emissioni direttamente sulla fonte di rumore può essere ottenuta tramite una corretta scelta delle macchine e delle attrezzature, con opportune procedure di manutenzione dei mezzi e delle attrezzature e, infine, intervenendo quando possibile sulle modalità operazionali e di predisposizione del cantiere.

Vengono nel seguito riassunte in forma di check list le azioni finalizzate a limitare a monte il carico di rumore nelle aree di cantiere.

Scelta delle macchine, delle attrezzature e miglioramenti prestazionali:

- Selezione di macchine ed attrezzature omologate in conformità alle direttive della Comunità Europea e ai successivi recepimenti nazionali.
- Impiego di macchine movimento terra ed operatrici gommate piuttosto che cingolate.
- Installazione, se già non previsti e in particolare sulle macchine di una certa potenza, di silenziatori sugli scarichi.
- Utilizzo di impianti fissi schermati.
- Utilizzo di gruppi elettrogeni e compressori di recente fabbricazione insonorizzati.

Manutenzione dei mezzi e delle attrezzature:

- Eliminazione degli attriti attraverso operazioni di lubrificazione.
- Sostituzione dei pezzi usurati e che lasciano giochi.
- Controllo e serraggio delle giunzioni.
- Bilanciatura delle parti rotanti delle apparecchiature per evitare vibrazioni eccessive.
- Verifica della tenuta dei pannelli di chiusura dei motori.
- Svolgimento di manutenzione alle sedi stradali interne alle aree di cantiere e sulle piste esterne, mantenendo la superficie stradale livellata per evitare la formazione di buche.

Modalità operazionali e predisposizione del cantiere:

- Orientamento degli impianti che hanno un'emissione direzionale in posizione di minima interferenza (ad esempio i ventilatori).
- Localizzazione degli impianti fissi più rumorosi alla massima distanza dai ricettori critici o dalle aree più densamente abitate.
- Utilizzazione di basamenti antivibranti per limitare la trasmissione di vibrazioni al piano di calpestio.
- Limitazione allo stretto necessario delle attività nelle prime/ultime ore del periodo diurno (6-8 e 20-22).

- Imposizione di direttive agli operatori tali da evitare comportamenti inutilmente rumorosi (evitare di far cadere da altezze eccessive i materiali o di trascinarli quando possono essere sollevati).
- Divieto di uso scorretto degli avvisatori acustici, sostituendoli quando possibile con avvisatori luminosi.

Per quanto riguarda gli interventi “passivi”, questi potranno consistere sostanzialmente nell’interposizione tra sorgente e ricettore di opportune schermature in grado di ottimizzare il clima acustico circostante.

In termini realizzativi tali obiettivi possono essere attuati ad esempio realizzando, al perimetro delle aree di cantiere, schermature provvisorie ottenute con materiali di stoccaggio, terreno rimosso, attrezzature inutilizzate.

7.4 IL RAPPORTO OPERA-AMBIENTE

Con le ipotesi effettuate sul tipo e sulle modalità di lavorazione da svolgere, nel presente documento sono stati evidenziati quei ricettori che potenzialmente possono subire un impatto da un punto di vista acustico durante la realizzazione dell'opera.

Le simulazioni effettuate tengono conto di tutte le variabili in gioco, sia rispetto alla morfologia del territorio, sia rispetto al tipo di lavorazione in termini di macchinari utilizzati, percentuale del loro utilizzo e contemporaneità degli stessi.

Sulla base di dette simulazioni è stato possibile individuare sia gli edifici che subiscono livelli di rumore (LAeq) superiori a 70 dB(A), così come indica la normativa specifica regionale, sia gli edifici sensibili per i quali si manifesta valori oltre 50 dB(A).

Dall'analisi dei dati risulta quindi che alcuni cantieri producono impatti sul sistema insediativo. Si sottolinea che per alcuni ricettori sono previsti interventi di mitigazione diretta del rumore per la fase di esercizio. Occorre quindi intervenire su tali ricettori già nella fase di costruzione dell'opera in modo da sfruttare tale mitigazione anche per il rumore di cantiere.

Gli interventi di mitigazione passiva attuabili sono stati descritti al paragrafo precedente. In particolare, questi potranno consistere, ove possibile, nell'interposizione tra sorgente e ricettore di opportune schermature in grado di ottimizzare il clima acustico circostante. In termini realizzativi tali obiettivi potranno essere attuati ad esempio realizzando, al perimetro delle aree di cantiere, schermature provvisorie ottenute con materiali di stoccaggio, terreno rimosso, attrezzature inutilizzate. Altrimenti si potranno realizzare, sempre lungo il perimetro di cantiere, delle barriere acustiche fonoassorbenti di altezza pari ad almeno 3 metri.

Per tutti i ricettori per i quali risulterà tecnicamente non fattibile l'abbattimento del rumore, risulterà necessario attivare lo strumento di deroga da richiedere all'Amministrazione comunale. Si sottolinea, inoltre, come per alcuni casi ($L_p > 70 \text{ dB(A)}$) la normativa regionale prescriva orari di lavoro più ristretti, ricompresi negli intervalli 9-12 e 15-19.

Per quanto riguarda lo studio dell'interferenza prodotta dal traffico sulla viabilità ordinaria, si è osservato che i flussi sono del tutto trascurabili se raffrontati al traffico attualmente presente, dato che incidono sull'emissione acustica dei singoli tratti stradali per meno di 0,1 decibel.

Per l'opera a mare, è stato sviluppato uno studio apposito per l'analisi del rumore dovuto alla realizzazione dell'opera. In particolare, si è proceduto all'analisi, con apposito modello matematico, della situazione attuale e si sono verificate le variazioni indotte dalle immissioni aggiuntive in fase di cantiere e dalla nuova morfologia del territorio in fase di realizzazione finita.

In fase di cantiere è stato considerato il caso peggiore in termini di immissione sonora, dovuta alla presenza di macchine operatrici, ed è stato verificato che l'impatto è da considerare trascurabile.

Analogamente è stata verificata la fase di realizzazione finita: la situazione che si verificherà con la nuova conformazione dell'area dell'aeroporto è stata confrontata con

quella attuale e si è visto che, anche in questo caso, le variazioni indotte dalla presenza della nuova opera a mare sono da ritenere ininfluenti.

8 VIBRAZIONI

8.1 TEMI E METODOLOGIA DI LAVORO

8.1.1 I temi

Come detto nel capitolo dedicato all'illustrazione della metodologia di lavoro seguita nella redazione del presente Quadro ambientale dello SIA del progetto di Cantierizzazione, i Macrotemi afferenti detto SIA tematico sono rappresentati dalle "Infrastrutture autostradali come realizzazione" e dalle Opere connesse di cantierizzazione lette in funzione della loro valenza di "opere come manufatto fisico", "opere come realizzazione" ed "opere come esercizio".

Ciò premesso e ricordato che con il termine "Temi di Quadro" si sono intesi quegli elementi progettuali che, derivanti dalla scomposizione e selezione dei Macrotemi, hanno rilevanza con le finalità perseguite dai tre Quadri di riferimento previsti dal DPCM 27.12.18988, nel caso di quello ambientale detti temi sono stati già identificati nei seguenti termini (cfr. Tabella 8-1).

Tabella 8-1 Temi di riferimento (Temi di Quadro)

Opere	Macrotemi	Temi di riferimento	Temi di Quadro	
Infrastrutture autostradali	• Opera come realizzazione	• Attività costruttive	▪ Costruzione dei viadotti	
			<table border="0"> <tr> <td>▪ Scavo costruzione delle gallerie</td> <td>– Scavo meccanizzato</td> </tr> <tr> <td></td> <td>– Scavo in tradizionale</td> </tr> </table>	▪ Scavo costruzione delle gallerie
▪ Scavo costruzione delle gallerie	– Scavo meccanizzato			
	– Scavo in tradizionale			
			▪ Movimentazione delle terre di scavo delle gallerie	
			▪ Gestione delle terre di scavo delle gallerie	
			▪ Approvvigionamento di materie prime	
		• Aree a servizio della cantierizzazione	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aree cantieri industriali ▪ Aree cantieri di imbocco ▪ Aree campi base ▪ Itinerari di cantierizzazione ▪ Piste di cantiere 	
Opere connesse di cantierizzazione	• Opera come manufatto	• Opere a carattere temporaneo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Slurrydotto ▪ Pista di montaggio frese 	
		• Opere a carattere definitivo	▪ Opera a mare	
	• Opera come realizzazione	• Attività costruttive	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Confinamento del Canale di Calma ▪ Chiusura dell'opera a mare ▪ Approvvigionamento delle materie 	
		• Aree a servizio della cantierizzazione	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aree di cantiere ▪ Itinerari di cantierizzazione 	
	• Opera come esercizio	• Funzionamento	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Movimentazione dello slurry lungo lo slurrydotto ▪ Riempimento progressivo dell'opera a mare 	

Tale articolazione, nel caso del Quadro ambientale, tuttavia necessita di un'ulteriore verifica atta a contestualizzarla rispetto alle finalità perseguite dalle singole componenti ambientali. Come difatti illustrato nel capitolo introduttivo, benché in termini generali il Quadro ambientale sia nel suo complesso rivolto a determinare il rapporto Opera – Ambiente, ognuna di dette componenti declina detta finalità generale in relazione ai beni ed alle risorse ad essa attinenti, aspetto quest'ultimo che ha condotto alla necessità di giungere alla definizione dei Temi di Quadro, locuzione con la quale si è inteso definire quei temi di riferimento che per l'appunto sono rilevanti rispetto alle finalità assegnate dal DPCM 27.12.1988 alle singole componenti.

Le modalità mediante le quali definire i Temi di Quadro sono state fondate sul riconoscimento dell'esistenza di un legame causale tra le azioni di progetto connesse agli elementi progettuali esaminati e gli impatti potenziali da dette azioni derivanti, che sia rilevante rispetto alle finalità assegnate alla componente di volta in volta indagata.

Nel caso della componente Vibrazioni, il quadro delle azioni di progetto, dei fattori causali e dei relativi impatti potenziali presi in esame può essere sintetizzato nei seguenti termini (cfr. Tabella 8-2).

Tabella 8-2 Azioni di progetto, fattori causali ed impatti potenziali

Azioni di progetto	Fattori causali	Impatti potenziali
Presenza dei cantieri industriali	Emissioni vibrazionali per la movimentazione di macchinari da cantiere	Disturbo alla popolazione e/o danneggiamento o alle sovrastrutture degli edifici
Realizzazione di tratti di rilevato / trincea	Emissioni vibrazionali per movimentazione terre	
Realizzazione di galleria	Emissioni vibrazionali per attività di scavo tratti in artificiale e tratti in naturale	
Realizzazione di viadotto	Emissioni vibrazionali per le attività di realizzazione fondazioni	
Trasporto materiali da costruzione	Emissioni vibrazionali da traffico di cantierizzazione	

8.1.2 La metodologia

Obiettivo delle analisi riportate nella presente sezione è quello di individuare quelle aree edificate che risultano potenzialmente impattate dalle vibrazioni indotte dalle lavorazioni per la costruzione delle opere in progetto nell'ambito del nodo stradale e autostradale di Genova.

In generale durante la costruzione di opere di una certa importanza, quali quelle in oggetto, è possibile che si producano moti vibratorii dovuti ad attività quali la battitura dei pali, l'infissione di palancole nel terreno, la compattazione del terreno, le operazioni di scavo all'aperto e in sotterraneo, etc. Altri problemi possono essere dovuti al transito di mezzi pesanti di cantiere su strade e piste estremamente prossime ai recettori, in particolar modo nel caso in cui queste siano dissestate.

Propagandosi nei terreni mediante onde di corpo (onde di compressione e taglio) e di superficie, la sismicità indotta da tali attività può interessare edifici situati in prossimità delle aree di lavoro. La sismicità viene percepita all'interno dell'edificio come moto vibratorio dei solai e delle pareti e come rumore indotto dalle stesse vibrazioni (rumore solido).

In linea generale quando un fenomeno vibrante interessa un edificio, in relazione alla sensibilità del soggetto ricettore e all'intensità e durata del fenomeno vibrante stesso, possono generarsi delle criticità in termini di disturbo alle persone residenti nell'edificio. Inoltre in presenza di vibrazioni particolarmente elevate è possibile che si generino criticità in termini di danno strutturale di varia entità in funzione delle caratteristiche della vibrazione (ampiezza, durata, frequenza, etc) e dell'edificio interessato.

In relazione alla tipologia di macchinario sorgente e alle sue modalità di utilizzo le vibrazioni possono interessare l'edificio ricettore in vario modo. Molto spesso si tratta di fenomeni vibranti di breve durata (ordine dei secondi) che interessano l'edificio poche volte durante la giornata ma nell'arco di più giorni lavorativi: è il caso, ad esempio, delle vibrazioni indotte dal traffico di mezzi pesanti che interessano sporadicamente il ricettore anche per mesi; lo scavo con esplosivi interessa un ricettore in maniera sensibile per 1-3 volte al giorno ma per il numero ristretto di giorni necessario ad eseguire lo scavo. In altre situazioni il fenomeno sismico ha una durata decisamente più ampia (anche ore) ma interessa il ricettore per un numero ristretto di giorni necessario ad eseguire le operazioni: è il caso dell'esecuzione dei pali o dell'infissione delle palancole o di sistemi di scavo meccanizzati (martelli demolitori, frese puntuali, etc).

Gli eventi vibratorii di brevissima durata vengono definiti transienti mentre quelli di più lunga durata continui. Più precisamente le vibrazioni transienti sono quelle che si verificano con una ricorrenza insufficiente a provocare effetti di fatica sui materiali e la cui successione temporale sia tale da non provocare risonanze nella specifica struttura; quelle continue sono quelle non comprese in questa definizione.

Obiettivo del presente studio è quello di individuare sul territorio aree edificate potenzialmente interessate dalle vibrazioni indotte dalle operazioni necessarie alla costruzione delle opere in progetto per il nodo autostradale di Genova. Tali aree sono state ricercate a ridosso delle carreggiate autostradali di nuova costruzione in quanto è lungo l'asse stradale che si concentrano le lavorazioni più importanti necessarie alla costruzione delle opere d'arte come viadotti e gallerie.

Nel dettaglio, la metodologia utilizzata per la redazione del presente studio ha seguito i passi operativi di seguito riportati:

- Analisi delle normative di settore
- Acquisizione ed analisi della documentazione riguardante l'infrastruttura in progetto;
- Analisi del territorio adiacente all'infrastruttura in progetto al fine di individuare aree edificate in prossimità delle carreggiate autostradali di nuova costruzione;
- Analisi delle operazioni da svolgersi in corrispondenza delle aree identificate al fine di individuare quelle più gravose in termini di sismicità indotta sui recettori;

- Analisi di dati bibliografici disponibili inerenti misure di vibrazioni indotte dalle lavorazioni più critiche al fine di individuare le aree di influenza delle operazioni;
- Individuazione delle potenziali criticità presenti a ridosso del sedime autostradale.

L'individuazione di tali criticità porta a selezionare sul territorio un numero minimo di aree che risultano sensibilmente interessate dalle vibrazioni indotte dalle lavorazioni.

Per quanto riguarda l'analisi dei riferimenti normativi, vengono descritti nell'apposito allegato allo SIA del progetto Infrastrutturale (cfr. MAM-I-AMBX-VIB-001).

8.2 QUADRO CONOSCITIVO

8.2.1 Individuazione delle interferenze cantiere-edificato

Un passo fondamentale nello sviluppo della progettazione ambientale nel campo delle vibrazioni è quello della conoscenza del territorio a ridosso dei tratti autostradali oggetto di studio. A tale scopo si è svolta un'analisi territoriale, utilizzando il censimento dei recettori eseguito ai fini dello studio acustico, con l'obiettivo di individuare la destinazione d'uso dei recettori che sono situati in aree adiacenti al sedime autostradale.

Una volta individuate sulla cartografia le aree di interferenza si è proceduto all'analisi dei documenti progettuali al fine di definire le caratteristiche del corpo stradale in corrispondenza delle aree di interferenza stesse.

Il tracciato, in ragione delle caratteristiche del territorio, risulta per la gran parte realizzato in galleria. Le varie tratte in sotterraneo sono fra loro collegate attraverso ponti o viadotti, mentre le tratte in aderenza si presentano estremamente limitate.

Ne consegue che le operazioni che durante la costruzione dell'opera oggetto di studio possono avere maggiore impatto in termini di vibrazioni sono quelle legate alla realizzazione delle gallerie e dei viadotti.

Per quanto attiene alle gallerie, le problematiche possono presentarsi sia nei pressi degli imbocchi delle gallerie sia lungo l'asse della galleria stessa.

Per quanto attiene agli imbocchi delle gallerie risulta di particolare importanza valutare la sismicità indotta dalle operazioni di abbattimento dei volumi di roccia che vengono eseguiti per la costruzione della galleria artificiale. In tale ambito anche la realizzazione delle palificate realizzate per il sostentamento dello scavo può comportare l'immissione nel terreno di onde sismiche.

Per la fase realizzativa delle gallerie naturali risulta invece importante valutare la sismicità indotta dalla fase di abbattimento del fronte di scavo specialmente nei casi in cui una ridotta copertura della galleria prefiguri ridotte distanze tra la zona di abbattimento e il ricettore impattato.

Per quanto attiene alle operazioni necessarie alla realizzazione dei viadotti, possibili criticità vanno ricercate nell'ambito della realizzazione delle fondazioni dei plinti e delle spalle dei viadotti stessi.

8.2.2 Definizione delle aree di influenza delle attività costruttive

Per area di influenza di una determinata attività costruttiva si intende quella porzione di territorio a ridosso dell'attività costruttiva che può risultare interessata in modo significativo da vibrazioni indotte dall'attività stessa. La vibrazione viene ritenuta significativa allorquando sia tale da :

1. risultare causa di disturbo per una persona interessata;
2. indurre lesioni strutturali ad un edificio.

Ne consegue che per una determinata attività costruttiva vengono definite due aree di influenza. In relazione al fatto che i valori di riferimento per il danno strutturale risultano superiori a quelli per il disturbo alle persone le aree di influenza di tipo 2 (lesioni a edifici) risultano contenute in quelle di tipo 1 (disturbi a persone).

8.2.2.1 Criticità dovute allo scavo delle Gallerie

La realizzazione delle gallerie stradali per il Nodo autostradale di Genova prevede l'utilizzo sia dello scavo meccanizzato (con TBM) che dello scavo tradizionale.

Una recente analisi dei dati disponibili sulle vibrazioni prodotte da differenti metodiche di scavo in differenti condizioni geologiche è sintetizzata nel grafico di Figura 8-1.

Al fine di individuare le aree di interferenza delle singole attività la figura è stata modificata riportando i seguenti valori di riferimento normativi.

- il valore di 2.5 mm/s indicato dalla norma DIN 4150-3 come soglia di danno per strutture sensibili nel caso di vibrazioni prolungate;
- il valore di 5 mm/s indicato dalla norma DIN 4150-3 come soglia di danno per edifici residenziali per vibrazioni prolungate;
- il valore di 1.5 mm/s indicato dall'eurocodice 3 come valore massimo per prevenire il disturbo alle persone nel caso di operazioni che superino i 26 gg lavorativi ed in presenza di un'adeguata campagna informativa dei residenti.

Per quanto attiene al danno strutturale si è fatto riferimento a valori limite per vibrazioni prolungate in relazione al fatto che:

- alcune delle attività indicate nella figura producono sismicità di tipo non transitorio;
- i valori limite per vibrazioni prolungate risultano più conservativi.

I dati rappresentati nella figura non risultano esaustivi in merito a tutti i litotipi riscontrabili, a tutti i tipi di macchinari e tecniche di scavo utilizzabili.

Tuttavia appare evidente che la maggiori problematiche inerenti alle operazioni di scavo siano da attribuire all'utilizzo di esplosivi e del martello demolitore. L'utilizzo delle frese puntuali garantisce un minor impatto ambientale con l'insorgenza di problematiche solamente in presenza di edifici decisamente prossimi al fronte di scavo (distanza < 10 m).

Per quanto attiene quindi i demolitori idraulici montati su tradizionali escavatori per lo scavo delle gallerie artificiali, questi costituiscono un metodo di abbattimento che risulta

ideale in mezzi omogenei caratterizzati da non elevate caratteristiche meccaniche o in ammassi fratturati.

Il demolitore idraulico può abbattere la roccia sia utilizzando l'utensile come "ripper" sia nella sua vera funzione immettendo sollecitazione di compressione nel massiccio.

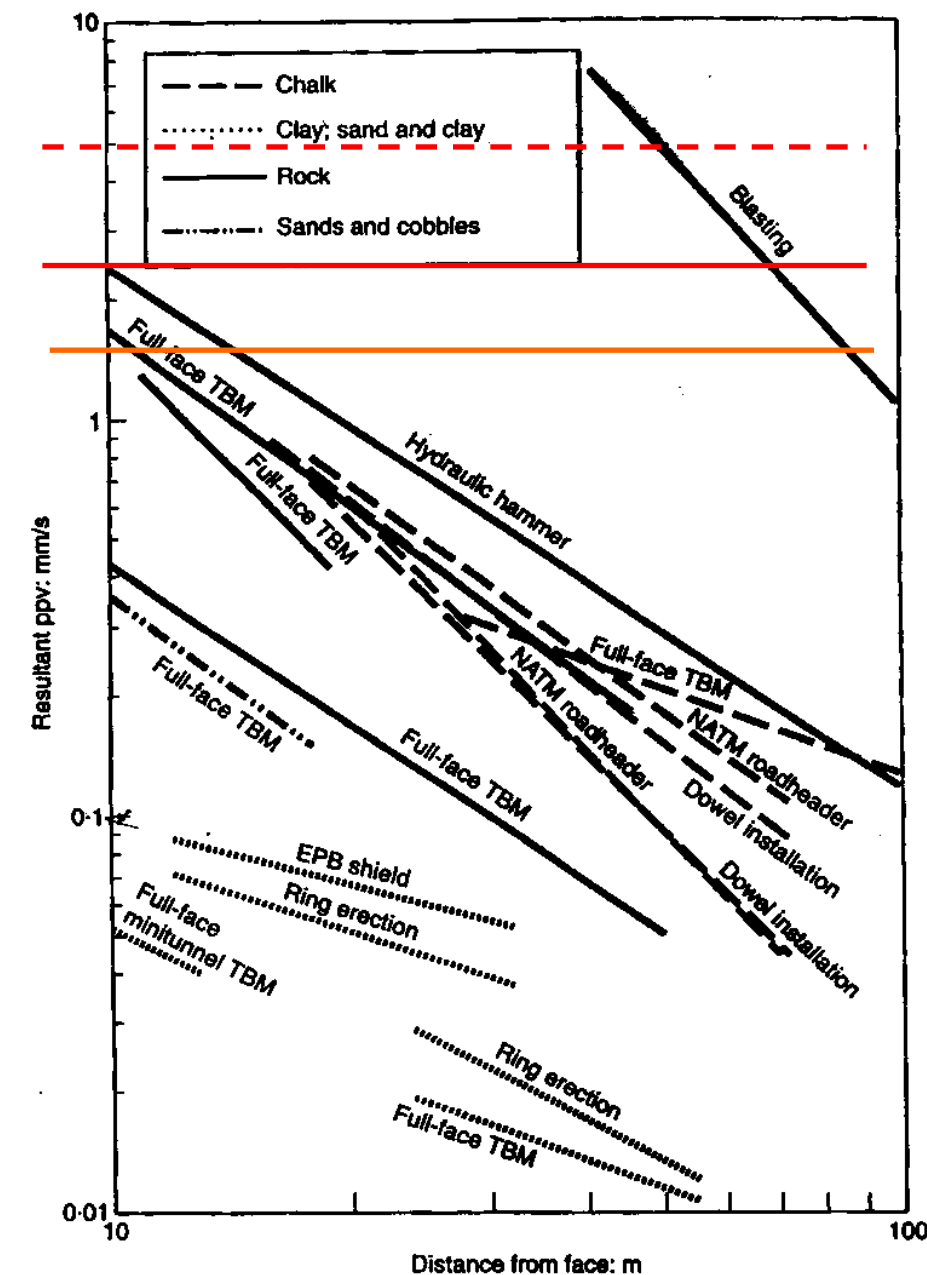


Figura 8-1 Valori di velocità di vibrazione indotta da sistemi di scavo meccanizzato in diversi tipi di terreno

Per quanto attiene alla sismicità indotta, i demolitori sono classificabili in base all'energia trasferita al mezzo per ogni colpo e al numero delle percussioni al minuto. Per alcuni tipi di demolitori queste caratteristiche risultano costanti. Per altri, invece, variano al variare della resistenza meccanica del mezzo: all'aumentare di questa aumenta l'energia per colpo e diminuisce il numero di colpi al minuto; il contrario avviene al diminuire della resistenza

meccanica dell'ammasso. L'ampiezza della vibrazione indotta dal martello demolitore è funzione dell'energia per colpo trasmessa dal macchinario e quindi dalla classe dello stesso. Le caratteristiche tipiche dei demolitori in commercio sono riportate nella seguente tabella.

Tabella 8-3 Tipi di demolitori idraulici presenti in commercio

Tipo	Peso (kg)	Energia per colpo (J)	Frequenza (Colpi/min)
A	2200	5200	360-520
B	2900	6000	400-600
C	3450	8200	300-400
D	2000	5700-1425	480-1100

Dalla tabella precedente si evince che il numero di sismi immessi nel mezzo risulta notevole. Infatti ipotizzando l'uso di un martello demolitore tipo A con 360 colpi minuto in un'ora di abbattimento si generano 21600 sismi.

Dati i diversi tipi di macchinari che possono essere utilizzati e date le diverse risposte "sismiche" sugli edifici, al fine di stimare con più precisione le possibili interferenze sui ricettori prossimi agli scavi, si considera un ulteriore studio di bibliografia¹⁴ che riporta, in termini specifici per le attività di scavo con demolitore idraulico, i risultati di apposite misure di vibrazioni di rilievi eseguiti in superficie durante lo scavo in gallerie in breccia calcarea, di profondità variabile, con martello demolitore tipo D.

Nella Figura 8-2 si illustrano detti rilievi i cui valori si riferiscono ai valori di picco del vettore velocità delle particelle. Per ogni distanza i valori diagrammati sono solo il 5 % di quelli registrati. In particolare sono riportati quelli più elevati; i rimanenti valori misurati e non riportati sono più bassi.

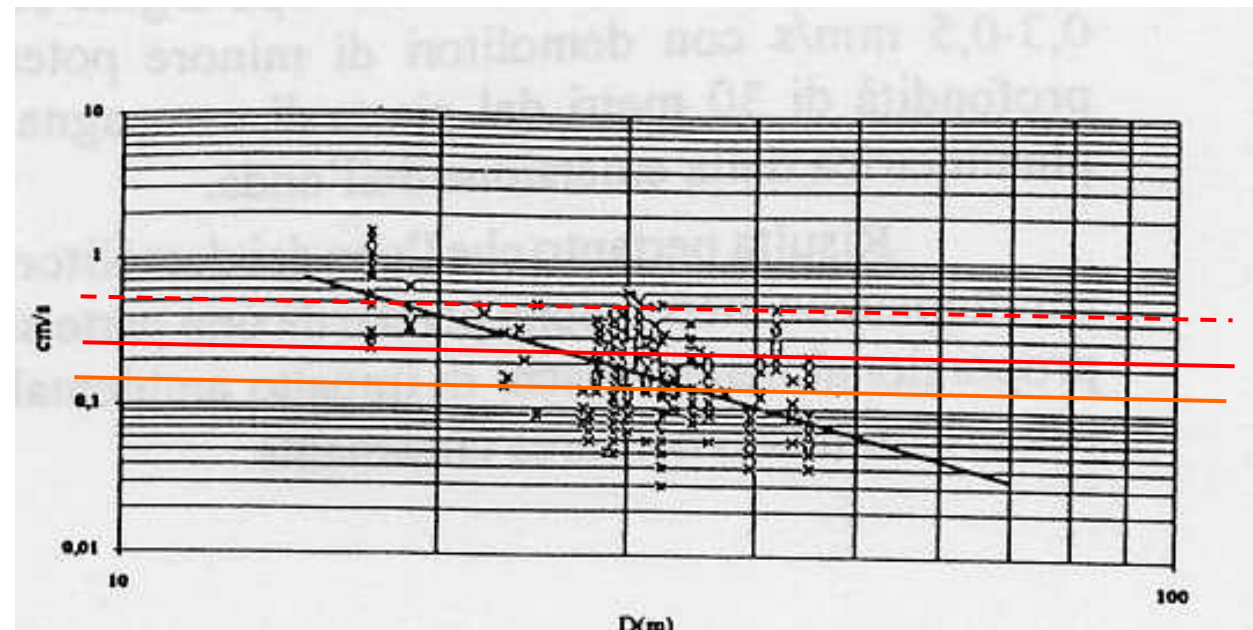


Figura 8-2 Vettore velocità misurato in superficie in funzione della distanza della sorgente in galleria

¹⁴ Dantini E.M., "Abbattimento meccanico con demolitori idraulici" – L'ingegnere, n. 1-12/1993

I valori ottenuti sono molto influenzati dalle caratteristiche locali della formazione rocciosa e dalla posizione dell'utensile sul fronte, sia perché varia con essa la profondità della sorgente sia in relazione alla direzione di immissione sismica. A parità di distanza dalla sorgente la variabilità dell'ampiezza dei transienti misurati varia di un ordine di grandezza.

Benché i valori riportati siano in riferimento allo scavo di galleria naturale e nonostante venga riportata solo la quota percentile del 5%, è interessante notare che le vibrazioni indotte in superficie risultano superiori a quelle indicate nella precedente Figura 8-1. Inoltre i valori registrati mostrano che i sismi indotti risultano tutt'altro che irrilevanti ai fini del danneggiamento fisico della sovrastruttura dell'edificio.

Infatti si nota che con coperture di circa 17 m si possono attendere velocità di vibrazione di anche 2 cm/s, nettamente superiori ai limiti indicati dalla norma 4150-3. Considerando la retta di regressione riportata in Figura 8-2 si nota che:

- affinché l'ampiezza delle vibrazioni scenda sotto il valore limite per il danno strutturale in abitazioni di uso civile pari a 5 mm/s (DIN 4150-3) la distanza dal fronte di scavo deve essere superiore a 20 m
- affinché l'ampiezza delle vibrazioni scenda sotto il valore limite per il disturbo alle persone in abitazioni di uso civile pari a 1.5 mm/s (Eurocodice 3) la distanza dal fronte di scavo deve essere superiore a 40 m

In massicci più "soffici" tipo argille scagliose sono state rilevate velocità delle particelle di 0.3 – 0.5 mm/s con demolitori di minore potenza rispetto a quello citato precedentemente, operanti alla profondità di 30 m dal piano campagna. Tali valori risultano più in linea con quelli riportati in Figura 8-1.

In base ai dati sperimentali disponibili, tenendo presente che non risulta noto il tipo di demolitore che sarà utilizzato in funzione delle caratteristiche meccaniche dei terreni da abbattere, non risulta possibile eseguire una previsione accurata della sismicità indotta da tale tipo di abbattimento.

Tuttavia i dati provenienti dalla Figura 8-2 essendo relativi a scavi in breccia calcarea di caratteristiche meccaniche variabili e con demolitori dotati di una buona energia per colpo, possono verosimilmente essere utilizzati a favore di sicurezza. Questo anche in relazione al fatto che i dati riportati nella figura sono quelli massimi registrati per ogni singola distanza.

Stante ciò per le operazioni di abbattimento meccanico in roccia con martello demolitore può essere assunta una distanza di influenza di 40 m, per quanto attiene al disturbo alle persone, e di 20 m per il danno strutturale.

8.2.2.2 Criticità dovute alla realizzazione dei viadotti

Nella realizzazione di un viadotto l'operazione più critica, in termini di sismicità indotta, è certamente quella relativa alla realizzazione delle strutture di fondazione delle pile e delle spalle. Nell'ambito delle infrastrutture in oggetto i sistemi di fondazione utilizzati consistono in plinti in calcestruzzo armati posati, generalmente, su pali di grande diametro (d > 800 mm).

L'esecuzione delle strutture di fondazione avviene successivamente ad operazioni preparatorie mirate alla regolarizzazione e stabilizzazione dell'area interessata.

Per la realizzazione di questo genere di fondazioni è ipotizzabile l'esecuzione di pali trivellati. In tal caso una trivella esegue l'operazione di trivellazione del terreno mediante rotazione di un cestello (Bucket); dopo aver trivellato per alcuni minuti (circa 5-10), il Bucket viene estratto per scaricare il terreno accumulato: questa operazione è la più gravosa in termini vibro acustici, poiché produce 5/6 colpi molto forti. Questi colpi si ripetono con una frequenza dipendente dal rendimento di trivellazione poiché ogni volta che il Bucket è pieno, la trivella si ferma e lo sgancia, lasciando cadere il terreno. Un escavatore (o pala) allontana il terreno.

Terminato lo scavo, la trivellatrice si sposta sulla posizione prevista per un altro palo.

Successivamente si passa alla posa in opera dell'armatura del palo. Le gabbie di armatura vengono calate nel foro trivellato con un'auto-grù che provvede anche alla posa del "tubo getto". Successivamente mediante un autobetoniera si procede al getto del calcestruzzo nel foro trivellato nel terreno. Alla fine del getto, un'autogrù sfilata il tubo getto.

I risultati di alcune misure eseguite sul terreno ad una distanza di circa 8 m dalla zona di esecuzione di alcuni pali trivellati¹⁵ hanno evidenziato che durante queste attività si determinano vibrazioni quasi sempre di tipo impulsivo caratterizzate da una grande variabilità in termini di ppv. Infatti, si sono riscontrate vibrazioni con ppv variabile tra 0.1 e 5 mm/s. I maggiori valori, come detto, sono da attribuirsi alle fasi di pulizia del Bucket. In particolare si sono misurate vibrazioni con ppv compresi tra 1.7 e 5 mm/s e con frequenza fondamentale intorno ai 10 Hz.

Ai fini di stimare la propagazione della vibrazione con la distanza si può fare riferimento ad alcune relazioni proposte in letteratura¹⁶ tipo:

$$ppv = \frac{c}{R^n}$$

dove:

- R è la distanza dalla zona di esecuzione del palo;
- C e n sono delle costanti che dipendono dalle caratteristiche del terreno, dalla tecnica di esecuzione del palo, etc

La costante n in genere assume valori variabili tra 0.5 e 1.5¹⁷: l'eurocode 3 assume per essa il valore 1 mentre pubblicazioni Statunitensi assumono il valore 1.5¹⁸.

Ipotizzando, in base alla menzionate misure, a favore di sicurezza, una velocità di picco di riferimento di 5 mm/s ad una distanza di riferimento di 8 m dalla zona di realizzazione del

palo, si ottengono le curve di propagazione della vibrazione nel terreno riportate nella Figura 8-3. Nella figura viene distinto il caso di n=1 dal caso di n=1.5.

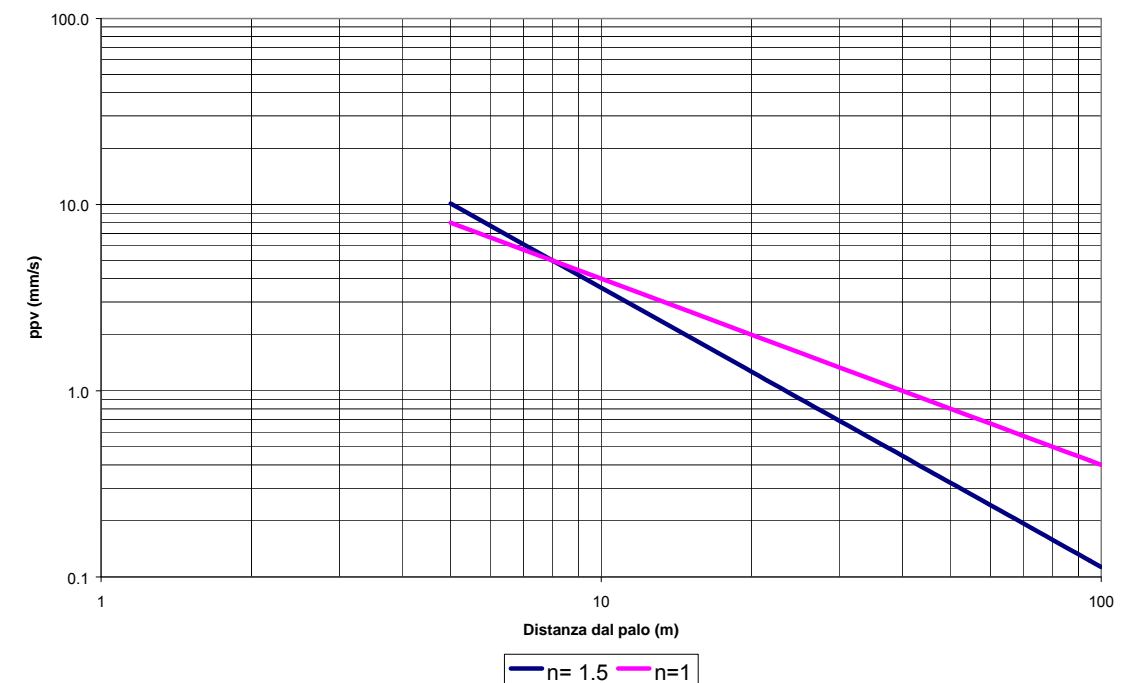


Figura 8-3 Propagazione delle vibrazioni indotta da pali trivellati

Le vibrazioni indotte dalla realizzazione dei pali trivellati possono annoverarsi tra quelle transienti. Stante ciò, in ragione delle frequenze fondamentali di vibrazione individuate (intorno ai 10 Hz), si può porre come limite per il danno strutturale in edifici residenziali il valore di ppv = 5 mm/s (DIN 4150-3). Ai fini del disturbo alle persone, poiché risulta verosimile la realizzazione di una palificata di fondazione in un tempo inferiore ai 6 giorni, può essere assunto un valore limite di 3 mm/s accettabile secondo l'eurocodice 3 in presenza di una adeguata campagna informativa.

In sintesi, la Figura 8-3 illustra che:

- affinché l'ampiezza delle vibrazioni scenda sotto il valore limite per il danno strutturale in abitazioni di uso civile pari a 5 mm/s (DIN 4150-3) la distanza dalla zona di realizzazione del palo deve essere superiore a 8 m
- affinché l'ampiezza delle vibrazioni scenda sotto il valore limite per il disturbo alle persone in abitazioni di uso civile pari a 3 mm/s (Eurocodice 3) la distanza dalla zona di realizzazione del palo deve essere superiore a 14 m.

Stante ciò ogni edificio ricevente che si ubichi ad una distanza inferiore ai 14 m dalle zone di esecuzione dei pali trivellati può essere considerato potenzialmente critico in termini di disturbo alle persone (distanza di influenza per il disturbo alle persone). Qualora la distanza scenda al di sotto dei 8 m inoltre è possibile attendersi una criticità anche in termini di danno strutturale (distanza di influenza per il danno strutturale).

¹⁵ VDP srl "Misure di vibrazioni indotte da attività di cantiere" – Data base interno

¹⁶ D.J. Rockhill, M.D. Bolton, D.J. White "Ground-borne vibrations due to press-in piling operations" – Cambridge University Engineering department

¹⁷ CIRIA – JM Head FM Jardline «Ground-borne vibrations arising from piling» - technical note 142 – 1992

¹⁸ U.S. Department of transportation – Federal Railroad Administration: «High speed ground transportation Noise and vibration impact assessment» Washington, D.C., december 1998

8.2.2.3 Criticità indotte dal transito dei mezzi di cantiere

Alcune criticità possono insorgere nell'intorno dei percorsi utilizzati dai mezzi di cantiere per gli spostamenti necessari alla varie attività costruttive. Si tratta per lo più di quelle situazioni, tipicamente a raso, in cui il piano stradale si trova in intimo contatto con gli edifici presenti (esempio piste di cantiere, strade urbane, etc).

La sismicità indotta dai transiti dei vari mezzi dipende dal tipo di mezzo (cingolato o su ruote gommate), dal peso e dal sistema di sospensioni. Un altro fattore estremamente importante è da attribuire alle condizioni del piano stradale (o pista): irregolarità, quali buche, dossi, tombini fanno sì che una maggior quota parte dell'energia cinetica del mezzo sia trasferita al piano stradale e quindi all'eventuale edificio ubicato nelle vicinanze.

Alcune indicazioni in merito alla sismicità indotta dal transito di alcuni mezzi di cantiere possono essere reperite in letteratura¹⁹. La sintesi è riportata nella Tabella 8-4.

Tabella 8-4 Velocità di vibrazioni indotte da mezzi di cantiere

Mezzo	Vibrazione di riferimento ppv (mm/s)	Distanza di riferimento
Bulldozer di grandi dimensioni	2.2	7.6
Bulldozer di piccole dimensioni	0.7	7.6
Loaded Truck	1.9	7.6
Pala cingolata	0.8	8
Autocarro 1	1.45	3.6
Peso sull'asse posteriore 7.2 Mg		
Velocità 50 km/h		
Irregolarità artificiali 21 mm		
Autocarro 2	2	10
Peso sull'asse posteriore 8.1 Mg		
Velocità 50 km/h		
Irregolarità artificiali 50 mm		

I valori di ppv riportati in Tabella 4 sono stati utilizzati per stimare la propagazione della vibrazione nel terreno mediante la formula già indicata nei paragrafi precedenti:

$$ppv = ppv_{ref} \left(\frac{R_{ref}}{R} \right)^n$$

E' stato scelto di adottare il parametro n=1 in quanto risultava in linea con i dati di propagazione di vibrazione indotta da transiti veicolari. Il risultato dell'elaborazione è riportato in forma grafica nella Figura 8-4.

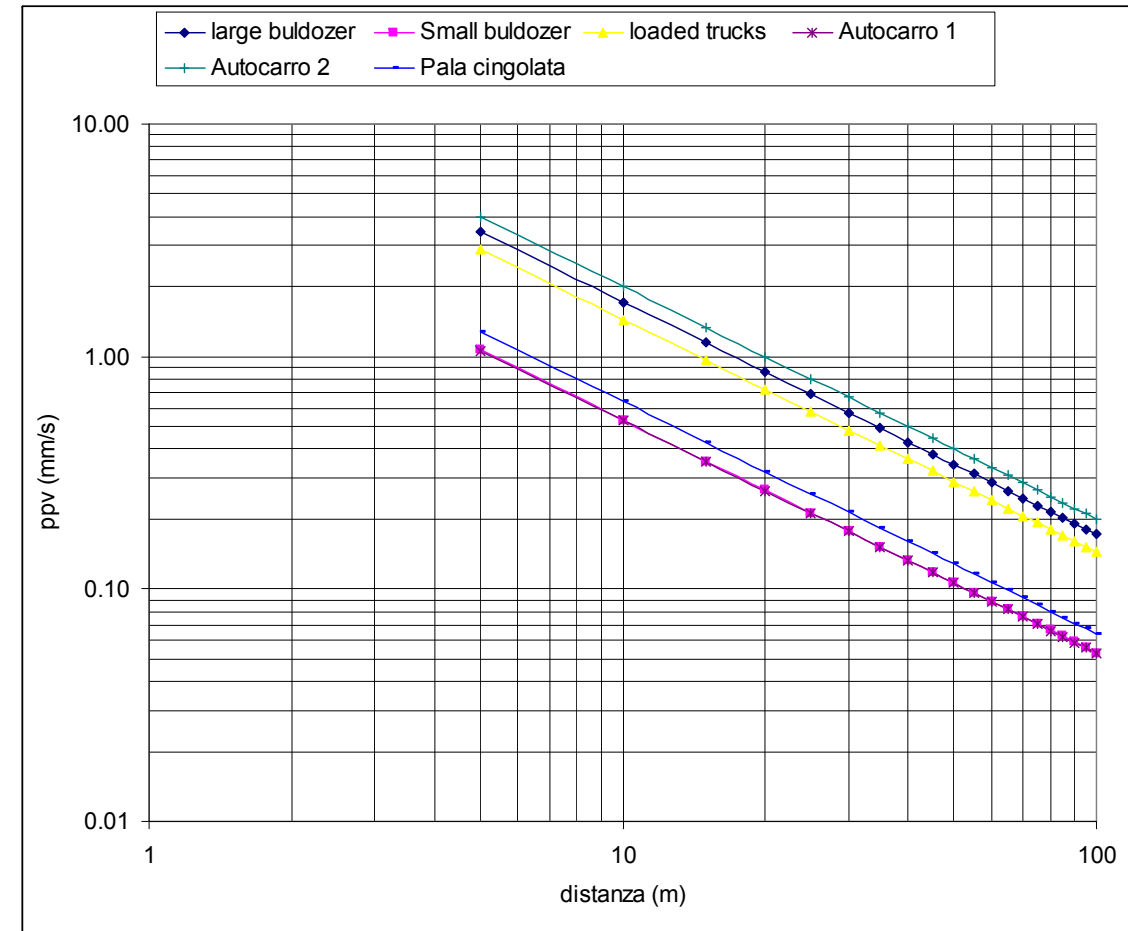


Figura 8-4 Propagazione della vibrazione indotta da transiti di automezzi

I dati della Tabella 8-4 e della Figura 8-4 sono sicuramente non esaustivi in relazione a tutti i tipi di macchinari transitanti e a tutte le condizioni che si possono presentare nella realtà. Tuttavia possono essere utilizzati a livello orientativo per capire il grado di criticità indotta da questo tipo di attività.

Considerando il carattere transitorio della vibrazione indotta dai transiti degli automezzi e il fatto che essa interessa gli edifici per un numero di giorni consistente, possono essere assunti i seguenti valori limite:

- 5 mm/s indicato dalla norma DIN 4150-3 come soglia di danno per edifici residenziali per vibrazioni transitorie (tale valore può essere considerato di assoluta sicurezza in relazione al fatto che le vibrazioni indotte dai transiti risultano caratterizzate da frequenze fondamentali superiori ai 10 Hz)
- 1.5 mm/s indicato dall'eurocodice 3 come valore massimo per prevenire il disturbo alle persone nel caso di operazioni che superino i 26 gg lavorativi ed in presenza di un'adeguata campagna informativa dei residenti.

In base ai dati a disposizione ci sia attente che il transito dei mezzi di cantiere induca criticità al più in termini di disturbo alle persone. Tale tipo di criticità può essere presente in edifici situati ad una distanza inferiore ai 10-15 m dalla strada e in corrispondenza del transito di mezzi particolarmente pesanti (vedi loaded trucks, large bulldozer) o in presenza

¹⁹ Road Research laboratory – Department of the environment - TRRL Report LR418 «A survey of traffic-induced vibrations» - 1971

di forti irregolarità sul piano di rotolamento (autocarro 2). È evidente comunque che tali conclusioni necessitano di una conferma mediante idonee attività sperimentali.

8.3 ANALISI DELLE INTERAZIONI OPERA-AMBIENTE

8.3.1 Individuazione delle aree potenzialmente critiche

Per area “potenzialmente” critica si intende una porzione di territorio nella quale sono ubicati uno o più recettori che, per vicinanza alle aree di lavorazione, potrebbero essere interessati da fenomeni vibratori in grado di determinare criticità in termini di disturbo alle persone o di danno strutturale.

Il termine “potenzialmente” serve a mettere in evidenza che la criticità non scaturisce da campagne di misura mirate ma in base a dati sperimentali disponibili in letteratura. Va da sé, dunque, che nella definizione di tali aree vi sono dei margini di incertezza e che l’effettiva criticità di un ricevitore potrà essere verificata solo quando durante le attività costruttive sarà possibile realizzare rilievi ad hoc.

La definizione di area “potenzialmente” critica, comunque, permette di focalizzare l’attenzione a quelle situazioni d’interferenza ricevitore-cantiere più importanti e significative.

Nel presente studio si è giunti alla definizione delle aree potenzialmente critiche:

- analizzando le interferenze progetto-edificato presenti sul territorio;
- analizzando le attività costruttive da eseguirsi in prossimità degli edifici identificando quelle maggiormente impattanti dal punto di vista vibrazionale;
- definendo le distanze di influenza delle singole attività maggiormente impattanti ovvero le distanze al di sotto delle quali è possibile l’insorgenza di criticità in termini di disturbo o di danno strutturale.

Si sottolinea che nella definizione della attività costruttive, laddove l’attuale livello di dettaglio del progetto non risulta sufficiente (es. metodiche di realizzazione delle gallerie, dei pali etc), sono state fatte delle ipotesi ragionevoli o a favore di sicurezza.

Definite le distanze di influenza delle singole attività costruttive vengono automaticamente a determinarsi su territorio delle porzioni di territorio potenzialmente critiche. Si tratta di quelle aree, presenti nell’intorno della posizione di esecuzione delle attività che risultano delimitate esternamente dalla distanze di influenza.

In sintesi, sulla base di quanto detto ai precedenti paragrafi, si stima che le aree potenzialmente critiche siano quelle che ricadono all’interno delle seguenti distanze dalle attività di lavorazione (cfr. Tabella 8-5).

Tabella 8-5 Sintesi delle distanze critiche

Attività	Distanze critiche per emissioni vibrazionali	
	Disturbo alle persone	Danneggiamento alle sovrastrutture degli edifici
Realizzazione Galleria Artificiale	40	20
Realizzazione Galleria Naturale	10	-
Realizzazione Viadotti	20	10
Movimentazione mezzi pesanti	10	-

In conclusione, quindi, da quanto sopra affermato si stima che siano oggetto di interferenza i seguenti ricettori (cfr. Tabella 8-6).

Tabella 8-6 Sintesi dei ricettori potenzialmente interferiti

Area	Codice ricevitore	Tipologia	Attività	Distanza
Voltri	B043	Residenziale	Fondazione Viadotto	40
	B103	Culto	Fondazione Viadotto	10
	B104	Residenziale	Fondazione Viadotto	29
	B126	Residenziale	Imbocco galleria	31
Bolzaneto	D121	Produttivo	Fondazione Viadotto	35
	D122	Produttivo	Fondazione Viadotto	12
	D233	Residenziale	Imbocco galleria	35
	D237	Residenziale	Imbocco galleria	35
Genova Ovest	H023	Residenziale	Imbocco galleria	40

Ai fini di una identificazione degli edifici si è fatto riferimento al censimento dei recettori redatto nell’ambito dello studio acustico (cfr. MAM-I-QAMB-RUM-001_004).

8.4 IL RAPPORTO OPERA-AMBIENTE

Durante la costruzione di opere di una certa importanza, quali quelle in oggetto, è possibile che si producano moti vibratori dovuti ad attività quali la battitura dei pali, l'infissione di palancole nel terreno, la compattazione del terreno, le operazioni di scavo all'aperto e in sotterraneo, etc. Altri problemi possono essere dovuti al transito di mezzi pesanti di cantiere su strade e piste estremamente prossime ai recettori, in particolar modo nel caso in cui queste siano dissestate.

Propagandosi nei terreni mediante onde di corpo (onde di compressione e taglio) e di superficie, la sismicità indotta da tali attività può interessare edifici situati in prossimità delle aree di lavoro. La sismicità viene percepita all'interno dell'edificio come moto vibratorio dei solai e delle pareti e come rumore indotto dalle stesse vibrazioni (rumore solido).

L'analisi delle caratteristiche delle opere in progetto e del tessuto territoriale in cui si inserisce ha messo in evidenza che le maggiori criticità sono da attribuire ad attività necessarie alla realizzazione delle gallerie e dei viadotti.

Per quanto riguarda le attività di costruzione della galleria, lo studio ha permesso di individuare delle aree in cui sono presenti edifici che potrebbero essere interessati da fenomeni vibratorii intensi capaci di indurre disturbo alle persone che li abitano. In questo ambito le maggiori problematiche sono da attribuire alle operazioni di abbattimento dei volumi di terreno all'aperto relativamente alle gallerie artificiali.

Si rammenta che nella definizione delle aree di influenza relative allo scavo delle gallerie non si è tenuto conto della possibilità dell'utilizzo di esplosivi. In tal caso l'estensione delle aree di influenza risulta senz'altro maggiore e non quantificabile a priori senza un'adeguata caratterizzazione dinamica della roccia da abbattere e senza la definizione progettuale della volata.

La scelta di appropriate metodologie di scavo può essere utile per limitare gli effetti delle vibrazioni sui recettori o quantomeno ad escludere il danno strutturale. Ad esempio appare opportuno limitare l'utilizzo dei martelli demolitori laddove siano presenti recettori nell'ambito dei 40 m dal fronte di scavo.

Infatti l'utilizzo di metodi alternativi di abbattimento (es. frese puntuali), se tecnicamente applicabili, riducono sensibilmente le vibrazioni indotte nella roccia e i relativi effetti sui recettori.

Per quanto attiene alle palificate, l'utilizzo di pali trivellati fa sì che le vibrazioni indotte nel mezzo siano estremamente ridotte rispetto ad altre metodiche nettamente più impattanti (es. pali battuti). In ogni caso particolare cautela bisognerà porre nei casi in cui siano presenti edifici nel raggio di 15 – 20 m dalla zona di attività.

Per quanto attiene alle attività di costruzione di viadotti lo studio ha permesso di individuare delle aree in cui sono presenti edifici che potrebbero essere interessati da fenomeni vibratorii intensi capaci di indurre disturbo alle persone che li abitano e in alcuni casi danni alle strutture. In questo ambito le maggiori problematiche sono da attribuire alle operazioni di realizzazione dei pali di fondazione dei plinti e delle spalle.

Anche in questo caso l'utilizzo di pali trivellati fa sì che le vibrazioni indotte nel mezzo siano estremamente ridotte rispetto ad altre metodiche nettamente più impattanti (es. pali battuti). In ogni caso particolare cautela bisognerà porre nei casi in cui siano presenti edifici nel raggio di 15 m dalla zona di attività.

Per quanto attiene alle vibrazioni indotte dal transito dei mezzi di cantiere su strade o piste, lo studio ha messo in evidenza la possibilità che si determinino criticità qualora un edificio sia situato ad una distanza inferiore ai 10-20 m. I dati a disposizione mettono in luce che sono ipotizzabili criticità in termini di disturbo alle persone qualora si sia in presenza di mezzi decisamente importanti o di forti disconnessioni del piano stradale. In relazione a questi dati appare evidente la necessità di garantire la manutenzione di tratti stradali utilizzati dai mezzi di cantiere nei tratti in cui passano in prossimità di edifici per tutta la durata dei lavori.

In corrispondenza dei recettori impattati presenti nelle aree critiche individuate, sarà opportuno predisporre delle attività di controllo della sismicità indotta durante le attività costruttive indicate. Tali attività di monitoraggio saranno da guida nella scelta e nella variazione in corso d'opera delle modalità operative al fine di ridurre al minimo possibile gli impatti ambientali.

Per l'opera a mare è stato verificato che la componente Vibrazioni non è applicabile, sia per la fase di realizzazione che per quella di realizzazione finita, in quanto non è previsto l'utilizzo di macchinari o di eventi in grado di indurre questo tipo di fenomeno.

9 SALUTE PUBBLICA

9.1 TEMI E METODOLOGIA DI LAVORO

9.1.1 I temi

Come illustrato nel capitolo introduttivo del presente Quadro, le opere oggetto del Quadro di riferimento ambientale dello SIA del progetto di Cantierizzazione sono rappresentate dalle Infrastrutture autostradali, colte nella dimensione realizzativa, e dalle Opere connesse di cantierizzazione, locuzione con la quale si è inteso individuare l'insieme delle opere finalizzate alla realizzazione delle infrastrutture autostradali, la necessità delle quali origina dalle complessità esecutive e dalle scelte progettuali operate ai fini di limitare gli effetti negativi prodotti dalla fase realizzativa.

Muovendo da tale impostazione, attraverso un processo di successiva scomposizione di dette opere in elementi progettuali progressivamente più dettagliati, si è pervenuti all'identificazione dei temi di riferimento di ciascuno dei tre canonici quadri previsti dal DPCM 27.12.1988 (Temi di Quadro). Nel caso del Quadro ambientale, i relativi temi sono stati definiti nei seguenti termini (cfr. Tabella 9-1).

Tabella 9-1 Temi di riferimento (Temi di Quadro)

Opere	Macrotemi	Temi di riferimento	Temi di Quadro
Infrastrutture autostradali	Opera come realizzazione	<ul style="list-style-type: none"> Attività costruttive <ul style="list-style-type: none"> Costruzione dei viadotti <ul style="list-style-type: none"> Scavo e costruzione delle gallerie <ul style="list-style-type: none"> Scavo meccanizzato Scavo in tradizionale Movimentazione delle terre di scavo delle gallerie Gestione delle terre di scavo delle gallerie Approvvigionamento di materie prime Aree a servizio della cantierizzazione <ul style="list-style-type: none"> Aree cantieri industriali Aree cantieri di imbocco Aree campi base Itinerari di cantierizzazione Piste di cantiere 	
		<ul style="list-style-type: none"> Opere a carattere temporaneo <ul style="list-style-type: none"> Slurrydotto Pista di montaggio frese Opere a carattere definitivo <ul style="list-style-type: none"> Opera a mare 	
Opere connesse di cantierizzazione	Opera come manufatto	<ul style="list-style-type: none"> Opere a carattere temporaneo <ul style="list-style-type: none"> Slurrydotto Pista di montaggio frese Opere a carattere definitivo <ul style="list-style-type: none"> Opera a mare 	
	Opera come realizzazione	<ul style="list-style-type: none"> Attività costruttive <ul style="list-style-type: none"> Confinamento del Canale di Calma Chiusura dell'opera a mare Approvvigionamento delle materie Aree a servizio della cantierizzazione <ul style="list-style-type: none"> Aree di cantiere Itinerari di cantierizzazione 	
		Opera come esercizio	<ul style="list-style-type: none"> Funzionamento <ul style="list-style-type: none"> Movimentazione dello slurry lungo lo slurrydotto Riempimento progressivo dell'opera a mare

Muovendo da tale articolazione, la fase di lavoro successivamente affrontata è stata quella della selezione tra i Temi di Quadro di quelli per i quali erano ravvisabili aspetti di rilevanza rispetto alla componente indagata, in ragione dei nessi di causalità intercorrenti tra azioni di progetto, fattori causali ed impatti potenziali conseguenti (Temi di Componente).

Nel caso della componente Salute pubblica, stante la pluralità dei profili che detta componente interessa, è apparso necessario arrivare all'individuazione del quadro delle azioni di progetto, dei fattori causali e dei relativi impatti potenziali presi in esame, attraverso un grado di sintesi maggiore rispetto a quello adottato per le restanti componenti.

A tale riguardo basti pensare alla differente rilevanza che, rispetto alle finalità della componente in esame, assumono il tema dello scavo e la costruzione di gallerie in ammassi potenzialmente amiantiferi rispetto a quello a quello della realizzazione di gallerie in zone non amiantifere. Posto che analoga considerazione vale anche per la costruzione dei viadotti, nonché per la movimentazione delle terre di scavo, tale circostanza ha indotto ad operare un accorpamento delle diverse azioni di progetto in relazione al loro essere o meno condotte in ambiti connotati dalla presenza di terre amiantifere. Conseguentemente, il quadro delle azioni di progetto-fattori causali-impatti potenziali presi in esame è risultato il seguente (cfr. Tabella 9-2).

Tabella 9-2 Azioni di progetto, fattori causali ed impatti potenziali

Azioni di progetto	Fattori causali	Impatti potenziali
Costruzione opere infrastrutturali in zone con ammassi amiantiferi	Mobilizzazione di fibre amiantifere	Dispersione delle fibre amiantifere in aria
Trasporto delle terre di scavo potenzialmente amiantifere		
Stoccaggio delle terre amiantifere		
Riempimento dell'opera a mare		
Costruzione opere infrastrutturali in zone con formazioni non amiantifere	Sollevamento e dispersione di polveri aerodisperse provocati dalle lavorazioni svolte	Modificazione delle condizioni di qualità dell'aria
Stoccaggio delle terre di scavo non amiantifere		
Costruzione dell'opera a mare	Sollevamento e dispersione di polveri aerodisperse a seguito del transito dei mezzi su strada non pavimentate	Modificazione del clima acustico
	Produzione di fumi di scarico delle macchine operatrici	
Trasporto su gomma delle terre di scavo non amiantifere e dei materiali di costruzione	Produzione emissioni acustiche	Modificazione delle condizioni di qualità dell'aria
	Produzione emissioni acustiche	Modificazione del clima acustico

Come si evince dal quadro sopra riportato, le tipologie di impatti potenziali sono distinguibili in due categorie:

- una prima, rappresentata dalla dispersione delle fibre amiantifere in aria, attiene la specificità del caso in esame, costituita per l'appunto dalla presenza di ammassi amiantiferi;
- una seconda, riguardante la modificazione delle condizioni di qualità dell'aria e del clima acustico, è espressione delle "canoniche" tipologie di impatto che si determinano nella costruzione di opere infrastrutturali, le quali, a loro volta, fanno riferimento agli effetti relativi alle componenti Atmosfera e Rumore.

A fronte di ciò e considerata la rilevanza rivestita dal tema della dispersione in aria delle fibre amiantifere, si è scelto di affrontare in questa sede unicamente tale tema, rimandando ai rispettivi capitoli del Quadro di riferimento ambientale del presente SIA per quanto concerne la trattazione degli aspetti riguardanti la modificazione della qualità dell'aria e del clima acustico.

9.1.2 La metodologia

Dal punto di vista metodologico le fasi in cui è stato articolato lo studio possono essere riassunte nei punti seguenti:

- ricerca bibliografica volta all'acquisizione della documentazione specialistica relativa alla tematica amianto (aspetti scientifici ed epidemiologici);
- valutazione di misure sperimentali relative alla presenza di fibre aerodisperse nell'area di studio;
- analisi delle possibili interferenze in rapporto alla fase di cantiere dell'opera.

Per quanto concerne la caratterizzazione della popolazione, attraverso l'analisi dei principali aspetti demografici, nonché – ovviamente - di quelli concernenti lo stato attuale di salute, con riferimento a mortalità generale, mortalità specifica, si rimanda alla componente Salute pubblica dello SIA del Progetto Infrastrutturale.

9.2 QUADRO CONOSCITIVO – ASPETTI SCIENTIFICI ED EPIDEMIOLOGICI IN MATERIA DI AMIANTO

9.2.1 Introduzione

L'amianto in natura è presente in molte località poiché è associato, per genesi geologica, a rocce molto diffuse quali le pietre verdi o ofioliti, ed in particolare alle serpentiniti, utilizzate come pietre ornamentali ("marmi verdi") e inerti. I tipi di amianto presenti sono il crisotilo e gli amianti di anfibolo (in particolare i minerali della serie isomorfa tremolite-actinolite (Figura 9-1). Sono stati, inoltre, segnalati altri minerali fibrosi non classificati dalla normativa come amianti (ad esempio l'antigorite fibrosa).



Figura 9-1– Fasci di fibre di tremolite-actinolite rinvenute presso una cava di marmo verde dismessa

Le pietre verdi presenti nelle catene montuose sono presenti anche nelle pianure alluvionali originatesi per disgregazione delle montagne stesse nel corso delle ere geologiche. Le serpentiniti, nell'Arco Alpino Occidentale, sono concentrate in aree corrispondenti alla media Valle d'Aosta, alle Valli di Lanzo, alla Val di Susa e al Gruppo di Voltri (tra Genova e Savona). Esistono, tuttavia, anche altri massicci ofiolitici.

L'amianto di serpentino (crisotilo) è il più diffuso in natura ed è sempre associato alle serpentiniti.

Le serpentiniti sono rocce metamorfiche formatesi per metamorfismo regionale debole di peridotiti (rocce ignee) i cui componenti essenziali sono l'olivina (un nesosilicato di composizione $(Mg,Fe^{2+})_2SiO_4$, detta anche peridoto) e il pirosseno. Esse hanno come costituente essenziale minerali del gruppo del serpentino, tra i quali è di norma prevalente l'antigorite (o serpentino lamellare). In quantità variabile, ma sempre subordinata, possono essere presenti numerosi altri minerali accessori:

- _ altri minerali del gruppo del serpentino (crisotilo, lizardite);
- _ altri silicati (clorite, olivina, diopside, talco, tremolite-actinolite);
- _ minerali metallici del ferro, cromo, nichel, cobalto (ossidi, solfuri, metalli nativi).

Possono, inoltre, essere presenti idrossidi (brucite) e carbonati.

Ovviamente tutti questi minerali non sono presenti contemporaneamente nelle serpentiniti: il tipo di associazione mineralogica dipende dalle condizioni chimico-fisiche esistenti durante il processo di serpentinitizzazione (tipico processo metamorfico).

Se i minerali accessori di interesse industriale sono concentrati e in tenori e cubature significative si ha un giacimento minerario: associati alle serpentiniti si hanno così mineralizzazioni a minerali metallici (magnetite, cromite e più raramente minerali di nichel) e litoidi (amianto, talco, magnesite).

L'aspetto delle serpentiniti è verde, da chiaro a scuro o verde giallastro.

Il termine "ofioliti" indica una sequenza di rocce ed in particolare: rocce magmatiche ultrabasiche metamorfosate (peridotiticoserpentiniche), masse gabbriche, complessi filoniani ed effusioni basaltiche, generalmente con struttura a pillow (struttura a cuscino), con al tetto rocce sedimentarie. Il termine deriva dal greco ophis (serpente) e lithos (roccia) in riferimento ai componenti serpentinosi delle serie ofiolitiche che presentano, lungo alcune superfici di frattura, un colore verde perlaceo e una struttura superficiale simile a quella della pelle di alcuni rettili.

Un esempio è mostrato nella Figura 9-2 dove si può osservare in dettaglio la superficie di un serpentinoscisto. Si tratta di una roccia dalla grana estremamente fine costituita dall'intima associazione tra serpentino (di colore verde mela) e magnetite (nera) disposti su livelli (piani di scistosità) molto vicini ed intensamente piegati tra loro. Al tatto si presenta tipicamente liscia ed untuosa.



Figura 9-2 – Serpentinoscisto

Le elevate caratteristiche meccaniche delle serpentiniti, ove non laminate, le rendono inoltre particolarmente idonee alla produzione di granulati per massicciate stradali e ferroviarie. Infine le serpentiniti brecciate e ricementate da carbonato (oficalciti), se dotate di compattezza (assenza di fratture e microfratture) e di lucidabilità, sono utilizzate come pietre ornamentali.

Il crisotilo si trova in vene che tagliano la roccia. In funzione dell'orientazione delle fibre di crisotilo rispetto alla vena se ne possono distinguere due tipi:

- crisotilo tipo "cross": le fibre di crisotilo sono perpendicolari alle pareti della vena, si hanno in genere fibre corte;
- crisotilo tipo "slip": le fibre di crisotilo sono parallele alle pareti della vena, si possono avere fibre anche molto lunghe (alcuni decimetri).

Può anche non esistere una orientazione preferenziale delle fibre.

Oggi sappiamo che quando le fibre di amianto sono inalate possono insorgere malattie molto gravi nell'uomo, quali l'asbestosi, il tumore polmonare e il mesotelioma.

Il mesotelioma sembrerebbe correlato più al tipo di fibra che all'entità dell'esposizione e sarebbe determinato soprattutto dagli amianti di anfibolo. Esposizioni anche di modesta

entità, ma significative, agli anfiboli comporterebbero un rischio apprezzabile perché tali fibre (la crocidolite in particolare) sono rigide, fragili e rettilinee e possono più agevolmente migrare dai polmoni verso la pleura. Al contrario le fibre lunghe, flessibili e ondulate del crisotilo non migrerebbero in quantità sufficiente a provocare la risposta neoplastica. Numerosi studi scientifici hanno dimostrato che la pericolosità del crisotilo (amianto di serpentino) è inferiore rispetto a quella degli amianti di anfibolo, ed in particolare a quella della crocidolite e dell'amosite. Si pensa che questo sia dovuto in parte alla diversa composizione chimico-mineralogica ed in parte alla minore permanenza nell'organismo umano (biopersistenza) del crisotilo. Ad esempio nei soggetti che sono stati esposti al crisotilo e alla tremolite spesso è la tremolite ad essere presente nei polmoni quando è trascorso molto tempo dall'ultima esposizione.

Poiché l'origine dell'amianto è "naturale" bisognerà sicuramente considerarlo in modo diverso rispetto alle analoghe sostanze d'origine artificiale o sintetica. Nessuna normativa potrà, infatti, mai eliminare l'amianto presente in natura. Di fondamentale importanza è, tuttavia, regolamentare l'amianto presente in natura.

La presenza sul territorio di cave e miniere (Figura 9-3, Figura 9-4), di discariche di sterili, nonché la movimentazione di rocce e terreni contenenti amianto, possono causare una dispersione delle eventuali fibre presenti in aree più vaste rispetto a quelle nelle quali l'amianto era stato originariamente collocato dalla natura stessa. Il tenore di fibre nell'aria, in prossimità di queste "sorgenti", può essere anche superiore al fondo ambientale. Per tale motivo queste aree di diffusione non devono essere trascurate ma dovranno essere attentamente prese in considerazione.



Figura 9-3 - Miniera di amianto di Balangero - Visione dell'area di estrazione con i caratteristici gradoni e il lago artificiale di 12 ettari



Figura 9-4 – Taglio di un grosso blocco di pietra con l'ausilio del filo diamantato (cava di marmo verde)

9.2.2 Aspetti epidemiologici

Dati epidemiologici avrebbero evidenziato che il numero delle malattie professionali causate dall'esposizione alle fibre di amianto è maggiore negli utilizzatori dell'amianto (filature, tessiture, fabbricazione di manufatti in cemento-amianto, ecc.) rispetto a quelle riscontrate nei minatori. Sono state fatte alcune ipotesi per dare una spiegazione al fenomeno osservato.

Come sappiamo l'amianto diventa pericoloso quando i fasci di fibre si suddividono, per cause naturali o per l'azione dell'uomo, e le fibre sono inalate.

I due principali studiosi che hanno correlato la potenziale patogenicità delle fibre alle loro caratteristiche fisiche sono stati Stanton e Pott.

Secondo Stanton le fibre biologicamente più importanti (cioè quelle maggiormente patogene) sono le fibre "respirabili", cioè le fibre lunghe e sottili (ipotesi di Stanton, basata solo su aspetti puramente fisico-meccanici (Stanton et al.1981 – Relation of particle dimension to carcinogenity in amphibole asbestosis and other fibrous minerals). Tuttavia la cancerogenicità delle fibre dipende anche dalla loro durabilità nell'organismo umano.

Le "fibre regolamentate" o "respirabili" sono le fibre che hanno:

- lunghezza maggiore di 5 micron
- larghezza inferiore a 3 micron
- rapporto lunghezza/larghezza (aspect ratio) maggiore di 3

La struttura interna dei minerali di amianto è tale che da ogni fascio di fibre si possono ottenere fibre più fini (cioè della stessa lunghezza ma di diametro più piccolo). Per questa caratteristica l'amianto si differenzia dai materiali fibrosi artificiali (man-made minerals

fibras), come la lana di vetro o di roccia, che tendono invece a frammentarsi mediante rotture trasversali dando origine a fibre più corte, ma dello stesso diametro.

Le fibre libere, anche se in aggregati di grosse dimensioni, e quindi non solo non respirabili ma nemmeno sollevabili da correnti d'aria, sono unite tra di loro da forze di coesione così modeste che possono essere sufficienti debolissime azioni meccaniche per dare origine a fibre respirabili. Con il termine di "fibrilla" s'intende l'unità strutturale di base dei minerali di amianto, che deriva in modo diretto dalla loro struttura cristallina; la fibrilla elementare è la fibra di diametro apparente più piccolo che è possibile ottenere per suddivisione dei fasci di fibre.

Si ritiene che nelle miniere di amianto le fibre estratte non siano ancora sufficientemente "elementarizzate" a differenza di quelle che si hanno presso gli utilizzatori. Questi ultimi, infatti, hanno bisogno che le fibre siano separate le une dalle altre per poterle tessere o miscelare col cemento. Si è ipotizzato che i minatori siano stati esposti in passato ad un numero inferiore di fibre lunghe e sottili rispetto ai lavoratori delle fabbriche dove venivano prodotti manufatti contenenti amianto. Inoltre quando l'estrazione dell'amianto avveniva a cielo aperto, come a Balangero, le esposizioni alle fibre erano sicuramente inferiori a causa dell'elevato ricambio d'aria. Infine bisogna rilevare anche che le mansioni dei minatori erano varie e non sempre erano esposti alle fibre.

Ad oggi non esisterebbero prove scientifiche che l'esposizione ambientale-naturale alle fibre di amianto, presenti nelle rocce e nei suoli, rappresenti un rischio concreto per la salute di coloro che vengono a contatto con le fibre in maniera saltuaria o continuativa.

Nel caso della presenza naturale dell'amianto occorre tenere anche presente che il Decreto Legislativo 277/1991 prima, e il Decreto Legislativo 257/2006 poi, considerano come "amianti" soltanto 6 minerali costituiti da silicati dall'aspetto fibroso. Questa definizione, come sappiamo, deriva dall'Igiene Industriale poiché questi 6 silicati fibrosi sono stati quelli che hanno avuto maggiori utilizzi industriali.

I 6 silicati fibrosi definiti "amianto" dalle normative sopraccitate sono riportati nella Tabella 9-3.

Tabella 9-3 Silicati fibrosi definiti amianto: composizione chimica

Serpentino fibroso	Crisotilo (o white asbestos)	$Mg_3(Si_2O_5)(OH)_4$
Anfiboli fibrosi	Actinolite	$Ca_2(Mg, Fe^{2+})_5(Si_4O_{11})(OH)_2$
	Amosite (brown o grey asbestos)	$(Mg, Fe^{2+})_7(Si_4O_{11})(OH)_2$
	Antofillite	$(Mg, Fe^{2+})_7(Si_4O_{11})(OH)_2$
	Crocidolite (o blue asbestos)	$Na_2(Fe^{2+}, Fe^{3+})(Si_4O_{11})(OH)_2$
	Tremolite	$Ca_2Mg_5(Si_4O_{11})(OH)_2$

A tale riguardo si fa presente che in natura esistono anche altri silicati fibrosi la cui patogenicità è ancora sconosciuta (ad eccezione dell'erionite, un minerale della famiglia delle zeoliti, che lo IARC ha classificato nel 1987 come agente cancerogeno umano). Nelle rocce si possono riscontrare anche diversi minerali fibrosi, appartenenti a classi differenti, quali: alogenuri, carbonati, nitrati, borati, solfati, fosfati, ecc. Per tale motivo una questione ancora dibattuta è se si debbono considerare, per quanto concerne i rischi per la salute, soltanto i 6 amianti definiti dalla normativa o se devono essere inclusi anche gli altri silicati fibrosi, o addirittura anche gli altri minerali fibrosi non appartenenti ai silicati. Infatti, come abbiamo visto, secondo Stanton e Pott, la patogenicità delle fibre dipende soltanto dalle loro dimensioni (lunghezza, diametro e aspect ratio) e non tanto dalla loro composizione chimica e mineralogica (Figura 9-5).



Figura 9-5 Morfologie caratteristiche delle fibre di amianto

Non è altrettanto semplice definire se un ammasso di pietre verdi sia privo o meno di amianto. In natura, infatti, si possono riscontrare nella massa rocciosa tenori molto variabili da un punto ad un altro. Si passa da tenori prossimi al 100%, in corrispondenza di vene fibrose, fino allo 0% nella roccia incassante che sta a fianco. Anche i valori medi su grande scala possono variare significativamente da alcuni valori percentuali (ad esempio l'ammasso di serpentina asbestifera coltivato a Balangero aveva un tenore medio di amianto del 6÷8 % in peso) fino alle tracce o alla non rilevabilità. Una roccia non può essere considerata contaminata da amianto quando l'amianto non sarà rilevabile mediante una ben definita tecnica analitica. Ciò comporta la definizione di una metodica analitica affidabile, in grado di rilevare i tenori di amianto nelle rocce (soprattutto nel caso di tenori molto bassi), oppure indicare una soglia di riferimento in modo da classificare le rocce in due categorie: "contaminate" e "non contaminate da amianto".

Il problema analitico sopraccitato ha valenza generale e concerne la definizione dello "zero analitico". Questo problema, tuttavia, nel nostro caso è molto importante in quanto riguarda la determinazione del contenuto di un minerale riconosciuto cancerogeno per l'uomo. Si ricorda che lo "zero", come risposta analitica di uno strumento, non ha alcun senso. Un risultato negativo di una analisi deve sempre essere indicato come "valore inferiore a ..." (riportando il limite di rilevabilità del metodo analitico impiegato).

Altro problema importante riguarda le operazioni di scavo e movimentazione di rocce costituite da pietre verdi e/o di terreni contaminati dall'amianto, eseguite al fine di produrre granulati da immettere sul mercato (quindi ricadenti nell'ambito della Legge 257/92, "Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto", alle voci "commercializzazione" e "produzione") per la realizzazione di fondazioni, strade, costruzione di rilevati.

A tale riguardo utili indicazioni sulla classificazione dei materiali lapidei e la valutazione del contenuto di amianto sono riportate nell'Allegato 4 ("Criteri relativi alla classificazione ed all'utilizzo delle Pietre verdi in funzione del loro contenuto di amianto") al D.M. 14 Maggio 1996 ("Normative e metodologie tecniche per gli interventi di bonifica, ivi compresi quelli per rendere innocuo l'amianto, previsti dall'art.5, comma 1, lettera f), della L. 257/92 recante: Normative relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto").

Nella produzione e commercializzazione di granulati di serpentino (o pietre verdi), per l'industria delle costruzioni e la produzione di "lapidei agglomerati", si deve sempre considerare la possibilità della presenza di amianto.

9.2.3 Metodi di campionamento ed analisi

I campioni prelevati nelle cave di marmo verde (rocce e fibre aerodisperse) possono essere analizzati mediante diverse tecniche analitiche strumentali. Nel caso dell'analisi delle rocce e dei minerali si possono utilizzare le seguenti tecniche: diffrattometria a raggi X, spettroscopia infrarossa in trasformata di Fourier, microscopia elettronica a scansione o SEM (con l'analisi chimica elementare delle fibre per mezzo della spettroscopia X, con rivelatore a dispersione di energia) e microscopia ottica in contrasto di fase o MOCF con la tecnica della dispersione cromatica. Nel caso delle fibre aerodisperse la determinazione della loro concentrazione in aria viene effettuata contando le fibre al microscopio ottico e/o a quello elettronico a scansione; il limite della MOCF è che tende a sovrastimare il numero delle fibre (rileva statisticamente la presenza di fibre con dimensioni analoghe a quelle dell'amianto e quindi comprensive di tutte le fibre, oltre naturalmente l'amianto) mentre il SEM presenta un costo decisamente più elevato rispetto al MOCF.

Per quanto concerne le esposizioni professionali (od occupazionali) è possibile ridurre queste esposizioni rispettando le normative vigenti in materia e mettendo in atto alcuni accorgimenti in modo tale da limitare la dispersione delle fibre nell'ambiente circostante.

Utili indicazioni sulla classificazione dei materiali lapidei e la valutazione del contenuto di amianto sono riportate nel sopra citato Allegato 4 al D.M. 14 maggio 1996.

Per quanto concerne i materiali in breccia (termine improprio) il D.M. 14 Maggio 1996 definisce un indice (l'indice di rilascio I.R.) dato dal rapporto tra la percentuale di amianto liberato e la densità relativa percentuale. L'obiettivo della prova indicata nel D.M. 14 Maggio 1996 è di valutare l'amianto liberabile da un materiale mediante un test che simuli le sollecitazioni a cui esso può essere sottoposto durante operazioni di movimentazione (carico, scarico, ecc.). La prova è stata studiata con riferimento alla valutazione del contenuto di amianto nei materiali estratti nelle cave di pietre verdi. Essa è nata con l'obiettivo di realizzare controlli di routine sui materiali estratti nelle suddette cave, destinati alla vendita come granulati, al fine di definirli "pericolosi" (e quindi non commerciabili) oppure "non pericolosi" (e quindi utilizzabili). Per estensione logica, anche se ciò non è scritto in alcuna norma, la prova potrebbe essere utilizzata per definire la "pericolosità" di qualunque materiale granulato dal punto di vista del rilascio di fibre di amianto, anche se non si tratta di un granulato di pietre verdi destinato al mercato degli inerti. La prova (definibile sinteticamente come prova di automacinazione) consiste nell'abrasione del materiale "in breccia" facendolo rotolare su se stesso in un cilindro rotante, senza aggiunta di corpi macinanti (da ciò deriva l'abrasione: nel corso del rotolamento i grani strisciano ed urtano l'uno contro l'altro e, in minor misura, sulla parete interna del cilindro). Al termine del rotolamento sono separati i fini prodotti dall'abrasione e su di essi si determina il tenore di amianto. L'introduzione del parametro densità relativa è dovuto al fatto che i materiali (si ricorda che siamo nell'ambito delle rocce) con densità relativa minore di 1 sono porosi e quindi presentano una matrice con minor resistenza meccanica rispetto a quelli con densità relativa prossima ad 1 (materiali compatti). Più il materiale è poroso e più piccola sarà la densità relativa. Della resistenza meccanica si tiene conto, indirettamente, nella prova di automacinazione (minore è la resistenza meccanica di una roccia contenente amianto, più amianto viene liberato con l'abrasione). Il materiale è definito non pericoloso quando l'indice di rilascio è inferiore o uguale a 0,1.

9.2.4 L'amianto nel comparto atmosferico

L'eventuale concentrazione di polveri contenenti amianto in ambienti outdoor è ovviamente dipendente dalle condizioni atmosferiche presenti, che possono modificare continuamente i valori di concentrazione delle fibre libere.

Sono numerosi i parametri che occorre tenere in considerazione:

- il livello di concentrazione delle fibre libere;
- la bassa velocità delle stesse, che comporta una notevole permanenza in aria;
- il livello di umidità che può modificare la sedimentazione delle fibre (la fibra può venire captata dalla goccia di acqua e portata più velocemente verso il basso);
- le condizioni atmosferiche in generale ed in particolare le correnti d'aria che possono variare continuamente la direzione delle fibre in sospensione;
- la capacità delle fibre libere di dividersi trasversalmente in fibrille;
- l'ambiente circostante, terrestre o marino, che diviene così la superficie sulla quale le fibre potranno eventualmente depositarsi;
- eventuali fattori chimici o biologici che possano influenzare la morfologia della fibra.

In bibliografia sono molto pochi i dati relativi a concentrazioni outdoor di fibre di amianto. Nella Tabella 9-4 vengono indicati alcuni valori rilevati in diverse zone del mondo, dove la differenza dei valori si può spiegare con l'uso di metodi diversi.

Tabella 9-4 Concentrazioni outdoor di fibre di amianto: valori rilevati in diverse zone del mondo²⁰

Tabella I. Concentrazioni di fibre in aria urbana ed extraurbana

FONTE	TECNICA	LUNGHEZZA FIBRE	CONCENTRAZIONI	
USA (Mossmann 1991) aria esterna edif.coibentati	TEM?	≥5 µm	0.4	f.L ⁻¹ media
CANADA (Sebastien 1990) zone rurali zone minerarie	TEM	>5 µm	0.7 - 0.9	f.L ⁻¹ range
			33 - 110.4	f.L ⁻¹ range
ITALIA (Chiappino 1991) Milano strade centrali	TEM	>5 µm	0.2 - 0.8	f.L ⁻¹ range
GERMANIA (Friedricks 1983) città industriali	SEM	?	5.4	f.L ⁻¹ media
ISRAELE (Ribak 1991) aree urbane	TEM	?	0.2 - 3	f.L ⁻¹ range
Svezia (Boström 1994) aria Stoccolma	MOCF	?	0.2	f.L ⁻¹ media
	TEM	?	5	f.L ⁻¹ range
GIAPPONE (Kohyama 1990) zone varie zone minerarie-industriali	TEM	>5 µm	5 - 31	f.L ⁻¹ range
			178 - 487	f.L ⁻¹ range
ITALIA (Sala 1991) aria Legnano	TEM	>5 µm	< 0.5 - 2.6	f.L ⁻¹ range

Questi valori possono esser confrontati con quelli rilevati in ambienti indoor come dalle tabelle successive (Tabella 9-5).

²⁰ Piolatto, Putzu, Botta – “Fibre di amianto e valori di riferimento” Dip. Di Traumatologia, Ortopedia e Medicina del Lavoro Univ. di Torino.

Tabella 9-5 Concentrazioni indoor di fibre di amianto: valori rilevati in diverse zone del mondo

Tabella II. Concentrazioni di fibre in edifici

FONTE	TECNICA	LUNGHEZZA FIBRE	CONCENTRAZIONI	
USA (Mossmann 1991) edifici governativi-ACM integri ACM danneggiati	TEM?	≥5 µm	0.07	f.L ⁻¹ media
			0.08	f.L ⁻¹ media
USA (Keyes 1991) ore dopo disturbo ACM	MOCF	>5 µm	45 - 430	f.L ⁻¹ range
USA (Corn 1994) edifici scolastici	TEM	>5 µm	0.24	f.L ⁻¹ media
USA (Sawyer EPA 1997) libreria valore basale lettura vicino aree pulizia pulizia libri	TEM?	?	20	f.L ⁻¹ media
			300	f.L ⁻¹ punta
			15.500	f.L ⁻¹ punta
GB (Burdett 1990) edifici amministrativi edifici scolastici	TEM	>5 µm	0.1 - 2	f.L ⁻¹ range
			0.2- 0.8	f.L ⁻¹ range
ITALIA (Chiappino 1990) edifici coibentati	TEM	>5 µm	23.2	f.L ⁻¹ media
			0.8 - 107	f.L ⁻¹ range
ISRAELE (Ribak 1991) edifici coibentati	TEM?	?	5 - 4.330	f.L ⁻¹ range
ITALIA (Sala 1991) edifici urbani	TEM	>5 µm	0.5 - 1	f.L ⁻¹ range

Tabella III. Concentrazioni ambientali in ambienti confinati

TIPOLOGIA EDIFICI	n° CAMPIONAMENTI	f.L ⁻¹ MEDIANA	f.L ⁻¹ RANGE	n° (%) >1 f.L ⁻¹	n° (%) >2 f.L ⁻¹
Aziende private	30	0.3	< 0.1-1	0 (0%)	0 (0%)
Edifici pubblici	60	0.2	< 0.1 - 1.8	7 (11.8%)	0 (0%)
Centrali elettriche	28	0.3	< 0.1 - 4.2	2 (7.2%)	1 (3.2%)

Studi svolti dal prof. Chiappino²¹ nel 1993 riportano valori di concentrazione inferiori a 0,1 fL⁻¹ per l'amianto crisotilo.

Lo studio svolto dal Prof. Minoia nel 1996 nella città di Pavia²² ha evidenziato valori di fondo outdoor per il crisotilo inferiori a 0,05 fL⁻¹, quindi valori comunque estremamente bassi anche rispetto a quelli indicati nella Tabella 9-4.

Si ricorda che la normativa italiana, D.M. del 6 settembre 1994, indica come valori massimi di riferimento 2 ff/litro per l'analisi svolta in SEM mentre il valore massimo ammesso prima della cosiddetta situazione di preallarme è 20 ff/litro in MOCF; comunemente, nelle bonifiche di amianto, tali valori di riferimento vengono assunti al 50% del loro valore per ulteriore sicurezza.

Trovandoci in una zona dove, rispetto all'ambiente cittadino, le condizioni ambientali possono essere per buona parte dell'anno migliorative dal punto di vista della dispersione

²¹ Chiappino, Todaro, Blanchard - L'inquinamento atmosferico da amianto nell'ambiente urbano: Roma, Orbassano e località di controllo (2a parte).

²² Minoia, Massola, Turci, Toccalini, Berri, Di Gregorio – Concentrazione di riferimento ambientale dell'amianto crisotilo in aree urbane: l'esperienza della città di Pavia.

delle polveri, possiamo assumere a titolo cautelativo che il livello di fondo nella zona di intervento sia compatibile con quanto riportato in bibliografia negli ambienti outdoor.

È stata organizzata un'attività di rilievi e monitoraggi in campo per valutare le concentrazioni di fibre di amianto aerodisperse in ambiente urbano, in 15 siti localizzati nel comune di Genova, lungo la tratta prevista a progetto e nelle zone densamente urbanizzate.

La ricerca è finalizzata alla valutazione dello stato di qualità ambientale attuale delle aree di intervento, riferito alle diverse stagioni annuali. La prima campagna, svolta nel mese di gennaio 2011, descritta più approfonditamente nell'allegato tecnico MAM-C-AMBX-ATM-002, ha fornito un quadro di riferimento del livello di fondo naturale dell'ambiente di riferimento nelle aree interessate dal progetto, evidenziando alcune criticità e l'ulteriore capacità di carico dell'ambiente.

Il monitoraggio è stato condotto anche al fine di valutare l'influenza delle condizioni meteorologiche sulla possibile dispersione in aria degli inquinanti asbestiferi.

Il prelievo è stato eseguito secondo quanto prescritto dall'allegato 2b del Decreto Ministeriale del 06 settembre 1994 con utilizzo di microscopia elettronica in SEM per identificare e contare con certezza solo le fibre di amianto e identificarne la tipologia secondo la definizione dei minerali asbestiformi indicati in normativa.

Il flusso di campionamento e il relativo volume (3000 litri) ha dovuto determinare un tempo di campionamento effettivo di otto ore eseguito durante il periodo diurno simulando l'orario lavorativo del cantiere, precisamente tra le 8.00 e le 16.00 per 3 giorni consecutivi. Infatti per la campagna di misura, in ciascun sito individuato, sono stati previsti almeno tre campionamenti consecutivi al fine di effettuare una valutazione più completa del possibile impatto ambientale.

Le postazioni sono state collocate nel comune di Genova (cfr. Figura 9-6).

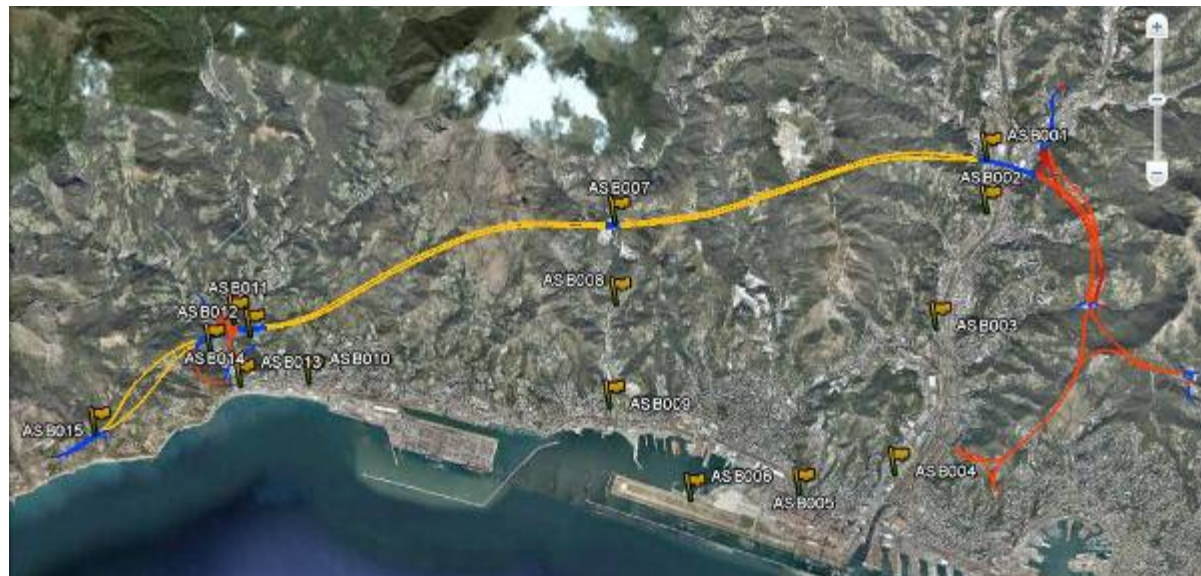


Figura 9-6 Distribuzione dei siti sul territorio

L'ubicazione dei punti è legata alle attività che si articoleranno durante la realizzazione dell'opera in progetto e quindi alle aree a maggiore rischio teorico.

In MAM-C-AMBX-ATM-002 sono riportati per maggior dettaglio i valori medi di temperatura giornaliera, i valori di pressione ed umidità, le informazioni meteorologiche, i

valori delle fibre di amianto depositate su membrana filtrate espressi in fibre per litro, oltre ad una serie di informazioni utili per la valutazione del dato, ordinate in ordine di acquisizione temporale.

Dall'analisi dei risultati, riassunti in Tabella 9-6, risulta evidente il superamento di 2 fibre per litro nel giorno 21/01/2011 in due postazioni nell'area Pegli-Val Varenna, ASB007 (2,7 ff/l) e ASB009 (2,3 ff/l), anche se considerando la media dei tre campionamenti si rientra al di sotto della soglia. La postazione ASB007 è quella che presenta valori più elevati, probabilmente dovuti alla presenza di importanti affioramenti di serpentino, di brecce serpentinitiche e di zone di contatto tettonico.

Tabella 9-6 Risultati del monitoraggio sulle fibre aerodisperse sui 15 siti individuati

PUNTI	DATA	Concentrazione fibre di amianto aerodisperse. FIBRE/l	PUNTI	DATA	Concentrazione fibre di amianto aerodisperse. FIBRE/l
ASB001	24/01/2011	0,2	ASB009	21/01/2011	2,3
ASB001	25/01/2011	0,2	ASB009	22/01/2011	0,7
ASB001	26/01/2011	0,1	ASB009	23/01/2011	0,9
ASB002	24/01/2011	0,2	ASB010	18/01/2011	0,3
ASB002	25/01/2011	0,3	ASB010	19/01/2011	0,2
ASB002	26/01/2011	0,0	ASB010	20/01/2011	0,1
ASB003	24/01/2011	0,1	ASB011	18/01/2011	0,0
ASB003	25/01/2011	0,1	ASB011	19/01/2011	0,1
ASB003	26/01/2011	0,0	ASB011	20/01/2011	0,0
ASB004	24/01/2011	0,4	ASB012	18/01/2011	1,4
ASB004	25/01/2011	0,2	ASB012	19/01/2011	0,7
ASB004	26/01/2011	0,1	ASB012	20/01/2011	0,4
ASB005	24/01/2011	0,3	ASB013	18/01/2011	0,2
ASB005	25/01/2011	0,2	ASB013	19/01/2011	0,5
ASB005	26/01/2011	0,2	ASB013	20/01/2011	0,5
ASB006	21/01/2011	0,3	ASB014	18/01/2011	0,2
ASB006	22/01/2011	0,0	ASB014	19/01/2011	0,0
ASB006	23/01/2011	0,1	ASB014	20/01/2011	0,2
ASB007	21/01/2011	2,7	ASB015	18/01/2011	0,2
ASB007	22/01/2011	0,7	ASB015	19/01/2011	0,0
ASB007	23/01/2011	0,4	ASB015	20/01/2011	0,1
ASB008	21/01/2011	0,2			
ASB008	22/01/2011	0,2			
ASB008	23/01/2011	0,3			

La particolare conformazione della valle molto stretta, la presenza di diversi affioramenti di serpentino, l'esistenza di cave e di attività che comportano il trattamento ed il deposito di inerti, nonché il traffico pesante collegato alle attività di cui sopra, sono tutti i fattori che potrebbero giustificare le anomalie riscontrate anche nella seconda postazione della Val Varenna, favorito inoltre da un fattore, che potrebbe determinare un aumento di fibre in aria, il vento.

Per quanto riguarda l'area Voltri – Vesima la postazione ASB012 è risultata quella con maggiori concentrazioni di fibre, probabilmente sempre a causa della vicinanza di affioramenti e della conformazione valliva con l'incanalamento del vento. Mentre l'area Bolzaneto-Cornigliano è caratterizzata da valori molto bassi, decisamente inferiori al limite.

9.2.5 L'amianto nel comparto acquatico

L'effetto delle fibre di amianto sugli organismi acquatici sia di acqua dolce che di acqua marina non è ancora stato studiato a fondo e risulta quindi di difficile quantificazione; in particolare in letteratura sono disponibili solamente pochi dati relativi a studi specifici condotti su specie di acqua dolce e con le concentrazioni di amianto di partenza note, mentre sono di fatto assenti informazioni sulle specie di acqua marina²³.

Per quanto concerne invece la presenza di amianto in corsi d'acqua, significative concentrazioni di fibre di amianto sono state rilevate in molti fiumi (Schreier e Taylor²⁴) e corsi d'acqua naturali e sono state espresse preoccupazioni per la salute per quanto riguarda l'uso di tali acque se a contatto con l'uomo o se destinate al consumo umano.

Non risultano dati significativi sulla presenza di fibre di amianto in mare.

Studi svolti da Cummins e Tort²⁵ indicano che i potenziali rischi di cancro derivanti dal consumo di acque ricche di amianto sono comunque di modesta entità.

Tuttavia, l'effetto delle fibre di amianto sul sistema acquatico non è stato ancora studiato a fondo e non è perfettamente conosciuto.

Proctor e Woodell²⁶, Schreier e Timmenga²⁷ hanno dimostrato che la flora e fauna terrestre possono essere negativamente influenzate dalla presenza di materiali ricchi di amianto.

Alcuni ricercatori si sono concentrati sulle proprietà fisiche delle fibre come causa di malattia, ma gli ecologisti hanno a lungo sostenuto che i metalli in tracce e gli squilibri dei nutrienti associati alla presenza di amianto sono le cause principali di stress (Proctor e Woodell).

Tracce di metalli come Ni, Co, Cr, Mn sono presenti in alte concentrazioni in quasi tutti i materiali ricchi di amianto crisotilo (Cralley et al.²⁸, Morgan et al.²⁹, Teherani³⁰).

Le condizioni della superficie e la durata della fibra di amianto sono parametri importanti da monitorare e lavori di Morgan, Monchaux et al.³¹, e Jaurand³² hanno mostrato che l'incidenza del cancro in animali da esperimento è diminuito in modo significativo una volta che le fibre di amianto sono state mescolate con acidi prima della somministrazione per gli animali.

Un processo in qualche modo simile dovrebbe aver luogo nelle acque dove sono lisciviati fibre e dove sono state rilasciate tracce di metalli. Sono stati effettuati studi nella speranza di determinare i potenziali effetti di questo processo in alcuni pesci stanziali nel flusso come pure di quelli stagionali che vi rimangono fino a un anno o più come il novellame.

Belanger S.E. et al.³³, studiando il salmone argentato ed il pesce persico nel bacino dei Grandi Laghi, hanno potuto riscontrare aberrazioni istologiche e comportamentali indotte dalla prolungata esposizione a fibre di amianto crisotile. I pesci sono stati esposti ad una concentrazione di 3×10^6 fibre/litro per 86 giorni. Dal punto di vista istologico è stata osservata la presenza di rigonfiamenti tumorali nelle cavità branchiali e dilatazioni nel ventre cui è seguita una progressiva perdita di attività motoria e la morte. Fenomeni di istolisi (formazioni di vacuoli) sono stati osservati sia sul ventre che sulla testa, come conseguenza dell'effetto citotossico delle fibre di amianto.

Dopo il ventesimo giorno di esposizione il movimento natatorio è apparso irregolare, spesso contraddistinto da strette spirali verso il basso e contrario alla direzione della corrente. Le motivazioni sono state attribuite ad una distorsione delle pinne laterali; i fenomeni di istolisi di cui sopra hanno infatti determinato una sorta di erosione del nervo della pinna laterale.

Nel caso di esposizione a $1,5 \times 10^6$ fibre/litro per 40 giorni, le osservazioni di cui sopra sono apparse come meno marcate, benché si sia verificato un elevato tasso di mortalità.

È stato cioè in generale osservato come la mortalità non sia strettamente dipendente dal dosaggio e dalla durata dell'esposizione; la presenza di amianto cioè può determinare un incremento della sensibilità ad altri inquinanti presenti in acqua. Altri autori (Proctor e Woodell, 1975)³⁴ hanno a lungo sostenuto che i metalli in tracce e gli squilibri di nutrienti associati alla presenza di amianto siano tra le cause principali di stress ecologico.

Galimany E. et al.³⁵ hanno invece concentrato i propri studi sulla cozza nella Baia degli Alfacs, lungo le coste spagnole, ed in particolare sull'accumulo di fibre di vetro all'interno dello stomaco di questo importante mitile filtratore, ricordando che le fibre di vetro hanno proprietà ed effetti simili a quelle di amianto oltre ad una simile composizione chimica.

È stato osservato come le cozze assimilino le fibre, selezionandole non in funzione della lunghezza ma in funzione di fattori difficilmente determinabili e ragionevolmente connessi alla composizione ed alla concentrazione delle altre particelle presenti in acqua.

L'attrattività per tali fibre trova una spiegazione nella presenza del Calcio, considerando che il Silicio viene di norma espulso con le feci in funzione del quantitativo di diatomee ingerite mentre l'Alluminio, altro componente, è considerato come tossico per le cozze. Il Calcio, infatti, può essere utilizzato per l'accrescimento del guscio, che è calcareo.

Piante di *Lemna gibba*, infine, una macrofita acquatica, sono state studiate da Trivedi A.K. et al.³⁶ al fine di verificare la possibilità di utilizzo come indicatori biologici della contaminazione da amianto. Le piante sono state esposte a concentrazioni variabili di amianto da 0,5 a 5 µg/ml e per un tempo variabile tra 7 e 28 giorni.

In particolare sono stati verificati gli effetti sul Glutazione e sul Ascorbato, che sono, rispettivamente, un importante agente antiossidante ed ossidante. Per il Glutazione è stata osservata una riduzione sino al 68%, a causa della incapacità della pianta di sopportare lo stress generato dall'esposizione ad amianto; tale importante riduzione comporta una

²³ US EPA, "Ambient Water Quality. Criteria For Asbestos". EPA 440 5-80-022 (October 1980).

²⁴ Schreier, H. e Taylor, J. (1980), Asbestos fibres in receiving waters, Vancouver, Environment Canada Inland Waters Directorate 1980.

²⁵ Cummins, Tort (1984) – Asbestos Contamination of air, soil and water in perspective – IRPTC Conference.

²⁶ Proctor, Woodell (1985)

²⁷ Schreier, H. e Timmenga, H. J. (1986), "Earthworm response to asbestos rich sediments", Soil Biology and Biochemistry, vol. 18, pp 85 – 89

²⁸ Cralley (1968).

²⁹ Morgan A, Davies P, Wagner JC, Berry G, Holmes A. (1977), "The biological effects of magnesium-leached chrysotile asbestos", Brit. Exp. Path., pp. 465 – 473

³⁰ Teherani (1985) – Radioanalytical e Nuclear Chemistry.

³¹ Monchaux G, Bignon J, Jaurand MC, Lafuma J, Sebastien P, Masse R, et al. (1981), "Mesotheliomas in rats following inoculation with acid-leached chrysotile asbestos and other mineral fibres". Carcinogenesis, pp. 229-236

³² Jaurand (1984) – British J. of Ind. Med.

³³ Balanger S.E. et al., "Effects of Chrysotile Asbestos on Coho Salmon and Green Sunfish: Evidence of Behavioural and Pathological Stress". Environmental Research 39, 74-85 (1986).

³⁴ Proctor, J., and Woodell, S. R. J. (1975), "The ecology of serpentine soils", Advances in Ecological Research, vol. 9, pp. 255–366

³⁵ Galimany E. et al., "First Evidence of Fiberglass Ingestion by a Marine Invertebrate (*Mytilus galloprovincialis* L.) in a N.W. Mediterranean Estuary". Marine Pollution Bulletin 58 1334-1338 (2009).

³⁶ Trivedi A.K. et al., "Environmental Contamination of Chrysotile Asbestos and Its Toxic Effect on Antioxidative System of *Lemna gibba*". Arch. Environ. Contam. Toxicol. 52, 355–362 (2007).

inibizione della protezione da effetti tossici indotti dai radicali liberi. Per l'Ascorbato è stato invece osservato un incremento che giunge sino all'80%; in generale l'incremento nel tasso di ossidazione è indice di uno stato di precarietà che può indicare fenomeni di tossicità in corso.

Considerando le caratteristiche del sito di progetto va evidenziato che gli studi citati riguardano solo specie d'acqua dolce e generalmente di piccole dimensioni. A tale proposito, considerando che le fibre di amianto tendono a rimanere in sospensione nella colonna d'acqua (la sedimentazione potrebbe avvenire solo se inglobate da particelle più grandi) e a muoversi con le correnti, è ipotizzabile che gli effetti più rilevanti siano a carico degli organismi filtratori, soprattutto se sessili, mentre l'effetto sugli organismi detritivori dovrebbe essere trascurabile.

9.2.6 La dispersione in aria delle fibre di amianto

L'importanza di un corretto, sistematico ed efficace sistema di monitoraggio di cantiere è reso necessario dalla difficoltà di avere previsioni circa la possibile aerodispersione delle fibre dall'area controllata di cantiere all'ambiente circostante. Sono, infatti, poche e circoscritte ad ambiti particolari le esperienze riportate in letteratura di analisi di dispersioni di fibre in contesti amiantiferi. A titolo informativo, non certo esaustivo della problematica, che, come detto, andrà affrontata praticamente ex-novo nelle fasi operative del cantiere, si riportano i dati e le indicazioni sperimentali reperite in letteratura.

Il recente lavoro, svolto da Swartjes e Tromp³⁷ per l'Istituto Nazionale per la Salute Pubblica e l'Ambiente olandese (Rivm), ha cercato di standardizzare con un originale procedimento a stadi (Tier 0, Tier 1, Tier 2, Tier 3) la valutazione del rischio per un'esposizione causata dalle fibre di amianto liberabili da un suolo contaminato. Il lavoro sperimentale, avente finalità diverse da quelle del presente elaborato, rappresenta tuttavia un punto di fondamentale importanza per il tentativo di correlare la presenza di fibre nel suolo e la quantità di amianto rilasciato in aria. Nello studio citato si fa riferimento ad una raccolta di più di 1000 misurazioni riportate in un lavoro precedente.³⁸ I dati provengono dalla simulazione di un *worst case* (attività simulate utilizzando un ventilatore su un terreno secco contaminato da fibre libere) e da prove in campo ottenute eseguendo attività comuni (movimentazione di mezzi su terreno contaminato, escavazioni, miscelazione e movimentazione di suolo umido con una miscela di amianto libero e agglomerato). Durante queste attività sono stati effettuati campionamenti sia personali che ambientali nei pressi delle attività.

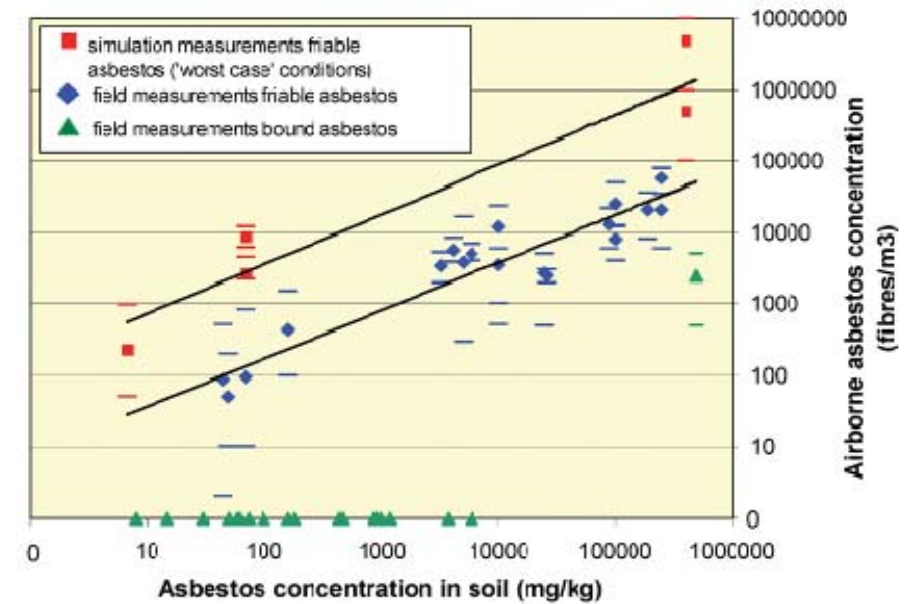


Figura 9-7 Concentrazioni medie di fibre aerodisperse ottenute da misure in aria espresse come fibre/m³. I trattini indicano per ogni misura gli intervalli di confidenza del 95%. Sono riportati i dati ottenuti dal worst case (quadrati) e dalle misure sul terreno con l'amianto friabile (rombi) e agglomerato (triangoli), in funzione delle relative concentrazioni di amianto nel terreno

Dall'analisi dei dati ottenuti dal *worst case* e dalle misure sul terreno con l'amianto friabile ed agglomerato, in funzione delle relative concentrazioni di amianto nel terreno, risulta evidente come la quantità di fibre aerodisperdibili dipenda in modo fondamentale dalla relazione tra l'amianto ed il terreno che lo contiene (Figura 9-7). Si può, infatti, notare come, nel caso in cui l'amianto sia inglobato in una matrice, si osservi una dispersione di fibre solamente per concentrazioni di fibre nel terreno molto elevate (>> 1000 mg/kg).³⁹ Al contrario, l'analisi del *worst case*, in cui un terreno asciutto veniva movimentato con un ventilatore automatico, sembrerebbe indicare che un terreno con una concentrazione "limite" di 1000 mg/kg libererebbe un elevato quantitativo di fibre, pari a valori corrispondenti a 10-100 fibre/litro. In queste condizioni, secondo gli autori, la più bassa concentrazione di amianto nel terreno è sufficiente a liberare in aria una quantità di fibre superiore al valore di rischio trascurabile adottato nel lavoro citato (*Negligible Risk level in the air* = 1000 fibre equivalents/m³_{air}).⁴⁰

Lo studio di Swartjes e Tromp affronta anche un'altra importante questione, ovvero la dispersione delle fibre di amianto in funzione della distanza da una sorgente di inquinamento puntiforme. Il modello matematico utilizzato nello studio (TNO, 1989)⁴¹ è

³⁷ Swartjes, F.A. and Tromp, P.C. 2008. A Tiered Approach for the Assessment of the Human Health Risks of Asbestos in Soils. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal* 17(2):137-149. doi: 10.1080/15320380701870484

³⁸ Tromp, P.C. 2002. Exploratory study on risks of exposure to asbestos in soil (in Dutch). TNO-report R 2002-78, TNO, Apeldoorn, The Netherlands.

³⁹ Per i dettagli si rimanda alla letteratura scientifica già citata.

⁴⁰ Per una corretta interpretazione dei dati si tenga conto che gli autori fanno riferimento a valori di concentrazioni di fibre di amianto espresse come *fibre equivalenti* secondo la seguente logica: 1 chrysotile fiber, length >5 µm: equivalence factor 1; 1 chrysotile fiber, length <5 µm: equivalence factor 0.1; 1 amphibole fiber, length >5 µm: equivalence factor 10; 1 amphibole fiber, length <5 µm: equivalence factor 1. Stimano, inoltre, sulla base delle considerazioni riportate negli *Human Health Quality Objectives* (Dutch Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, 1991), un *Negligible Risk Level* pari a 1,000 fiber equivalents/m³_{air} e un *Maximum Permissible Risk Level* pari a 100,000 fiber equivalents/m³_{air}.

⁴¹ TNO. 1989. *Manual PLUIM-PLUS program package* (in Dutch), version 1.2, TNO, Delft, The Netherlands

stato validato per gas, aerosol e particelle inferiori ai 10 µm (PM₁₀), ma gli autori lo considerano utilizzabile anche per gli amianti in seguito ad assunzioni teoriche e sperimentali (Tempelman et al., 1981).⁴² Gli autori precisano in ogni caso che il modello di emissione deve essere inteso come strumento qualitativo per avere indicazioni circa l'influenza della distanza sulla concentrazione di fibre di amianto e non per derivare indicazioni sulla qualità del suolo. In Figura 9-8 è riportata la concentrazione equivalente di fibre aerodisperse in funzione della distanza da una sorgente puntiforme di fibre di amianto. Gli autori hanno considerato un suolo contaminato con 100'000 mg di amianto friabile per kg di suolo che può rilasciare, sulla base di quanto stabilito nel paragrafo precedente, da 2'000 a 5'000 fibre equivalenti per m³.

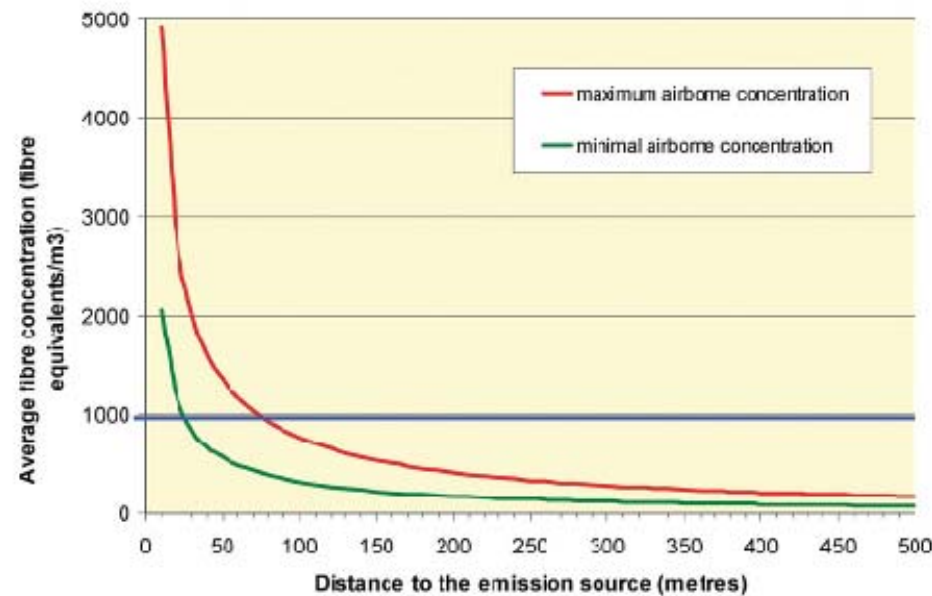


Figura 9-8 – Concentrazione equivalente di fibre di amianto aerodisperse, calcolata con il modello di emissione PLUIM-PLUS, in funzione della distanza dalla fonte di emissione puntiforme (terreno contaminato da amianto friabile con una concentrazione di 100'000 mg per kg di suolo). La linea orizzontale rappresenta, secondo Swartjes e Tromp, il livello trascurabile di rischio (Negligible Risk level)

In conclusione, l'analisi della Figura 9-8 indica come la concentrazione di fibre aerodisperse diminuisca rapidamente con l'aumentare della distanza e che per distanze maggiori di 100 metri le fibre liberate da terreni molto inquinati dovrebbero scendere al di sotto del livello trascurabile di rischio (*Negligible Risk level*). Inoltre, se il modello è corretto, ne deriva che una concentrazione superiore al livello massimo di rischio (*Maximum Permissible Risk level*) possa essere raggiunta solo nelle immediate vicinanze della sorgente di fibre ed in condizioni di intensa attività (sbancamenti, sversamenti e movimentazione macchine) su terreni ad alto contenuto di amianto libero.

Le conclusioni del lavoro di Swartjes e Tromp, a cui si rimanda, sono in parte confermate da uno studio sperimentale realizzato dal Centro Scansetti nel 2010. Il progetto, relativo a "Utilizzo delle acque irrigue contaminate da amianto: analisi del rischio correlato alla dispersione, migrazione ed aerodispersione delle fibre", ha permesso di chiarire: (i) la

⁴² Tempelman, J., Verkoelen, P., and Nuhaan, R. 1981, *Asbestos and mineral fibres in outdoor air* (in Dutch). TNO-report G 856, TNO, Delft, The Netherlands.

correlazione fra presenza di fibre nelle acque e nei suoli ove le acque regolarmente esondino o siano destinate ad uso irriguo, e (ii) l'impatto delle attività agricole praticate su suoli contaminati, in particolare la movimentazione del terreno, nel determinare l'aerodispersione delle fibre di amianto.

Nei dintorni della ex-miniera di crisotilo di Balangero e Corio (Torino), infatti, è stato selezionato, come area di studio, il bacino idrografico del torrente Banna (Figura 9-9), che raccoglie le acque corrive del versante sud dell'area estrattiva. In particolare, si è selezionato un terreno agricolo abitualmente coltivato a mais sito a valle dell'asta fluviale, irrigato con acque derivate dal Banna, ed esposto in passato a periodici eventi di esondazione (con tempi di ritorno decennali).

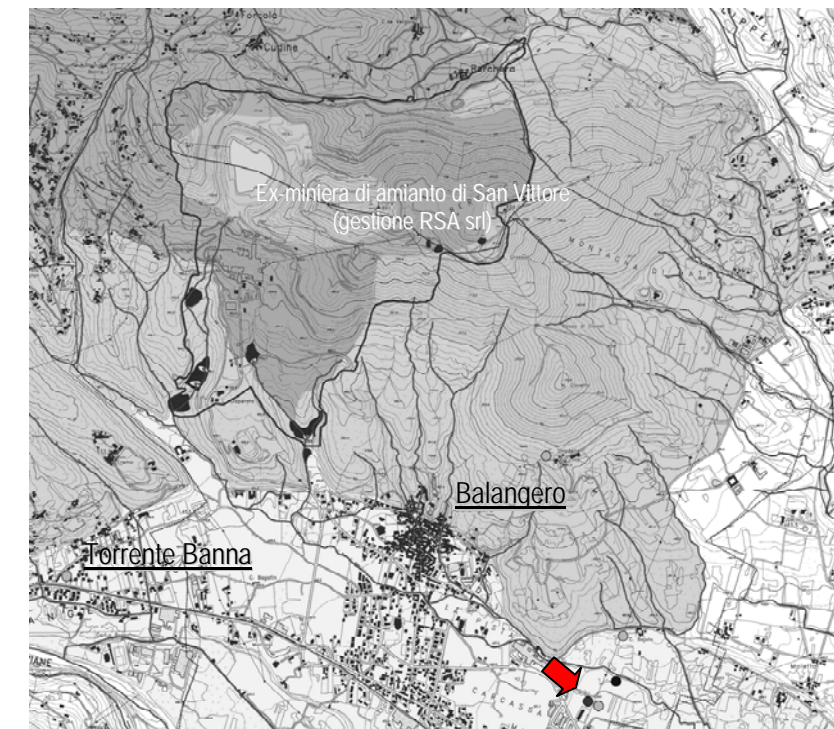


Figura 9-9 Cartografia 1:10'000 della piana di Balangero. In evidenza il punto di campionamento

Per lo studio del sito è stato messo a punto un apposito campionario portatile, installato su un mezzo agricolo attrezzato per l'erpicazione e destinato alla raccolta del suolo e del particolato sollevato nelle pratiche di lavorazione.

Analisi qualitative e quantitative del *top-soil* del sito in esame hanno indicato una composizione mineralogica costituita da abbondante presenza di quarzo (Qz), serpentino (Atg-Ctl), e albite (Alb), accompagnati da ossidi di ferro (Fe_xO_y) e minerali argillosi (Arg) noti in letteratura quali prodotti di trasformazione nei suoli serpentinitici (ad es. vermiculite, smectite). Le osservazioni in microscopia elettronica, effettuate sui campioni di suolo sollevato dal mezzo agricolo, hanno evidenziato nella componente minerale una consistente frazione di particelle fibrose. Da un punto di vista morfologico si sono riscontrate fibre di dimensioni variabili, spesso in fasci di notevoli dimensioni (> 10 µm di diametro), determinati come crisotilo (Figura 9-10).



Figura 9-10. Osservazione in microscopia elettronica a scansione della componente fibrosa dei minerali presenti nel suolo agricolo selezionato per lo studio. Sulla base delle analisi EDS sono stati riconosciuti: crisotilo (A, B) e smectite (C)

Le operazioni di erpicatura simulata, condotte sul suolo caratterizzato dalla presenza di fibre minerali, hanno permesso di osservare, al di là di una generica polverosità diffusa delle operazioni agricole in questione (42.4 ± 12.7 e 68.1 ± 34.4 ff/L, nelle due giornate), la presenza di fibre di amianto in concentrazione media non trascurabile (15.6 ± 7.4 e 26.4 ± 13.9 ff/L) e per alcuni settori decisamente elevate (24.9 e 39.9 ff/L). Il confronto tra la significativa presenza di fibre di amianto nei campioni associati all'operatore e i livelli trascurabili e "di fondo" rilevati dai campionamenti ambientali (tra 0 e 2,1 ff/L), lasciano supporre che l'azione meccanica di un mezzo agricolo sia sufficiente per esporre un lavoratore del settore ad una quantità di fibre non trascurabile, ma che tali operazioni non comportino, in condizioni climatiche normali, necessariamente un aumento della concentrazioni delle fibre nell'ambiente circostante (Tabella 9-7 e Figura 9-11). E' interessante notare che le fibre, attribuibili su base analitica al gruppo degli amianti, sono risultate in tutte le misurazioni leggermente inferiori alle altre fibre inorganiche: nel caso delle fibre regolamentate cui è stato esposto l'operatore, il rapporto fra amianti e altre fibre inorganiche è ad esempio 39.3 % rispetto a 60.7 %. Ancora inferiore è risultata la componente di amianti nel caso delle misurazioni ambientali.

Tabella 9-7 Concentrazione delle fibre regolamentate dal punto di vista normativo ($L > 5 \mu\text{m}$, $d < 3 \mu\text{m}$, $L/d > 3$) misurata nelle prove in campo

	Personal sampling		Environmental sampling	
	Asbestos fibres (ff/l)	All fibres (ff/l)	Asbestos fibres (ff/l)	All fibres (ff/l)
Average airborne fibre - Day 1 (ff/l)	15.6 ± 7.4 (*24.9)	42.4 ± 12.7 (*59.8)	0.0	2.3
Average airborne fibre - Day 2 (ff/l)	26.4 ± 13.9 (*39.9)	68.1 ± 34.4 (*103.0)	2.1	7.3

*, massimo valore registrato nelle 4 misure di 45' effettuate nelle due giornate di campionamento.

Tabella 9-8. Concentrazione delle fibre non regolamentate dal punto di vista normativo ($L < 5 \mu\text{m}$ o $d > 3 \mu\text{m}$, $L/d > 3$) misurata nelle prove in campo

	Personal sampling		Environmental sampling	
	Asbestos fibres (ff/l)	All fibres (ff/l)	Asbestos fibres (ff/l)	All fibres (ff/l)
Average airborne fibre - Day 1 (ff/l)	6.3 ± 2.5 (*7.5)	16.8 ± 11.2 (*32.4)	0.0	1.1
Average airborne fibre - Day 2 (ff/l)	5.0 ± 5.4 (*12.5)	13.1 ± 8.9 (*24.9)	1.1	2.3

*, massimo valore registrato nelle 4 misure di 45' effettuate nelle due giornate di campionamento.

Lo studio condotto ha messo in evidenza la presenza di numerose fibre minerali, tra cui crisotilo e tremolite, in un suolo agricolo irrigato con acque contaminate dalla presenza di fibre di amianto. La simulazione, ripetuta due volte, di una comune operazione agricola (erpicatura) ad elevata polverosità ha permesso di misurare nell'aria concentrazioni importanti di fibre di amianto a cui l'operatore potrebbe essere esposto e che in assenza di protezioni potrebbero rappresentare un rischio per la salute. Non si è osservato, durante le operazioni simulate, un aumento della concentrazione di amianto all'esterno del settore agricolo lavorato.

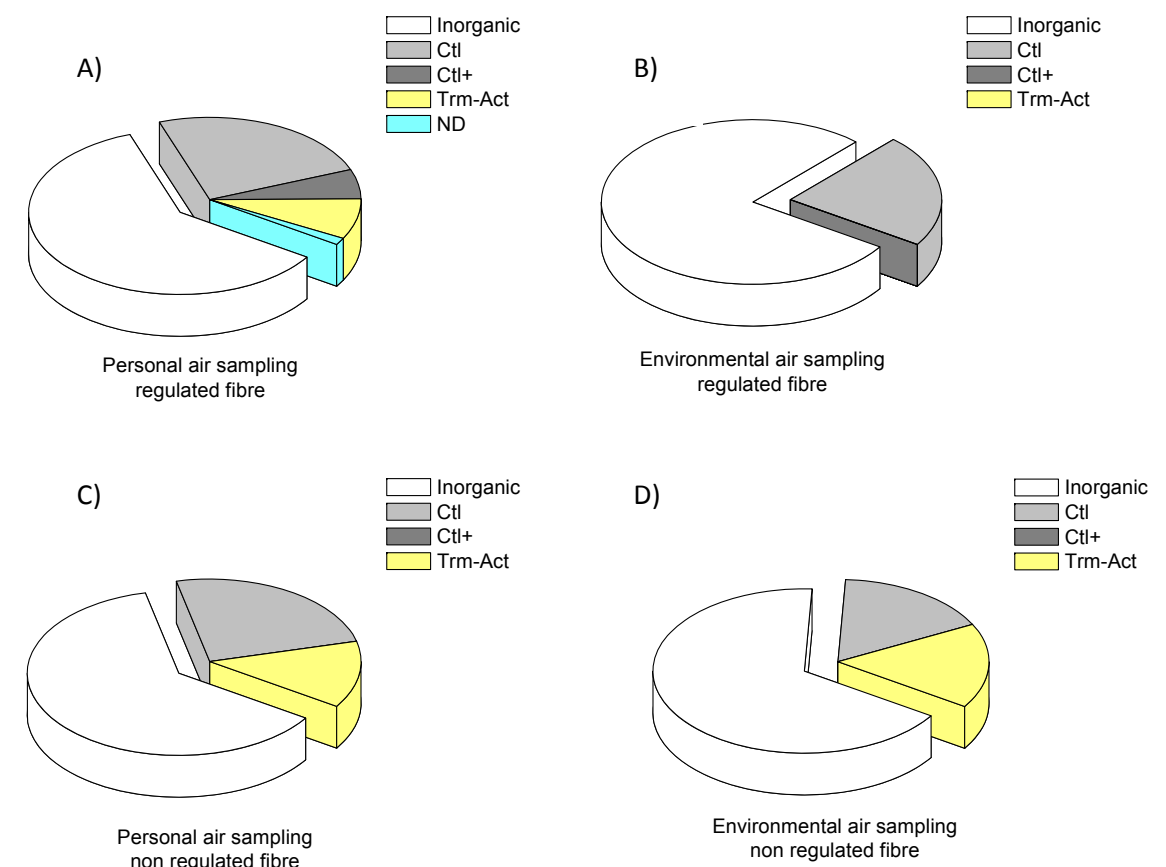


Figura 9-11 Distribuzione quantitativa delle fibre minerali rinvenute sui filtri per l'analisi del materiale aerodisperso. A) Campionamento personale dell'operatore, fibre regolamentate; B) campionamento ambientale, fibre regolamentate; C) campionamento personale dell'operatore, fibre non regolamentate; D) campionamento ambientale, fibre non regolamentate.

Nel grafico sopra riportato si sono volute distinguere le fibre inorganiche (bianco), le fibre di crisotilo (grigio chiaro e grigio scuro, a seconda dei parametri composizionali utilizzati) e le fibre di tremolite. Nei rari casi in cui non sia stato possibile assegnare con certezza la caratteristica mineralogica si è preferito lasciare la fibra come non determinata (n.d.).

Per maggiori informazioni si rimanda alla relazione dettagliata disponibile sul sito istituzionale del Centro Scansetti.⁴³

Sempre in un contesto serpentinitico ricco di amianto fibroso, si segnalano i dati sperimentali pubblicati da Favero-Longo e colleghi.⁴⁴

9.3 ANALISI DELLE INTERAZIONI OPERA-AMBIENTE

9.3.1 La dispersione in area delle fibre amiantifere nel corso delle attività di costruzione delle infrastrutture autostradali: gli ambienti di lavoro

Le esposizioni professionali ad amianto sono state in passato caratterizzate da concentrazioni di amianto libero molto elevate, anche dell'ordine delle migliaia di fibre per millilitro d'aria. La letteratura scientifica che analizza, con grandissimo dettaglio, i livelli, le tipologie e le cause di esposizione, così come le ricadute in termini sanitari ed epidemiologici, è pressoché sconfinata. Pertanto si rimanda alla versione *on-line* del *database Evalutil*⁴⁵ che raccoglie in modo esaustivo l'enorme bibliografia sulla valutazione delle esposizioni occupazionali alle fibre di amianto. Evalutil è una banca dati sulle esposizioni all'amianto e alle fibre inorganiche di sintesi sui luoghi di lavoro (MMMF) che può essere consultata direttamente su Internet. La banca dati è pensata per le persone che operano nella salute pubblica e nella prevenzione: medici del lavoro, ingegneri addetti alla sicurezza, membri del comitato di sicurezza sul luogo di lavoro di una società, ricercatori e altre. Evalutil comprende tre banche dati: due di dati fattuali, una sulle fibre di amianto e l'altra sulle fibre minerali di sintesi (MMMF), e una matrice d'esposizione del lavoro (JEM) unicamente per l'amianto. I dati metrologici e descrittivi nelle banche dati fattuali provengono dalla documentazione scientifica e da relazioni tecniche di prevenzione di organismi industriali. La matrice d'esposizione del lavoro all'amianto (JEM) fornisce informazioni sull'esposizione all'amianto stabilite da esperti per numerosi tipi di lavoro. Tuttavia, allo stato attuale della banca dati, un'interrogazione semplice non genera una sintesi delle informazioni disponibili. Le informazioni fornite dalle banche dati di documenti riguardano situazioni particolari, ma forniscono indicazioni molto utili sui rischi collegati a talune situazioni di lavoro. Queste informazioni non possono peraltro sostituire un'analisi minuziosa dei rischi per ciascuna situazione particolare effettuate da professionisti, poiché un dato insieme di misure può essere associato a più operazioni o a un lavoro che comprende più attività. La forma e il contenuto della banca dati Evalutil hanno subito modifiche e miglioramenti costanti dal 1992. Lo sviluppo della banca dati Evalutil proseguirà nel corso dei prossimi anni grazie all'aggiornamento dei dati esistenti e al miglioramento dell'interfaccia web, volta a facilitare una sua più ampia diffusione.

⁴³ <http://www.centroscansetti.unito.it/index.php/funded-projects/regione-piemonte/81-the-use-of-asbestos-polluted-waters-risk-analysis-in-terms-of-dispersion-migration-and-airborne>

⁴⁴ Favero-Longo S.E., Matteucci E. and Siniscalco C. 2009 Plant Colonization Limits Dispersion in the Air of Asbestos Fibers in an Abandoned Asbestos Mine. *Soil and Biota of Serpentine: A World View Northeastern Naturalist* 16(Special Issue 5):163–177

⁴⁵ <http://etudes.isped.u-bordeaux2.fr/evalutil003/%28S%28wcinmenlb3pmeaixcmbfrl45%29%29/accueil.aspx>

Tabella 9-9 Esposizioni tipiche nel corso di lavori su calorifughi in amianto, floccaggi e pannelli isolanti in amianto (UK Health and Safety Executive 1999, HSG 189/1; e UK HSE (2003) INDG 288(rev1)) e amianto cemento UK HSE HSG 189/2)

Tecnica	Commenti	Esposizione tipica (fibre/ml)
Smontaggio in umido ben controllato di calorifughi e rivestimenti spruzzati, utilizzando strumenti manuali	Impregnamento completo del calorifugo con un agente umidificante e quindi smontaggio con ogni precauzione	Sino a 1
Smontaggio in umido ben controllato di calorifughi e rivestimenti spruzzati, utilizzando strumenti elettrici	<i>Come sopra, ma utilizzando strumenti elettrici (procedimento che NON bisogna utilizzare)</i>	Sino a 10
Smontaggio del calorifugo dove vi sono parti asciutte	<i>Necessità di bagnare completamente</i>	Circa 100
Smontaggio di floccaggi dove vi sono parti asciutte	<i>Necessità di bagnare completamente</i>	Circa 1000
Rimozione con cura di pannelli isolanti di amianto completi	Svitamento (con aspirazione delle superfici) spruzzando un agente umidificante sulle superfici non aderenti	Sino a 3
Rottura e distacco di pannelli isolanti in amianto. Operazioni effettuate a secco, senza svitamento	<i>Cattiva pratica</i>	5-20
Utilizzazione di un trapano per perforare l'amianto cemento	Con ventilazione ed evacuazione locale o aspirazione delle superfici	Sino a 1
Perforazione di un pannello isolante di amianto cemento situato al di sopra del lavoratore e senza ventilazione per l'aspirazione locale	<i>Cattiva pratica</i>	5-10
Perforazione di colonne verticali senza ventilazione ed evacuazione locale	<i>Cattiva pratica</i>	2-5
Utilizzazione di una sega a balestra con incastellatura indipendente su pannelli isolanti d'amianto, senza ventilazione ed evacuazione locale	<i>Cattiva pratica</i>	5-20
Utilizzazione di una sega a mano per segare pannelli isolanti d'amianto, senza ventilazione ed evacuazione locale	<i>Cattiva pratica</i>	5-10

Sul tema della valutazione della dispersione in aria in contesti lavorativi, a nostra conoscenza il documento più rilevante è la "Guida pratica sulle migliori prassi per prevenire o minimizzare i rischi dell'amianto in lavori che implicano (o possono implicare) la presenza di amianto: per il datore di lavoro, i lavoratori e l'ispettore del lavoro"

pubblicata dal *Senior Labour Inspectors Committee* (SLIC – Comitato degli alti responsabili degli ispettorati del lavoro)⁴⁶.

Nella Tabella 9-9 si riportano, a titolo illustrativo, alcune concentrazioni di amianto misurate in aria in seguito ad operazioni di manutenzione/mobilitazione di materiali contenenti amianto.

Alcuni risultati sono la conseguenza di procedure sbagliate o mal applicate. Infatti, l'utilizzo scorretto delle tecniche di smontaggio controllato può provocare concentrazioni elevate di fibre in sospensione nell'aria. Una bagnatura insufficiente è spesso solo poco migliore di uno smontaggio a secco non controllato. Le esposizioni indicate sono valori tipici. Lo stesso procedimento in un luogo diverso può comportare concentrazioni superiori o inferiori. Le esposizioni si applicano al periodo di lavoro e non sono calcolate come medie ponderate in funzione del tempo. Da questi dati risulta evidente come le comuni valutazioni dell'esposizione lavorativa eseguite durante lavori di bonifica e/o manutenzione di impianti contaminati con amianto possano difficilmente essere estese al contesto del progetto Gronda. Saranno in quella sede necessarie attente valutazioni *ad hoc* che permettano di monitorare ed intervenire in tempo reale su situazioni di potenziale esposizione lavorativa non altrimenti prevedibile. Per quel che riguarda le azioni di mitigazione e prevenzione dell'esposizione si rimanda invece alla Relazione sulle Procedure (cfr. APG-0004).

9.3.2 La dispersione in aria delle fibre amiantifere nel corso delle attività di stoccaggio: l'opera a mare

9.3.2.1 Il quadro delle attività

Per valutare gli impatti legati alle operazioni di conferimento dei materiali con contenuto di amianto inferiore ai limiti del D.Lgs 152/06 nell'opera a mare, è stato considerato il rischio di dispersione di fibre in atmosfera e nelle acque marine, sia durante le fasi costruttive che ad opera finita.

Per quanto riguarda la fase di costruzione della colmata, si ricordano le fasi fondamentali:

- il trasporto dei materiali con contenuto di amianto inferiore ai limiti del D.Lgs 152/06 dall'area di cantiere di Cornigliano all'opera a mare, tramite pompaggio della miscela di acque e terre (slurry) nelle tubazioni di mandata dello slurrydotto (2× Φ 450 mm in acciaio). La lunghezza complessiva delle tubazioni è di circa 4 km. Il tracciato prevede dapprima l'attraversamento della zona ILVA fino allo spigolo su cui si intestano i cassoni di conterminazione; in questo punto la tubazione segue il perimetro dei cassoni fino a collegarsi con una tubazione flessibile e galleggiante di analogo diametro che, attraversando le celle di conferimento all'interno della colmata, afferisce al diffusore da cui il materiale è scaricato all'interno della colmata;
- il passaggio delle acque situate all'interno della colmata nella vasca di ricircolo dell'acqua (vasche W1 e W2) attraverso una tubazione collocata nell'argine interno. Le acque vengono aspirate da una pompa e inviate nella tubazione di ritorno del circuito dello slurrydotto (1× Φ 450 mm in acciaio), che porta all'area di cantiere di Cornigliano secondo il medesimo tracciato della stazione di mandata;

- l'invio delle acque in esubero (sostituite dai materiali scaricati) all'impianto di trattamento, mediante condotta dedicata che pesca nelle medesime vasche W1 e W2 (1× Φ 400 mm in PEAD), e trattamento delle stesse prima dello scarico in corrispondenza della foce del torrente Polcevera;
- la copertura finale della superficie della colmata e la sistemazione della superficie.

Non essendo nota con esattezza la concentrazione delle fibre nella miscela scaricata nell'opera a mare, si è cautelativamente ipotizzato che sia comunque significativa e quindi, per limitarne la dispersione verso l'ambiente esterno in ognuna delle fasi previste, sono state previste a livello progettuale diverse misure, descritte nel seguito.

9.3.2.2 Dispersione verso l'atmosfera

I principali rischi di dispersione delle fibre in atmosfera durante la fase di costruzione sono legati alle lavorazioni previste, come descritto nel seguito.

Perdite durante il trasporto

Tutta l'impostazione progettuale prevede che le fibre di amianto libere, presenti nello smarino, rimangano sempre bagnate, condizione che, per i motivi illustrati nella parte introduttiva, costituisce la migliore garanzia che non possano sollevarsi e sospendersi in atmosfera.

Per garantire che ciò accada i materiali con contenuto di amianto inferiore ai limiti del D.Lgs 152/06 vengono mantenuti in ambiente acquoso e confinato, dalla loro produzione fino allo scarico nella colmata.

Eventuali rilasci potrebbero essere legati esclusivamente a rotture o guasti del sistema di trasporto (slurrydotto). Per fronteggiare questo aspetto sarà organizzato un sistema di controllo ed ispezione ed è prevista una tubazione di riserva (con le stesse caratteristiche), che verrà utilizzata in caso di guasti della tubazione principale.

Rilascio durante lo scarico

Lo scarico nella colmata rappresenta il punto più critico dell'operazione di riempimento della colmata.

Per limitare la possibilità che le fibre scaricate in acqua siano disperse in atmosfera sono state adottate le seguenti soluzioni progettuali:

- la posa avviene tramite un diffusore mantenuto sempre sotto la superficie dell'acqua, operando prima in prossimità del fondale e poi risalendo progressivamente fino alla profondità minima di un metro;
- il diffusore deve essere in grado di ridurre le velocità iniziali di uscita (oltre 3 m/s) a poche decine di cm/s, sufficienti ad impedire che le fibre possano giungere in prossimità dell'interfaccia acque-sedimento;
- è prevista la posa di panne galleggianti con gonna nelle vasche della colmata al fine di ridurre le superfici esposte al vento ed il moto ondoso interno, in modo da impedire il formarsi di turbolenze. Le panne avranno una profondità limitata per evitare di creare correnti di risalita che potrebbero sollevare le fibre disperse in acqua.

In caso di rottura del diffusore o delle tubazioni galleggianti è possibile intervenire con semplice nebulizzazione di acqua di mare dall'alto per impedire che le fibre possano

⁴⁶

http://www.megaitaliamedia.net/puntosicuro/060905_Commissione_Europea_SLIC_Linee_guida_amianto.pdf

liberarsi in aria. La nebulizzazione è una procedura indicata nel D.M. del 6 settembre 1994 e utilizzata nel corso delle bonifiche di amianto in ambienti confinati, con la differenza che in quel caso l'acqua deve essere mescolata con prodotto incapsulante certificato; nel caso in esame, per evitare di versare un prodotto chimico in mare e alla luce delle condizioni operative, ci si potrà limitare all'uso di acqua di mare.

Rilascio dal materiale già scaricato

Per limitare il rischio di rilascio, la posa di materiale con contenuto di amianto inferiore ai limiti del D.Lgs 152/06 viene arrestata raggiunta la profondità di un metro sotto la superficie dell'acqua in modo da mantenere il materiale sempre immerso; sulla superficie viene mantenuto il sistema di panne in grado di limitare l'azione del vento. Completata la posa del materiale con contenuto di amianto inferiore ai limiti del D.Lgs 152/06, sulla superficie dello stesso, appena tecnicamente possibile, viene posto prima un telo impermeabile, poi uno strato di materiale pulito che ad opera conclusa impedirà ogni rilascio verso l'alto.

Perdite durante il trasporto delle acque reflue e di ricircolo

Durante il passaggio verso le vasche di rilancio e poi verso il depuratore, le acque con le fibre in sospensione vengono sempre mantenute in condizioni tali da non generare turbolenze; in particolare il passaggio attraverso l'argine interno, che separa le vasche "W" da quelle di riempimento, avviene sempre tramite tubazioni poste sotto il pelo libero e non per stramazzo. Anche le tubazioni di pescaggio delle acque del circuito di ritorno e quelle dirette verso il depuratore sono poste a circa un metro dalla superficie.

Risalita durante il trattamento di depurazione

All'interno del depuratore la possibilità che le fibre vengano rilasciate in atmosfera è limitata perché il tipo di processo adottato non prevede alcuna fase di insufflazione d'aria o di agitazione delle acque da trattare. La gestione dei fanghi prodotti dall'impianto avviene tramite contenitori scarrabili fino allo smaltimento finale; i fanghi prodotti potranno anche essere immessi in sacchi sigillati ("big bags") del tipo utilizzato per il trasporto di materiali contenenti amianto prima del loro conferimento in discarica. Durante la fase di decommissioning degli impianti, le tubazioni dello slurrydotto, quelle afferenti al depuratore e le stazioni di pompaggio sono sottoposte a lavaggio con acqua di mare prima del loro smontaggio definitivo e le acque reflue saranno anch'esse addotte al depuratore, che rimarrà così in funzione anche dopo il completamento della colmata.

Rilasci ad opera ultimata

Ad opera ultimata il rischio di passaggio di fibre in atmosfera può essere considerato pressoché nullo, infatti il sistema di copertura superficiale costituito dal telo impermeabile e dallo strato di materiale pulito sovrastante, unito al fatto che il materiale rimane immerso nell'acqua, garantisce il totale confinamento.

9.3.2.3 Dispersione verso le acque marine

Sulla base delle lavorazioni previste i principali rischi di dispersione delle fibre in acqua marina durante la fase di realizzazione sono legati a:

- perdite durante il trasporto della miscela di acqua e terre (slurry);
- rilascio verso l'esterno della colmata del materiale scaricato;
- perdite durante il trasporto delle acque reflue al depuratore e nel circuito di ricircolo;

- rilascio durante lo scarico delle acque in eccesso.

Durante la fase di realizzazione finita, i rischi sono invece legati al rilascio verso l'esterno della colmata.

Perdite durante il trasporto

Valgono le medesime considerazioni già viste in precedenza relativamente al rilascio verso l'atmosfera.

Rilascio durante lo scarico delle acque in eccesso

La principale misura adottata a riguardo è stata l'adozione di un impianto di trattamento verso cui convogliare tutte le acque prima del loro scarico in mare. Per quanto riguarda l'impianto di trattamento, la presenza delle fibre in sospensione ha portato a modificare lo schema di processo; rispetto ad un impianto chimico fisico di tipo tradizionale alla sezione di chiari flocculazione sono state associate una sezione di ultrafiltrazione delle acque sovradimensionata rispetto alla precedente, studiata proprio per garantire l'abbattimento delle fibre, ed una stazione di finissaggio con adsorbimento su carboni attivi. Applicazioni del medesimo processo ad acque industriali con elevata presenza di fibre hanno consentito di ottenere l'abbattimento pressoché totale delle stesse, per cui si ritiene che l'impianto consentirà di ottenere uno scarico in piena sicurezza. Lo schema di processo previsto fa sì che il depuratore abbia una certa flessibilità operativa; ad esempio il sistema di filtrazione è su due linee in parallelo, per cui è possibile fronteggiare eventuali malfunzionamenti o guasti all'impianto.

Rilascio dalla colmata

Come evidenziato nella parte relativa agli impatti sulla componente Acqua, il sistema di impermeabilizzazione della conterminazione garantisce che non vi siano flussi di fibre attraverso la barriera o sotto di essa, né durante la fase di realizzazione né ad opera finita.

9.4 IL RAPPORTO OPERA-AMBIENTE

9.4.1 Gli ambienti di lavoro

Le esposizioni professionali ad amianto sono state in passato caratterizzate da concentrazioni di amianto libero molto elevate, anche dell'ordine delle migliaia di fibre per millilitro d'aria. La letteratura scientifica che analizza, con grandissimo dettaglio, i livelli, le tipologie e le cause di esposizione, così come le ricadute in termini sanitari ed epidemiologici, è pressoché sconfinata. Tuttavia, le valutazioni dell'esposizione lavorativa eseguite durante lavori di bonifica e/o manutenzione di impianti contaminati con amianto (ben documentate in letteratura) non possono essere estese al contesto del progetto della Gronda. Dovranno, pertanto, essere effettuate attente valutazioni *ad hoc* che permettano di monitorare ed intervenire in tempo reale su situazioni di potenziale esposizione lavorativa non altrimenti prevedibile.

Sono state definite dettagliate azioni di mitigazione e prevenzione dell'esposizione; a tal proposito si rimanda alla Relazione sulle Procedure di gestione delle terre e rocce da scavo allegata al progetto definitivo (cfr. APG-0004).

9.4.2 L'opera a mare

La principale preoccupazione nei confronti della salute pubblica è legata alla presenza di materiali con contenuto di amianto inferiore ai limiti del D.Lgs 152/06 ed al rischio di rilascio di fibre libere sia in atmosfera che nelle acque marine circostanti l'opera. È nota in letteratura la pericolosità delle fibre libere, vista la loro cancerogenicità soprattutto se inalate, meno chiaro è il rischio legato all'ingestione delle stesse o ad esposizione dermica; pochissimi dati sono disponibili sul rischio per l'ambiente acquatico in generale, e marino in particolare, da cui la difficoltà nel definire soglie di rischio accettabile.

Allo stato attuale del progetto non è nota con esattezza la concentrazione di fibre nella miscela scaricata nella colmata e si è quindi cautelativamente ipotizzato che sia significativa. L'analisi del progetto e delle principali fasi costruttive ha evidenziato che i principali rischi di rilascio in atmosfera sono legati a:

- perdite durante il trasporto della miscela di acqua e terre (slurry);
- risalita delle fibre all'interfaccia acqua-aria durante lo scarico della miscela nella colmata a causa delle correnti indotte dallo scarico e dell'azione del vento;
- risalita del materiale già depositato all'interfaccia acqua-aria a causa dell'azione del vento;
- perdite durante il trasporto delle acque reflue al depuratore e nel circuito di ricircolo;
- risalita delle fibre in superficie durante il trattamento di depurazione;
- risalita delle fibre in superficie ad opera finita.

Nel caso della dispersione verso le acque marine invece i principali rischi derivano da:

- perdite durante il trasporto della miscela di acqua e terre (slurry);
- rilascio verso l'esterno della colmata;
- perdite durante il trasporto delle acque reflue al depuratore e nel circuito di ricircolo;
- rilascio durante lo scarico delle acque in eccesso.

Per quanto riguarda il rilascio in atmosfera, la strategia generale è stata quella di mantenere le fibre di amianto sempre immerse nell'acqua, che ne impedisce di fatto la sospensione in atmosfera, durante tutte le fasi costruttive e anche ad opera finita.

Durante la fase costruttiva il momento più critico è quello dello scarico nella colmata, che è stato risolto adottando una metodologia di versamento a bassa velocità di flusso e limitando la turbolenza alla superficie acqua all'interno della colmata. I principali rischi di rilascio in caso di guasti o rotture del sistema di adduzione o di ricircolo delle acque saranno risolti mediante l'installazione di una tubazione di riserva, in parallelo alla tubazione principale.

Ad opera finita il rischio di rilascio dalla superficie della colmata è stato risolto ponendo sul materiale con contenuto di amianto inferiore ai limiti del D.Lgs 152/06, un telo impermeabile ed uno strato di materiale pulito, in cui sarà collocato il sistema di drenaggio delle acque superficiali.

Nel caso del rilascio verso le acque marine, gli aspetti più rilevanti sono legati al rilascio di fibre dai materiali accumulati nell'opera, verso le acque circostanti. Un'altra fonte di rischio è lo scarico delle acque in eccesso situate all'interno della colmata, mano a mano che vengono scaricati i materiali. Nel primo caso il rischio è stato risolto rendendo impermeabile la conterminazione della colmata (coefficiente di permeabilità pari a 10^{-6} m/s), nel secondo caso sottoponendo le acque ad un trattamento depurativo prima dello scarico in mare.

10 PAESAGGIO

10.1 TEMI E METODOLOGIA DI LAVORO

10.1.1 I temi

Come detto nel capitolo dedicato all'illustrazione della metodologia di lavoro seguita nella redazione del presente Quadro ambientale dello SIA del progetto di Cantierizzazione, i Macrotemi afferenti detto SIA tematico sono rappresentati dalle "Infrastrutture autostradali come realizzazione" e dalle Opere connesse di cantierizzazione lette in funzione della loro valenza di "opere come manufatto fisico", "opere come realizzazione" ed "opere come esercizio".

Ciò premesso e ricordato che con il termine "Temi di Quadro" si sono intesi quegli elementi progettuali che, derivanti dalla scomposizione e selezione dei Macrotemi, hanno rilevanza con le finalità perseguite dai tre Quadri di riferimento previsti dal DPCM 27.12.18988, nel caso di quello ambientale detti temi sono stati già identificati nei seguenti termini (cfr. **Tabella 10-1**).

Tabella 10-1 Temi di riferimento (Temi di Quadro)

Opere	Macrotemi	Temi di riferimento	Temi di Quadro
Infrastrutture autostradali	• Opera come realizzazione	• Attività costruttive	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Costruzione dei viadotti ▪ Scavo e costruzione delle gallerie <ul style="list-style-type: none"> – Scavo meccanizzato – Scavo in tradizionale ▪ Movimentazione delle terre di scavo delle gallerie ▪ Gestione delle terre di scavo delle gallerie ▪ Approvvigionamento di materie prime
			• Aree a servizio della cantierizzazione
Opere connesse di cantierizzazione	• Opera come manufatto	• Opere a carattere temporaneo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Slurrydotto ▪ Pista di montaggio frese
		• Opere a carattere definitivo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Opera a mare
	• Opera come realizzazione	• Attività costruttive	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Confinamento del Canale di Calma ▪ Chiusura dell'opera a mare ▪ Approvvigionamento delle materie
		• Aree a servizio della cantierizzazione	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aree di cantiere ▪ Itinerari di cantierizzazione
• Opera come esercizio	• Funzionamento	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Movimentazione dello slurry lungo lo slurrydotto ▪ Riempimento progressivo dell'opera a mare 	

Tale articolazione, nel caso del Quadro ambientale, tuttavia necessita di un'ulteriore verifica atta a contestualizzarla rispetto alle finalità perseguite dalle singole componenti ambientali. Come difatti illustrato nel capitolo introduttivo, benché in termini generali il Quadro ambientale sia nel suo complesso rivolto a determinare il rapporto Opera – Ambiente, ognuna di dette componenti declina detta finalità generale in relazione ai beni ed alle risorse ad essa attinenti, aspetto quest'ultimo che ha condotto alla necessità di giungere alla definizione dei Temi di Quadro, locuzione con la quale si è inteso definire quei temi di riferimento che per l'appunto sono rilevanti rispetto alle finalità assegnate dal DPCM 27.12.1988 alle singole componenti.

Le modalità mediante le quali definire i Temi di Quadro sono state fondate sul riconoscimento dell'esistenza di un legame causale tra le azioni di progetto connesse agli elementi progettuali esaminati e gli impatti potenziali da dette azioni derivanti, che sia rilevante rispetto alle finalità assegnate alla componente di volta in volta indagata.

Relativamente alle Azioni di progetto, le principali azioni di progetto che possono alterare lo stato dei luoghi sono gli apprestamenti per le aree di cantiere industriale, base e imbocco, per quanto riguarda l'infrastruttura autostradale, e la realizzazione dello slurrydotto, della pista di montaggio frese e dell'opera a mare, per quel che riguarda le opere connesse di cantierizzazione.

Le principali problematiche di impatto sul paesaggio sono, pertanto, legate essenzialmente ad impatti visivi ed alterazioni della morfologia e/o della qualità del territorio su cui insisteranno i cantieri, per un periodo comunque limitato nel tempo.

La tabella seguente riporta il quadro delle azioni di progetto, dei fattori causali e dei relativi impatti potenziali presi in esame (cfr. **Tabella 10-2**).

Tabella 10-2 Impatti potenziali derivanti dalle azioni di progetto

Azioni di progetto	Fattori causali	Impatti potenziali
Cantieri imbocco Cantieri industriali Cantieri campo base	Occupazione di suolo	Degrado e/o sottrazione di aree boscate e di ambiti di vegetazione di pregio
		Alterazione della morfologia naturale del territorio
	Occupazione degli ambiti di intervisibilità	Alterazione della visuale
Slurrydotto e pista montaggio frese	Presenza di beni storico-architettonici e monumentali	Danni a beni di interesse storico-testimoniale
	Introduzione di nuovi elementi	Intrusione visiva
Opera a mare	Occupazione degli ambiti di intervisibilità	Alterazione della visuale
	Introduzione di nuovi elementi	Modificazione della struttura del paesaggio

L'occupazione di suolo, derivante dalla necessità di realizzare l'apprestamento del cantiere, può comportare, in corrispondenza dei cantieri di imbocco, un'interferenza con

aree boscate di valore paesaggistico-ambientale, sia in termini di modifica dell'assetto e dello stato qualitativo delle formazioni presenti, che in termini di vera e propria sottrazione. Le attività previste per la realizzazione di un imbocco in galleria possono, altresì, comportare alterazioni del profilo del versante interessato dalla realizzazione dell'opera, determinando, in tal modo, una modifica alla struttura morfologica che connota il contesto paesaggistico entro cui si realizza tale cantiere.

L'alterazione morfologica e la sottrazione di formazioni boscate in corrispondenza della realizzazione degli imbocchi, che, in alcuni casi, è parzialmente reversibile, potrà essere recuperata, una volta concluse le attività di costruzione, attraverso interventi di mitigazione tesi a favorire ed accelerare il ripristino delle fitocenosi originarie e la ricucitura con le formazioni boscate esistenti.

L'apprestamento dei cantieri comporta inevitabilmente l'introduzione di elementi visivi legati all'utilizzo di macchinari e mezzi, all'interno delle aree di cantiere; tale interferenza può, tuttavia, ritenersi di tipo temporaneo perchè correlata alle attività previste nelle aree cantiere.

L'impatto del cantiere da un punto di vista visuale-percettivo è maggiore per cantieri a ridosso delle aree urbane e in vicinanza di vincoli paesaggistici e di beni storico-monumentali, per i quali dovrà essere garantita la salvaguardia al fine di evitare possibili danni durante le attività di cantierizzazione delle opere in aree prossime a detti beni.

Nell'ambito delle condizioni percettive, ulteriori elementi di intrusione visiva sono costituiti dal sistema di trasporto delle terre di scavo provenienti dalle gallerie, costituito da condotte (slurrydotto) che da monte trasportano il materiale proveniente dagli scavi fino al conferimento a mare, e dalla pista montaggio frese, situata in destra idrografica lungo l'alveo del torrente Polcevera, per il trasporto dei componenti delle frese. Tali elementi, a sviluppo lineare, con caratteristiche tipologiche differenti, si inseriscono all'interno del contesto paesaggistico del Polcevera.

Nonostante le aree di cantiere (cantieri di imbocco e industriali) presentino caratteristiche e funzioni diverse, ai fini della presente trattazione si è ritenuto opportuno assimilarle ad una categoria unitaria in quanto il fattore principale ritenuto potenzialmente causa di impatto è stato individuato nella introduzione di elementi visivi che, seppure temporanei, tuttavia condizionano gli ambiti visuali durante le attività di cantiere.

L'occupazione di suolo per la realizzazione delle opere d'arte può essere mitigata al termine delle lavorazioni con la ricostituzione dei suoli e della copertura vegetale, a meno delle zone che saranno acquisite dal manufatto stradale.

L'opera a mare comporterà un allargamento della piattaforma aeroportuale verso lo spazio antistante sul canale di calma, andando a riconfigurarlo attestandone la sezione trasversale a circa 60 metri.

10.1.2 La metodologia

L'analisi della componente Paesaggio relativa alla fase di cantierizzazione delle opere si svolge a partire dalla definizione degli elementi necessari per la valutazione della compatibilità paesaggistica, ai sensi del DPCM del 12/12/2005; viene successivamente definito il quadro conoscitivo di area vasta, fornendo una caratterizzazione del contesto paesaggistico, dal punto di vista della qualità dei suoi elementi costitutivi, per arrivare

all'individuazione degli ambiti territoriali suscettibili di ripercussioni indotte dalla presenza delle aree di cantiere.

Dal punto di vista metodologico lo studio si è incentrato su due principali criteri di lettura del paesaggio:

- gli elementi di contesto
- gli elementi di progetto

La valutazione delle interferenze del progetto con la fase di cantiere, pertanto, ha tenuto conto dell'interazione fra questi due elementi, l'uno legato alle peculiarità del territorio, inteso nei suoi aspetti strutturali e percettivi, l'altro riferito alla tipologie di opere che il progetto prevede di approntare durante la fase di cantiere.

Pertanto, partendo dalla definizione delle unità di paesaggio, così come scaturite dall'esito dell'analisi della struttura del paesaggio, intesa sia negli aspetti abiotici che in quelli fisionomici - sistema naturale antropizzato e sistema insediativo urbano - (cfr. SIA Infrastrutturale, Quadro Ambientale, Componente Paesaggio), si è sviluppata una sintesi volta a definire le qualità paesaggistiche degli ambiti territoriali interessati dall'attraversamento del progetto.

Allo stesso modo, l'analisi del progetto di cantierizzazione ha permesso di operare una distinzione fra le diverse aree di cantiere sulla base della tipologia, dalle caratteristiche dimensionale, della durata delle attività previste.

Questo quadro conoscitivo di base ha permesso, attraverso una sovrapposizione delle aree di cantiere sul supporto paesaggistico precedentemente definito, di individuare le aree particolarmente sensibili ad accogliere attività di cantiere, secondo i criteri di valutazione illustrati nella tabella relativa all'individuazione degli impatti potenziali.

Vengono di seguito esaminati la struttura espositiva e i contenuti del capitolo per anticipare quelle che sono le tematiche salienti dello studio.

H. *Analisi della pianificazione di tutela paesaggistica-ambientale*

Per quanto concerne l'analisi della pianificazione di tutela paesaggistica-ambientale, il Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 (Codice dei beni culturali e del paesaggio) all'articolo 135 - Pianificazione paesaggistica - dispone che i piani paesaggistici, in base alle caratteristiche naturali e storiche, individuino ambiti definiti in relazione alla tipologia, rilevanza e integrità dei valori paesaggistici.

In tal senso, è stato analizzato il Piano Territoriale di Coordinamento Paesaggistico con l'obiettivo di cogliere i principali elementi di qualità del paesaggio, al fine di garantire la salvaguardia dei suoi caratteri strutturali, nonché dei beni di interesse storico-culturale e testimoniale che connotano l'identità dei luoghi interessati dalle aree di cantiere e dalle opere connesse di cantierizzazione.

I. *Quadro conoscitivo di area vasta*

Comprende l'inquadramento di area vasta attraverso l'individuazione delle unità di paesaggio, quale esito del rapporto tra gli elementi strutturanti e caratterizzanti il contesto paesaggistico e la localizzazione dell'opera in progetto.

Nell'analisi sono stati individuati tutti quegli elementi di carattere fisico, morfologico, ambientale nonché quelli legati ai valori ed alle identità locali, al fine di restituire una chiara rappresentazione della realtà territoriale in cui l'opera di progetto si inserisce.

Attraverso le unità di paesaggio è possibile, infatti, leggere ed interpretare, in maniera semplificata, la complessità dei segni e degli elementi che compongono l'ambito indagato e le loro relazioni.

La costruzione delle unità di paesaggio, la loro delimitazione e l'individuazione degli specifici caratteri di singolarità costituiscono, infatti, il passaggio conclusivo del processo di analisi della struttura del paesaggio, che risulta così rappresentato attraverso "macro aree", appunto le unità di paesaggio, ognuna delle quali è associata a forme, funzioni e regole compositive singolari che sono il risultato delle aree omogenee e degli elementi di struttura che vi appartengono.

In questa sezione dello SIA del Progetto di Cantierizzazione si riporta un estratto di quanto analizzato nello SIA del Progetto Infrastrutturale nell'ambito della definizione delle unità di paesaggio.

J. Analisi delle caratteristiche e delle tipologie delle aree di cantiere

Attraverso lo studio della cantierizzazione, sono state evidenziate le caratteristiche fisiche e dimensionali dei principali elementi che costituiscono gli approntamenti delle aree in cui si svolgeranno le attività di cantiere.

K. Individuazione delle aree maggiormente sensibili

Ponendo in relazione gli elementi del quadro conoscitivo di base del contesto paesaggistico interessato dal progetto e quelli relativi alle principali caratteristiche degli apprestamenti previsti per le aree di cantiere, si è giunti all'individuazione delle aree maggiormente critiche per le quali sviluppare l'analisi delle interferenze. In questa fase, infatti, è possibile escludere dall'analisi quelle aree di cantiere che hanno esigue caratteristiche dimensionali, considerando il criterio legato alla tipologia di cantiere, o che, secondo il criterio di lettura delle caratteristiche del contesto, si trovano all'interno di ambiti che non presentano particolari valori paesaggistici in quanto connotati da un elevato grado di urbanizzazione o dalla presenza di elementi detrattori delle qualità paesaggistiche.

L. Analisi delle interferenze

Vengono prese in esame le aree ritenute sensibili, in relazione alla tipologia di apprestamenti necessari per le aree di cantiere e del livello di sensibilità dell'ambito paesaggistico in cui tali aree ricadono.

Il contesto attuale in cui si inseriscono le aree di cantiere e le opere connesse di cantierizzazione è stato confrontato con la situazione in corso d'opera, attraverso fotosimulazioni dei luoghi interferiti.

M. Sintesi del rapporto opera ambiente

Viene riportata una sintesi delle interferenze indotte durante la fase di cantiere, finalizzata ad individuare gli obiettivi delle mitigazioni.

10.2 IL CONTESTO DI RIFERIMENTO

10.2.1 La disciplina di tutela paesaggistico-ambientale: il Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico

Rimandando al Quadro di Riferimento Programmatico per un'analisi di dettaglio degli strumenti di pianificazione, nel seguito si riporta una sintesi del rapporto tra aree di cantiere e opere connesse di cantierizzazione e strumenti di tutela paesaggistico-ambientale.

In particolare, si analizzano le indicazioni contenute nel Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico e la Variante di salvaguardia della fascia costiera (PTCP).

Il PTCP, come previsto dalla legge 1985, n. 431, è uno strumento atto a governare le trasformazioni del territorio ligure dal punto di vista paesaggistico.

Il vigente Piano è attualmente articolato in un livello territoriale ed in un livello locale, le cui prescrizioni sono poi riferite distintamente ai tre tipi di assetto, quello insediativo, quello vegetazionale e quello geomorfologico.

Le indicazioni appartenenti al livello territoriale hanno valore di indirizzo, di proposta e di recepimento, ed ognuna di esse esplica un effetto diverso; tra queste quelle di indirizzo sono preordinate ad assicurare il coordinamento sotto il profilo paesistico – ambientale e come tali devono essere considerate in sede di pianificazione.

Le indicazioni invece appartenenti al livello locale hanno valore prescrittivo nei confronti degli interventi che incidono sugli assetti insediativo, vegetazionale e geomorfologico, tenendo presente che le stesse indicazioni si intendono riferite alle seguenti categorie di interventi:

- quelle relative all'assetto insediativo disciplinano gli interventi edilizi o assimilabili;
- quelle relative all'assetto geomorfologico disciplinano le opere idrauliche e marittime, l'apertura e la sistemazione di cave e discariche, gli interventi di coordinamento dei pendii e quelle operazioni che determinano profonde ed estese alterazioni del quadro morfologico ed idraulico;
- quelle relative all'assetto vegetazionale disciplinano gli interventi di forestazione e quelli che hanno per oggetto lo sfruttamento agricolo – economico e/o il miglioramento qualitativo dei boschi e delle praterie.

Infine le indicazioni di livello locale prevalgono immediatamente sugli strumenti urbanistici comunali laddove rispetto a queste ultime risultino in tutto o in parte più limitate.

Entrando nel merito delle indicazioni relative all'assetto Insediativo (cfr. tavola MAM-C-QPRM-002), le aree di cantiere interessano le zone riportate in Tabella 10-3 e Tabella 10-4; inoltre, nella Tabella 10-5 e nella Tabella 10-6 vengono riportate le zone interessate dallo slurrydotto e dalla viabilità di servizio (prendendo in considerazione solo i tratti nuovi di viabilità).

Tabella 10-3 PTCP Assetto insediativo: quadro complessivo aree di cantiere industriale

Cantieri industriali	Ambito Territoriale	Indirizzo Generale	Regime Normativo
CI.01 (1)	52	Insedimenti sparsi (IS)	IS MA CPA
CI.01 (2)	52	Autostrade esistenti (AE)	
CI.02	52	Insedimenti sparsi (IS)	IS MA CPA
CI.03	53-A	Aree non insediate (ANI) con attrezzature e impianti	ANI-TR-AI
CI.04	53-D	Tessuto urbano (TU)	
CI.05	53-D	AE con parziale interesse alle aree Tessuto Urbano (TU) e Parchi urbani (PU)	I PU seguono il regime normativo di conservazione
CI.06	53-F	Aree non insediate (ANI)	ANI-MA
CI.07	53-D	AE con parziale interesse all'area TU	
CI.08	53-D	Tessuto urbano (TU)	
CI.09	53-D	Tessuto urbano (TU) e insediamenti diffusi (ID)	Modificabilità di tipo A (ID- MO-A)
CI.10	55	Insedimenti diffusi (ID)	ID-MO-A
CI.11	55	Autostrade esistenti (AE) e insediamenti diffusi (ID)	ID-MO-A
CI.12	55	Insedimenti diffusi (ID)	ID-MO-A
CI.13	53-D	Tessuto urbano (TU)	
CI.14	53-D	Tessuto urbano (TU)	
CI.15	53-D	Area soggetta a regime di Trasformazione	TRZ
CI.16	53-D	Insedimenti diffusi (ID)	ID-MO-A
CB.01	53-D	Attrezzature e Impianti (AI)	AI-MA

Tabella 10-4 PTCP Assetto insediativo: quadro complessivo aree di cantiere d'imbocco

Codice	Nome cantiere	Ambito Territoriale	Indirizzo Generale	Regime Normativo
CI 17	Borgonuovo SV	52	Insedimenti sparsi (IS)	IS-MA
CI 18	Borgonuovo lato GE	53A	Insedimenti sparsi (IS)	IS-MA
CI 19	Bric del Carmo lato Sud	53A	Autostrade esistenti (AE)	
CI 20	Voltri lato SV	53A	Insedimenti sparsi (IS)	IS-MA
CI 21	Voltri lato GE	53A	Insedimenti sparsi (IS)	IS-MA
CI 22	Ciocia lato AI	53A	Insedimenti sparsi (IS) AE	IS-MA
CI 23	Delle Grazie lato Sud	53A	Parchi urbani (PU)	I PU seguono il regime normativo di conservazione
CI 24	Amandola lato SV	53A	Insedimenti sparsi (IS)	IS-MA
CI 25	Amandola lato GE	53B	Insedimenti sparsi (IS)	IS-MA
CI 25	Monterosso lato SV	53B	Insedimenti sparsi (IS)	IS-MA

CI 26	Area cantieri Torbella	53 D	Insedimenti sparsi (IS) Autostrade Esistenti (AE)	IS MA
CI 27	Forte Diamante, San Rocco, Polcevera lato MI	55	Insedimenti sparsi (IS)	IS-MA
CI 28	Bric Du Vento, Baccan, Polcevera lato GE	53D	Insedimenti sparsi (IS)	IS-MA
CI 30	Granarolo lato GE	53D	Autostrade esistenti (AE)	
CI 31	Moro 1 Moro 2 lato GE Aeroporto	53 D	Insedimenti sparsi (IS)	IS MA
CI 29	Monte Sperone lato LI	53 F	Aree non insediate (ANI)	ANI-MA
CI 29	Campursone lato Nord	53 F	Aree non insediate (ANI) Autostrade esistenti	ANI-MA
CI 29	Campursone lato SUD	53 F	Aree non insediate (ANI) Autostrade esistenti	ANI-MA
CI 32	Morego lato A7 Direzione MI	55	AE con parziale interesse alle aree Insediamenti sparsi (IS)	IS seguono il regime normativo di mantenimento MA (IS-MA)
CI 32	Morego lato A7 Direzione Ge	55	AE con parziale interesse alle aree Insediamenti sparsi (IS)	IS seguono il regime normativo di mantenimento MA (IS-MA)

Tabella 10-5 Assetto insediativo: quadro complessivo aree interessate dallo slurrydotto

Ambito territoriale	Indirizzo generale	Regime normativo
53 D	Tessuto urbano (TU)	
	Insedimenti diffusi (ID)	ID MO-A

Tabella 10-6 Assetto insediativo: quadro complessivo aree interessate dalle viabilità di servizio

Codice	Ambito territoriale	Indirizzo generale	Regime normativo
VS.02	52	AE	
VS.03	53A	Insedimenti sparsi (IS)	IS MA
VS.04	53A	Insedimenti sparsi (IS)	IS MA
VS.05	53A	Insedimenti sparsi (IS)	IS MA
VS.06	53A	Insedimenti sparsi (IS) Insedimenti diffusi (ID)	IS MA ID MA
VS.07	55	Insedimenti diffusi (ID)	ID-MO-A
VS.08	53 D	Aree non insediate (ANI)	ANI MA
VS.09	53 F	Aree non insediate (ANI)	ANI MA
VS.10	53 C	Insedimenti sparsi (IS)	IS MA

È possibile affermare che, fatta eccezione per il Parco urbano (PU) in quanto assoggettato a regime di Conservazione, per le restanti aree, il regime normativo prevalente è quello di Mantenimento, che concerne «le situazioni nelle quali si riconosce un equilibrio soddisfacente e/o una qualità meritevole di tutela, ma nelle quali i caratteri paesistici non sono così “puri” ed intensi da escludere qualunque alterazione dello stato attuale»⁴⁷.

In ragione dell’accezione data dal Piano al regime di Mantenimento è possibile affermare che le aree interessate dalle aree di cantiere non siano «dotate di valori emergenti»⁴⁸, aspetto quest’ultimo individuato dalla normativa di Piano come criterio attraverso il quale accertare l’idoneità dei tracciati di progetto e, con essa, la compatibilità del progetto con le indicazioni di PTCP (cfr. art. 32).

Inoltre, il torrente Polcevera, su cui insistono lo slurrydotto e la pista di montaggio delle frese, rientra nelle seguenti categorie: TU (tessuto urbano) e ID MO-A (insediamenti diffusi soggetti a regime di modificabilità di tipo A).

L’area dell’opera a mare non rientra nelle perimetrazioni del PTCP. L’adiacente area aeroportuale è invece classificata come AI-CO (Attrezzature impianti – Consolidamento), prevedendo perciò interventi di modifica delle stesse strutture aeroportuali sia a livello di ampliamento che di consolidamento per migliorarne il profilo funzionale. La costruzione dell’opera nel canale di calma consente l’allargamento della piattaforma aeroportuale, permettendo l’adeguamento dell’aeroporto alla normativa ENAC, e come tale sarebbe da ritenersi conforme alle previsioni del piano relative all’area limitrofa.

Infine il Piano Territoriale Paesistico indica a livello locale quelli che sono i cosiddetti “Manufatti emergenti puntuali” e “Sistemi di Manufatti emergenti” da considerare come elementi vincolanti in quanto veri e propri segni percepibili del sistema insediativo – storico del paesaggio.

⁴⁷ PTCP, Norme di attuazione, art. 52 co. 1

⁴⁸ PTCP, Norme di attuazione, art. 32 co. 2

In particolare, i Sistemi di Manufatti Emergenti sono riportati nelle tavole cartografiche relative all’Assetto Insediativo con numerazione progressiva e con una loro identificazione sintetica come riportato in **Tabella 10-7**.

Tabella 10-7 – P.T.C.P. – Elenco Sistemi di Manufatti Emergenti

1. Morfologie tipiche di insediamento protostorico e medioevale	11. Morfologie e ruderi di insediamenti militari	21. Mulini
2. Castellari liguri	12. Sistema di edifici religiosi di epoca romana e medioevale	22. Ferriere ed edifici religiosi
3. Castellari liguri e manufatti sui percorsi	13. Fortificazioni	23. Passo della Bocchetta
4. Castellari liguri	14. Manufatti stradali di epoca romana	24. Fortificazioni genovesi
5. Castellari liguri	15. Fortificazioni	25. Fortificazioni genovesi
6. Frantoi	16. Ponti romani	26. Fortificazioni (eliminato)
7. Promontorio dell’Arma	17. Morfologie ed insediamenti di varie epoche	27. Luni
8. Ponti	18. Opifici preindustriali	28. Manufatti sul crinale di Monte Marcello
9. Ponti	19. Ferriere	29. Grotte
10. Castello d’Aquila	20. Fortificazioni	

I Manufatti emergenti puntuali sono anch’essi inseriti nelle tavole cartografiche relative all’Assetto Insediativo e riportati in apposite schede allegate al piano stesso, in cui sono catalogati per Comune e Tipologia sulla base delle definizioni contenute negli studi propedeutici al piano stesso.

I manufatti emergenti sono stati distinti in “reali” e “virtuali”; questi ultimi sono quelli di cui non sono evidenti né la consistenza, e quindi la leggibilità, né lo specifico elemento che costituisce il valore da tutelare.

Come si vede nella **Figura 10-1** e nella **Figura 10-2**, le aree di cantiere e le opere connesse di cantierizzazione non interferiscono con questi elementi e quindi la loro percezione e fruibilità rimane inalterata.

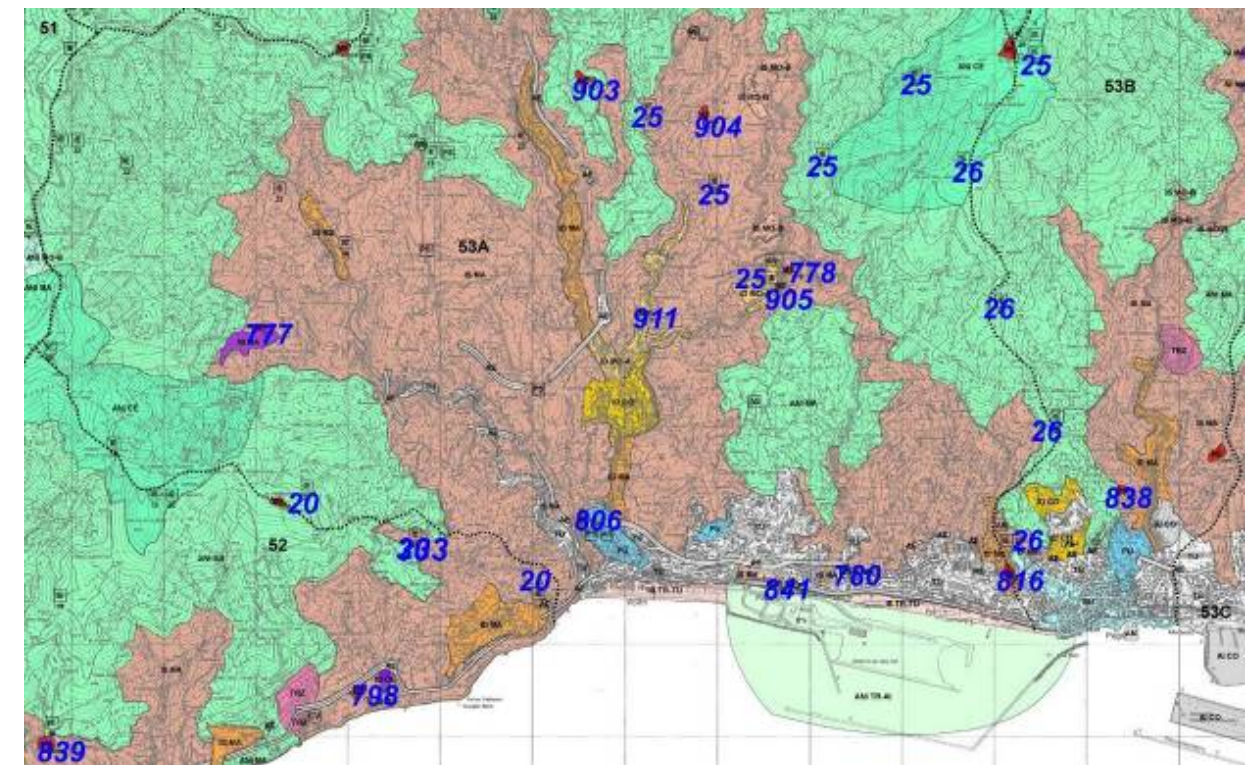


Figura 10-1 P.T.C.P. – Assetto Insediativo – Particolare Tavola 15 con evidenziati i manufatti emergenti

Tabella 10-8 P.T.C.P. – Tavola 15 - Elenco dei Manufatti Emergenti

GENOVA				
777	ME	F	CIMA CASTELLO	Morfologia di insediamento militare medievale
787	ME	F	MONTE PENNONE	Morfologia e tracce archeologiche di insediamento arroccato preromano
798	ME	I	VESIMA	Resti di ospitale medievale sull'antico tracciato dell'Aurelia
806	ME	S	SANTUARIO DI NOSTRA SIGNORA DELLE GRAZIE	Con chiesa tardomedievale
816	ME	F	TORRE CAMBIASO	Morfologia e tracce archeologiche di insediamento arroccato preromano
827	ME	F	MONTE PENNELLO	Resti di fortificazione moderna, nei pressi caselle e nevieri
838	ME	F	CASTELLO	Morfologia di insediamento militare medievale
840	ME	F	CASTELLARO	Morfologia e scavi archeologia di insediamento arroccato della Seconda Età del ferro
841	ME	V	VILLA DORIA	Villa Doria e altra villa seicentesca, a levante del casello autostradale
905	ME	S	ACQUASANTA	Santuario del XVII sec.
778				
906	ME	I	CANNELLONA	Tipica stazione stradale lungo la medievale mulattiera di cinale che univa l'approdo di Valfi alla Valle Stura
780	ME	S	SAN PIETRO DI PRA'	Chiesa medievale

Tabella 10-9 P.T.C.P. – Tavola 16 - Elenco dei Manufatti Emergenti

GENOVA				
779	ME	A	FEGINO	Tracce archeologiche di fabbriche di ceramica di Età Romana
781	ME	S	CASSINELLE	Chiesa medievale sulla mulattiera da Sestri Ponente per Incisa e le Capanne di Marcarolo o il valico della Bocchetta
782	ME	E	PRIA-SCUGENTE	Miniere preindustriali di rame
783	ME	R	COMMENDA DI FEGINO	Insediamento medievale
784	ME	F	CASTELLARO DI CREMENO	Insediamento arroccato preromano ed altomedievale a tutela della strada proveniente da Genova per Granarolo e Begato e diretta a Tortona, per Morego-Bocchetta o passo della Vittoria
785	ME	R	CAMPORA DI GEMINIANO	Insediamento di Età Romana, Repubblica ed altomedievale sulla strada Genova-Tortona
786	SME	F	FORTE PUIN	Tracce archeologiche e morfologia di insediamento arroccato preromano
788	ME	I	GRANAROLO	Antico valico sulla strada che da Genova portava in Polcevera per Begato, Geminiano, Cremeno, in direzione della Padania
789	ME	I	STAGLIENO	Resti dell'acquedotto romano
790	ME	R	PINO SOTTANO	Insediamento tardoantico su ripiano di mezzacosta
791	ME	I	LEAMARA	Insediamento stradale medievale sulla via da Genova a Piacenza per Bavi, sulla sponda sinistra del Bisagno
792	ME	S	MADONNA DEL MONTE	Santuario con convento del XVII sec. con parco di macchia mediterranea
793	SME	F	PIANDERLINO	Resti di insediamento arroccato preromano
794	ME	R	PIANDERLINO	Resti di insediamento rurale di Età Romana sulla strada da Genova, per Bavi, a Piacenza
795	ME	F	CASTELLARO DI SANTEUSEBIO	Morfologia di insediamento arroccato preromano
796	ME	F	CASTELLUZZO DI MOLASSANA	Castello altomedievale del Vescovo a controllo della Curia di Molassana e della strada da Genova a Piacenza per San Siro di Stuppa, nella sponda destra del Bisagno
797	ME	F	CASTELLARO DI MOLASSANA	Insediamento arroccato pre-romano
799	ME	I	LENCISA	Valico della mulattiera medievale di cinale che univa la costa all'alta valle del Verde
1104	ME	F	MONTE BASTIA	Morfologia tipica di insediamento militare tardomedievale
1103	ME	I	TORRAZZA	Valico tra la Val Bisagno e la Val Polcevera all'incrocio con la strada di cinale da Genova per il passo Orero
1102	ME	R	CIAN DELLE CROSE	Tracce archeologiche di insediamento tardo antico
800	ME		VILLA TOMATI	
809	ME	A	FORNACI	Grandi fornaci da caffè del sec. XVIII
810	ME	V	VILLA ASPIONATI-MARSELLO	Villa Asplonati-Marsello a Coronata
811	ME	S	SANTUARIO	Santuario e oratorio di Coronata
812	ME		PALAZZO DURAZZO-BOMBRINI	Palazzo Durazzo Bombrini a Comigliano
813	ME	S	MADONNA DEL GAZZO	Santuario d'Età Moderna, in posizione dominante
814	ME	S	ABAZIA DI CORNIGLIANO	Abazia di Comigliano
815	ME	S	CONVENTO	Boschetto di Comigliano, convento
817	SME	F	FORTE BELVEDERE	Fortè Belvedere
818	SME	F	FORTE CROSETTA	Fortè Crocetta
819	SME	F	FORTE BEGATO	Fortè Begato
820	SME	F	FORTE SPERONE - FORTE TENAGLIA	Fortè Sperone - Fortè Tenaglia
821	SME	F	CASTELLACCIO	Torre della Specola
822	ME	F	TORRE DI S. BERNARDINO	Torre di S. Bernardino
823	SME	F	FORTE FRATELLO MINORE	Fortè Fratello Minore
824	ME	V	VILLA CAMBIASO	Villa Cambiaso a Maneseno
825	ME		VILLA NEGRONE-DURAZZO	Villa Negrone-Durazzo a Pino Sottano
826	SME	R	INSEDIAMENTO	Insediamento protostorico di altura
828	SME	F	FORTE RATTI	Fortè Ratti
829	SME	F	FORTE RICHELIEU	Fortè Richelieu
830	SME	F	TORRE QUEZZI	Torre Quezzi
831	SME	F	FORTE QUEZZI	Fortè Quezzi
832	SME	F	FORTE DI S. TECLA	Fortè di S. Tecla
833	ME		VILLA BOCCANEGRA	Villa Boccanegra restaurata nel 1600
834	ME		VILLA	Villa con cappella del quattrocento
835	ME	F	FORTE S. MARTINO	Fortè S. Martino

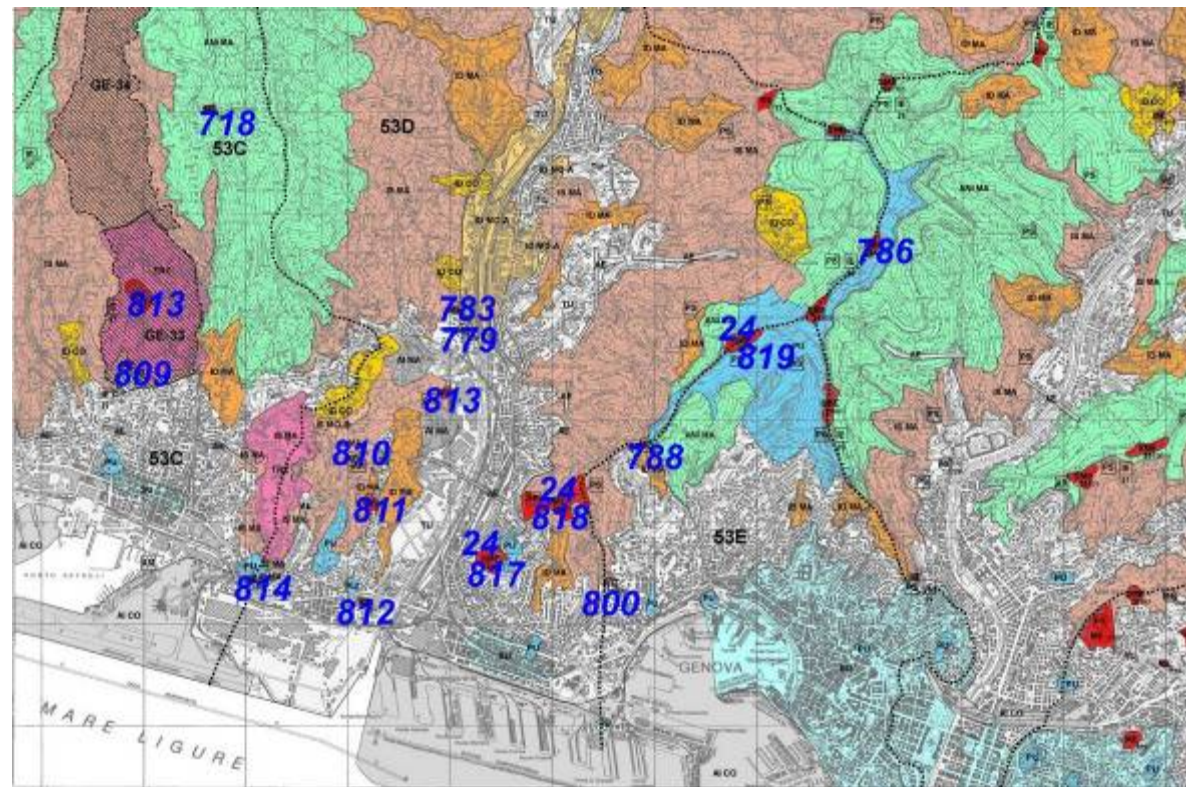


Figura 10-2 P.T.C.P. – Assetto Insediativo – Particolare Tavole 16 con evidenziati i manufatti emergenti

Per quanto riguarda l'assetto Geomorfologico (cfr. tavola MAM-C-QPRM-003), le aree di cantiere dell'opera in progetto interessano solo le zone soggette a regime normativo di Modificabilità di tipo B, che «si applica in tutte le parti del territorio non assoggettate ai regimi normativi di cui ai restanti articoli»⁴⁹.

Inoltre, il torrente Polcevera, su cui insistono lo slurrydotto e la pista di montaggio delle frese, rientra nelle seguenti categorie: MO-B (modificabilità di tipo B). L'area dell'opera a mare non rientra nelle perimetrazioni del PTCP. L'adiacente area aeroportuale è invece classificata, anch'essa, come MO-B e si prevede la trasformazione per la piana di fondovalle.

⁴⁹ PTCP, Norme di attuazione, art. 67 co. 1

Per quanto riguarda l'assetto Vegetazionale (cfr. tavola MAM-C-QPRM-004), la quasi totalità dei cantieri industriali ricade nelle zone classificate come Coltive – Insediamenti sparsi serre (COL ISS), le quali sono assoggettate alla disciplina dell'articolo 60 e non alle disposizioni del Capo relativo all'assetto vegetazionale⁵⁰.

Solo il CI.06 ricade nelle zone classificate come Boschi di Angiosperme termofile a regime di consolidamento (BAT-CO) e praterie termofile a regime di Trasformazione (PRT-TRZ-BAT).

Per tutti i cantieri d'imbocco, le tipologie di zone interessate sono le seguenti:

- Boschi di angiosperme a regime di Consolidamento;
- Boschi di angiosperme termofile a regime di Consolidamento;
- Praterie termofile a regime di Trasformazione.

In breve, per quanto riguarda le disposizioni relative ai boschi, il regime di Consolidamento «si applica nelle parti del territorio parzialmente o totalmente boscate, nelle quali le condizioni dello strato arboreo, pur essendo accettabili sotto il profilo delle essenze dominanti, siano invece nel complesso insoddisfacenti per quanto riguarda la percentuale d'esemplari d'alto fusto ed il vigore vegetativo o nelle quali l'estensione della superficie boscata sia insufficiente in rapporto alle esigenze di presidio idrogeologico»⁵¹. In tal caso l'obiettivo della disciplina è quindi quello di «favorire l'incremento della superficie boscata e/o di migliorare il livello qualitativo sotto i profili delle funzioni ecologiche, della produttività e della fruibilità ricreativa»⁵².

Per quanto attiene le disposizioni relative alle praterie, il regime di Trasformazione concerne quelle «parti del territorio occupate da praterie il cui sfruttamento economico comporta pratiche dannose sotto il profilo ecologico o comunque dà luogo ad effetti negativi per l'integrità idrogeologica dei versanti»⁵³.

Sulla base di tali risultanze ed in considerazione che i regimi normativi di Consolidamento e di Trasformazione si applicano rispettivamente laddove «i fattori di caratterizzazione paesistica sono incerti» e «non vi sono prevalenti interessi di tutela paesistica e/o situazioni gravemente compromesse», è possibile concludere che le aree utilizzate nella collocazione delle opere di cantiere non sono certamente rappresentative di quei «valori emergenti»⁵⁴ che, secondo la disciplina PTCP, non devono essere interessate dai tracciati delle nuove grandi infrastrutture al fine di conseguire l'ottimizzazione dell'intervento con il sistema di valori del Piano e dei suoi contenuti.

Inoltre, il torrente Polcevera, su cui insistono lo slurrydotto e la pista di montaggio delle frese, rientra nelle seguenti categorie: COL ISS MA (coltivate – insediamenti sparsi serre di mantenimento).

L'area dell'opera a mare non rientra nelle perimetrazioni del PTCP. L'adiacente area aeroportuale è invece classificata, anch'essa, come COL ISS MA.

10.2.2 Lo stato dei vincoli

Per quanto riguarda i Beni culturali di cui all'art. 10 del D.Lgs 42/2004, già L. 1089/1939, interessati dalle aree di cantiere industriale, l'unica situazione evidenziata riguarda l'area di cantiere industriale "imbocco frese" (CI.13), che incorpora il vincolo Palazzo Pareto (Codice Monumentale 02-013), situato in via al Santuario N.S. della Guardia n° 82-84 (cfr. paragrafo 10.2.2.1).

Relativamente ai cantieri di imbocco, alle viabilità di servizio ed alle opere connesse di cantierizzazione, nessuno di questi risulta prossimo né interessa aree tutelate ai sensi dell'art. 10.

Relativamente ai Beni paesaggistici oggetto di tutela in virtù di provvedimenti impositivi, e segnatamente alle cosiddette bellezze "individue" o singole di cui alle lettere a) e b) dell'art. 136 D.Lgs. 42/2004, nessuno di detti beni risulta interessato dalle aree di cantiere industriale, dalle viabilità di servizio e dalle opere connesse di cantierizzazione.

Per quanto invece attiene i cantieri di imbocco, si rileva l'esistenza di una sola situazione di interessamento di area vincolata, corrispondente all'area del cantiere d'imbocco della galleria Delle Grazie (CI 23), che difatti ricade parzialmente all'interno dell'area vincolata "Terreni presso la Villa Brignole Sale" (DM 18.12.1929 Codice vincolo 070583) (cfr. paragrafo 10.2.2.2).

Per le bellezze "d'insieme" di cui alle lettere c) e d) del citato articolo 136, si segnala che l'area del cantiere industriale "demolizione elicoidale" (CI.05) e la VS10 ricadono parzialmente nella zona soprastante il piazzale belvedere nel comune di Genova - Sampierdarena classificata "bellezza di insieme" (DM 21/12/1956, codice vincolo 070195).

Per quanto infine attiene le aree soggette a vincolo paesaggistico ope legis, in forza cioè di quanto disposto dall'art. 142 del DLgs 42/2004, già L. 431/1985, la totalità di quelle che sono interessate dalle aree di cantiere industriale e di imbocco riguarda i seguenti beni:

- "territori costieri compresi in una fascia di profondità di 300 metri dalla linea di battigia relativa ai territori costieri" (art. 142 lettera a);
- "corsi d'acqua e relative sponde e piedi degli argini per una fascia di 150 metri" (art. 142 lettera c);
- "territori coperti da foreste e da boschi" (art. 142 lettera g).

Il quadro complessivo delle aree di cantiere industriale e di quelle di cantiere di imbocco in relazione ai beni culturali e paesaggistici risulta il seguente (cfr. Tabella 10-10 e Tabella 10-11).

⁵⁰ PTCP, Norme di attuazione, art. 69 co. 3

⁵¹ PTCP, Norme di attuazione, art. 72 co. 1

⁵² PTCP, Norme di attuazione, art. 72 co. 2

⁵³ PTCP, Norme di attuazione, art. 76 co. 1

⁵⁴ PTCP, Norme di attuazione, art. 32 co. 2

Tabella 10-10 Cantieri industriali e beni culturali e paesaggistici

<i>Cantieri industriali</i>	<i>Categoria beni</i>	<i>Tipologia bene</i>
CI.01 (1)	Paesaggistico	Art.142 lett. g) Boschi
		Art.142 lett. a) Fascia costiera
CI.01 (2)	Paesaggistico	Art.142 lett. g) Boschi
		Art.142 lett. c) Corsi d'acqua
CI.02	Paesaggistico	Art.142 lett. a) Fascia costiera
		Art.142 lett. g) Boschi
CI.03	Paesaggistico	Art.142 lett. a) Fascia costiera
CI.04	Paesaggistico	Art.142 lett. a) Fascia costiera
	Nessun vincolo	
CI.05	Paesaggistico	Art. 136
	Paesaggistico	Art.142 lett. g) Boschi
CI.06	Paesaggistico	Art.142 lett. g) Boschi
	Nessun vincolo	
CI.07	Paesaggistico	Art.142 lett. g) Boschi
	Nessun vincolo	
CI.08	Nessun vincolo	
CI.09	Nessun vincolo	
CI.10	Nessun vincolo	
CI.11	Nessun vincolo	
CI.12	Nessun vincolo	
CI.13	Paesaggistico	Art.142 lett. g) Boschi
	Culturale	Puntuale (n. 2-013)
	Nessun vincolo	
CI.14	Nessun vincolo	
CI.15	Nessun vincolo	
CI.16	Nessun vincolo	
CB.01	Paesaggistico	Art.142 lett. g) Boschi

Tabella 10-11 Cantieri di imbocco e beni culturali e paesaggistici

<i>Codice</i>	<i>Cantiere d'imbocco</i>	<i>Categoria Bene</i>	<i>Tipologia bene</i>
CI 17	BORGONUOVO lato SV	paesaggistico	Art. 142 lett. g) Boschi
CI 18	BORGONUOVO lato GE	paesaggistico	Art. 142 lett. g) Boschi
CI 19	BRIC DEL CARMO lato Sud	paesaggistico	Art. 142 lett. g) Boschi
		paesaggistico	Art. 142 lett. a) costa
CI 20	VOLTRI lato SV	paesaggistico	Art. 142 lett. g) Boschi
CI 21	VOLTRI lato GE	paesaggistico	Art. 142 lett. g) Boschi
		paesaggistico	Art. 142 lett. c) Corsi d'acqua
CI 22	CIOCIA lato AL	Nessun vincolo	
CI 23	DELLE GRAZIE lato Sud	paesaggistico	Art. 136 -"Terreni presso la villa Brignole Sale" (DM 18.12.1929 Codice vincolo 070583)
CI 24	AMANDOLA lato SV	paesaggistico	Art. 142 lett. g) Boschi
		paesaggistico	Art. 142 lett. c) Corsi d'acqua
CI 25	AMANDOLA It. GE	paesaggistico	Art. 142 lett. g) Boschi
CI 26	MONTE.ROSSO It. SV	paesaggistico	Art. 142 lett. g) Boschi
CI 27	Area Cantieri Torbella	paesaggistico	Art. 142 lett. g) Boschi
CI 27	FORTE DIAMANTE S.ROCCO POLCEVERA	paesaggistico	Art. 142 lett. g) Boschi
CI 28	BRIC DU VENTO BACCAN E POLCEVERA	paesaggistico	Art. 142 lett. g) Boschi
CI 29	MONTESPERONE lato LI	Nessun vincolo	
CI 30	GRANAROLO LATO GE	paesaggistico	Art. 136 - Bellezze individue
CI 31	MORO 1 E MORO 2 LT GE AEROPORTO	paesaggistico	Art. 142 lett. g) Boschi
CI 29	CAMPURSONE lato NORD	Nessun vincolo	
CI 29	CAMPURSONE lato SUD	paesaggistico	Art. 142 lett. g) Boschi
CI 32	MOREGO lato A7 Direzione MI	paesaggistico	Art. 142 lett. g) Boschi
CI 32	MOREGO lato A7 Direzione GE	paesaggistico	Art. 142 lett. g) Boschi

Sempre nell'ambito delle aree soggette a vincolo paesaggistico ope legis, le viabilità di servizio che ricadono sia nelle zone di tutela definite alla lettera c "corsi d'acqua e relative sponde e piedi degli argini per una fascia di 150 metri" che nella zona di tutela definita alla

lettera g “territori coperti da foreste e da boschi” sono la VS.02, VS.04, VS.06, mentre 4 viabilità di servizio ricadono solo nella zona di tutela definita alla lettera g.
 Nessuna area è invece interessata da tutele definite alla lettera a “territori costieri compresi in una fascia di profondità di 300 metri dalla linea di battigia” (cfr. **Tabella 10-12**).

Tabella 10-12 Piste di cantiere e beni del patrimonio culturale

Viabilità di servizio	Categoria beni	Tipologia bene
VS.02	paesaggistico	142 lett. g) Boschi; lett c) Corsi d'acqua
VS.03	paesaggistico	142 lett. g) Boschi
VS.04	paesaggistico	142 lett. g) Boschi; lett c) Corsi d'acqua
VS.05	paesaggistico	142 lett. g) Boschi
VS.06	paesaggistico	142 lett. g) Boschi; lett c) Corsi d'acqua
VS.07	paesaggistico	142 lett. g) Boschi
VS.09	paesaggistico	142 lett. g) Boschi
VS.10	paesaggistico	Bellezze d'insieme

10.2.2.1 L'area di Bolzaneto e Palazzo Pareto

Nell'area di Bolzaneto si evidenzia la presenza di Palazzo Pareto il quale, costituendo un esempio delle ville borghesi di campagna sviluppatesi all'intorno dell'area urbana di Genova a partire dal XIV secolo, è stato vincolato ai sensi del D.Lgs 42/2004 art. 10, già L. 1089/1939. L'interesse storico artistico è stato dichiarato sia con riferimento al manufatto che alle relative pertinenze.

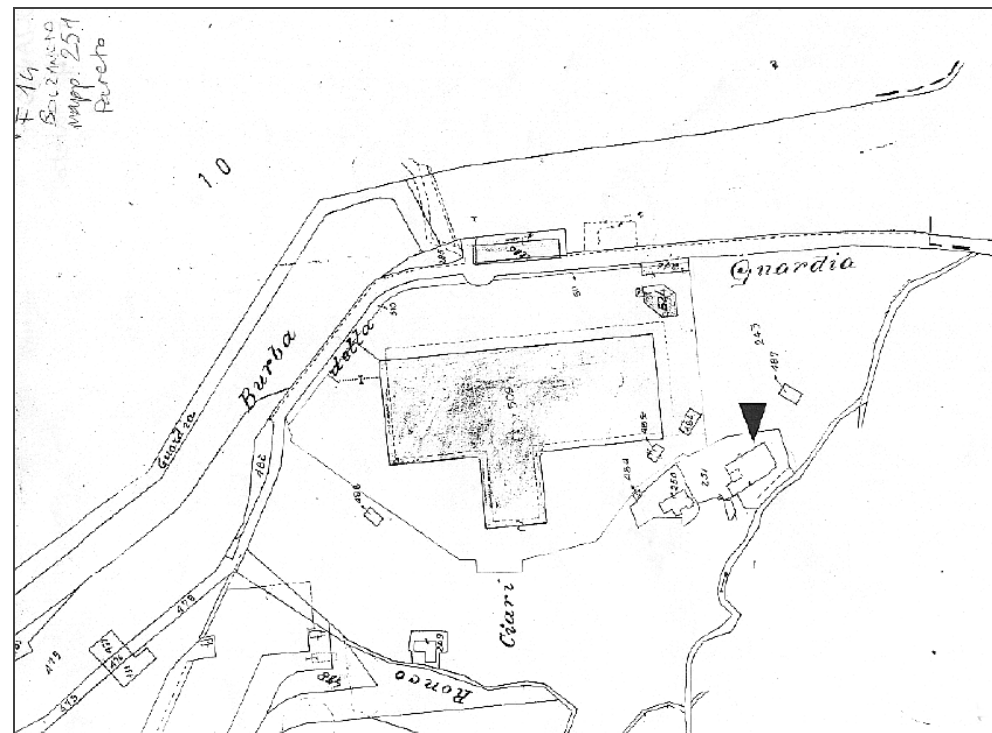


Figura 10-3 Palazzo Pareto – stralcio foglio catastale

L'edificio ha in sé le tipologie architettoniche legate ai diversi momenti costruttivi che lo hanno caratterizzato: il corpo centrale è riconducibile alla prima fase settecentesca, mentre risalente probabilmente all'Ottocento sono la costruzione di due ali più basse, che hanno affiancato il volume originario formando una corte posteriore, e l'aggiunta di un piccolo edificio in stile neogotico a lato del manufatto.

L'edificio neogotico, realizzato probabilmente dai Pareto, è costituito da un basso volume a pianta rettangolare con copertura piana e apertura ad arco, sormontato da una torretta merlata. Il volume settecentesco ha una copertura a quattro falde sulla quale si innalza un lanternino in corrispondenza dell'asse di simmetria principale; la struttura è in legno, il manto in abbaini di ardesia.



Figura 10-4 Palazzo Pareto, primi del '900

L'originario carattere nel quale si inseriva il bene ed in cui questo trovava la sua funzione di villa suburbana è mutato in modo sostanziale, così come peraltro evidenziato dalla stessa relazione storico-artistica della Soprintendenza per i Beni architettonici e per il Paesaggio della Liguria, nella quale, avendo precedentemente evidenziato come «con l'espansione urbana che segue la rivoluzione industriale quasi tutti gli esempi di villa perdono le loro connotazioni urbanistiche», si afferma che «le ville che più hanno sofferto sono quelle del gruppo sampierdarenese e della bassa Valpocevera, quando questi sobborghi hanno assunto la definitiva ed esasperata fisionomia di insediamenti industriali o commerciali ed i grandi complessi architettonici sono diventati magazzini, pastifici, oleifici, concerie, depositi di legnami, stazioni di carabinieri, oppure, più semplicemente, sono stati lasciati in abbandono»⁵⁵.

⁵⁵ Relazione storico artistica, pag. 2

Le circostanze descritte rispondono in pieno alle vicissitudini occorse a Palazzo Pareto che, persa l'originaria destinazione d'uso ed adibito a deposito di materiali di risulta, versa oggi in «uno stato di forte degrado»⁵⁶, al punto tale che, sebbene l'oggetto del vincolo sia identificato come “Palazzo Pareto poi Bruzzo con pertinenze”, come sottolinea la stessa relazione storico-artistica, «oggi bisogna in realtà parlare di Palazzo con pertinenze – residue – essendo stato il contesto complessivamente stravolto dagli insediamenti industriali»⁵⁷.

In buona sostanza, per descrivere il livello di compromissione del bene tutelato e, conseguentemente la sua valenza sotto il profilo architettonico e storico-testimoniale è possibile fare riferimento ancora una volta alla citata relazione storico-artistica la quale afferma «se della maggior parte [delle ville] rimane la sopravvivenza fisica, ciò non significa affatto buono stato di conservazione, che è tale soltanto quando la destinazione d'uso è rimasta molto vicina a quella originaria»⁵⁸.

Di tale circostanza danno efficacemente conto le immagini seguenti dalle quali è possibile comprendere come le condizioni che sussistevano alla base dell'apposizione del vincolo, oggi non trovino più riscontro nello stato di conservazione e, soprattutto, a seguito delle trasformazioni apportate (cfr. da **Figura 10-5** a **Figura 10-8**).



Figura 10-6 Palazzo Pareto - Esterni



Figura 10-5 Palazzo Pareto - Esterni



Figura 10-7 Palazzo Pareto - Esterni

⁵⁶ Relazione storico artistica, pag. 3

⁵⁷ Relazione storico artistica, pag. 2

⁵⁸ Relazione storico artistica, pag. 2



Figura 10-8 Palazzo Pareto - Interni

10.2.2.2 L'area di Voltri e il parco di Villa Duchessa di Galliera (Brignole Sale)

L'area di Voltri si connota, dal punto di vista dei beni storico-testimoniali, per la presenza del parco della Villa Duchessa di Galliera Brignole Sale che sorge ai piedi del colle di Castellara. Il nome della Villa "Duchessa di Galliera" si riferisce all'ultima nobile proprietaria, ma, per sua volontà testamentaria, il nome di questo luogo doveva essere "Brignole-Sale", ovvero il nome della famiglia che l'aveva posseduta per tanti secoli.

La villa fu edificata nel 1600 circa per volere del doge Giulio Sale, fondatore della casata dei Brignole-Sale, oggi estinta. Nel 1868 la villa passò in eredità a Ludovico Melzi duca d'Eryl, che vi rimase fino al 1882, quando subentrarono le suore Marcelline di Milano che aprirono a Genova un educando femminile.

Alla fine dell'800 fu aggiunta al complesso una volumetria funzionale alle nuove esigenze scolastiche. In seguito ai danni riportati durante la seconda guerra mondiale, la villa fu parzialmente ricostruita sotto la guida della Soprintendenza ai Beni architettonici della Liguria.

Ad un edificio principale parallelepipedo si collegano due ali. La parte storica è composta dal corpo centrale e dall'ala meridionale.

Il fronte principale si affaccia su un cortile su cui si trova uno splendido giardino all'italiana (cfr. Figura 10-9).



Figura 10-9 Il giardino all'italiana della Villa Brignole Sale Duchessa di Galliera

All'interno del corpo centrale è l'atrio monumentale, il cui effetto scenografico viene ampliato sul prospetto dalle due rampe contrapposte che conducono al piano nobile: qui, dal loggiato, si accede al salone delle feste, in stile rococò, ampiamente rimaneggiato nel dopoguerra.

Il parco della villa, attualmente adibita dal comune a parco urbano, è costituito da una parte a giardino, nei dintorni della villa, con elementi botanici classici dei giardini dell'epoca, quali cedri, cipressi, ippocastani, magnolie, e palme con innesti di vegetazione tipica ligure quali pini marittimi e lecci, ed un'altra parte tipicamente agricola con olivi e alberi da frutto e abitazioni contadine.

Il parco si compone essenzialmente di tre parti: una a giardino, una a bosco e la terza a prato, attraversati da 18 km circa di viali. La parte a giardino si estende alle pendici della collina del Belvedere che comprende alcune terrazze degradanti, oltre al grande giardino all'italiana. In questa zona si possono osservare camelie, palme, platani, magnolie, cipressi, tassi ed agavi. I terrazzamenti invece sono coltivati a roseto. Nella parte occidentale della Villa si incontra anche la canfora dalla quale viene estratto il noto prodotto, mentre un po' dovunque è possibile trovare piante di alloro.

L'attuale conformazione all'inglese del parco è dovuta alla Duchessa di Galliera Maria Brignole Sale che ne affidò, nel 1876, la progettazione all'architetto Giuseppe Rovelli. Il nuovo assetto del parco venne inaugurato nel 1880 e da allora il suo impianto generale è rimasto invariato.

Partendo dal Giardino all'Italiana, percorrendo il viale alla destra del corpo rialzato e proseguendo su un lungo viale alberato si arriva al Piazzale delle Grotte.

Gli elementi posti nella valletta, formata ad anfiteatro come per una rappresentazione teatrale, sembrano proporre le tappe di un viaggio che evoca lo spirito della Divina Commedia di Dante.

Così l'arco posto all'inizio della Valletta (cfr. **Figura 10-10**) rappresenta l'entrata al mondo degli inferi; allusione rafforzata, un tempo, dalla presenza di una lonza (scambiata per un leone dai popolani voltresi), "citazione" marmorea di quella dantesca.



Figura 10-10 L'arco posto all'ingresso della Valletta del Leone

Un'urna cineraria con dedica a Dante del poeta Gabriello Chiabrera sembra confermare l'ipotesi che la sistemazione del luogo voglia alludere al viaggio poetico agli inferi. Unico elemento in contrasto con questa atmosfera è la latteria, immancabile in tutti i parchi dopo la moda lanciata da Maria Antonietta al Trianon e che non cessò di essere seguita anche in epoca romantica.

Costruita come una baita svizzera in miniatura, vi si gustava il latte prodotto dalle masserie all'interno del parco (la latteria non resta un fatto a sé: in una valletta ai margini del parco esiste una casa in stile tirolese - cfr. **Figura 10-11**).



Figura 10-11 La Latteria

Ancora nella Valletta del leone si trova un piccolo tempietto a grotta denominato Grotta dell'Eremita le cui colonne e piccoli archi gotici appartenevano alla demolita chiesa di S. Francesco in Castelletto.



Figura 10-12 Resti di una grotta nella Valletta del Leone

Oltrepassata questa zona si trovano due piccole cascate. Usciti dal bosco di ippocastani si arriva ad una dipendenza che porta il blasone dei Brignole Sale. Si apre qui uno spazio ampio, cintato: accoglie dal 1960 una colonia di daini e di caprette maltesi. Nel recinto si trova una delle più grandi vasche del parco, ora ridotta ad abbeveratoio. Da qui si può percorrere il Viale degli Olivi che vanta esemplari secolari. Immersa in questo ambiente c'è la Fortezza che risale al 1320 circa, anno in cui Anfreone Spinola costruì le mura di Voltri. Poco più in là uno scorcio pittoresco: il Belvedere. L'area apparteneva precedentemente ad un altro parco, quello di palazzo Giustiniani. Con l'inglobamento nel suo nuovo complesso, la Duchessa di Galliera fece rimodellare la zona. Il Belvedere presenta due costruzioni: il castello segue la tipologia della costruzione neogotica inglese, sotto alla costruzione una grande grotta, che può essere percorsa, sviluppa giochi d'acqua con una cascata di 7 metri. Il caffè è una costruzione di dimensioni ridotte la cui funzione è indicata dal nome stesso. Sta alla base dei salti delle cascate del castello. Scendendo alle terrazze poste alle spalle del palazzo si giunge al Ninfeo. Qui sono le statue di Bacco e di Davide Vincitore dello scultore Guglielmo Della Porta, 1530 circa. Presso il ninfeo si trova una seconda fontana detta del Putto che cavalca una murena di epoca ignota. Poco avanti si trova la statua bifronte del Puget che raffigura da una parte la Madonna, dall'altra S. Antonio col Bambino. Da qui si ritorna al giardino all'italiana. Subito fuori dai due dei cancelli del parco vi sono due chiese, in basso, il convento San Francesco, ora in disuso, e in cima alla collina il Santuario Madonna delle Grazie (intitolato anche a san Nicolò), tra i più antichi della Liguria. Le origini del Santuario risalgono, per alcuni studiosi al 67 d.C, rappresentando, in tal modo, la più antica pieve del ponente genovese; ma un'epigrafe del 1676 ne sposterebbe la datazione al 343 d.C.

10.2.3 Le unità di paesaggio

Partendo dalla complessità dei segni e delle relazioni che rappresentano la struttura del paesaggio, l'assunzione della categoria di lettura delle "unità di paesaggio" ha permesso di arrivare alla sua rappresentazione come insieme di ambiti territoriali ognuno dei quali può essere distinto per forme, regole aggregative e funzioni che sono giudicate come definite e costanti ed in cui le differenziazioni interne possono considerarsi trascurabili.

Le "unità di paesaggio" possono essere, pertanto, intese come una categoria di analisi attraverso la quale risulta possibile ridurre la complessità dell'ambito indagato e restituirne un'interpretazione semplificata che consenta di comprendere la struttura e gli elementi identitari del territorio analizzato.

La costruzione delle unità di paesaggio costituisce pertanto un'operazione di scomposizione del paesaggio e di riordino dei diversi elementi naturali ed antropici che lo determinano.

In tal senso, sono state individuate otto unità di paesaggio, così definite (cfr. elaborato grafico MAM-I-QAMB-PAE-004 Carta delle Unità di paesaggio):

- 1 La collina urbanizzata sul mare
- 2 La città di costa
- 3 Il mare costruito
- 4 L'entroterra rurale
- 5 Le valli incise
- 6 Le valli urbanizzate
- 7 La città in trasformazione
- 8 Le fortificazioni del sistema centrale

La collina urbanizzata sul mare

L'ambito di studio si chiude ad ovest sulle estreme propaggini del Monte Tardia e del Monte Pennone che si tuffano a mare in corrispondenza dell'abitato di Crevari, piccola concentrazione che si sviluppa alle spalle di Voltri.

I rilievi denominati Bric Batagin e Villon sono i riferimenti dei crinali secondari che scendono fino al mare, formando scogliere elevate. Vesima, che si sviluppa alla base ovest di tali rilievi, si configura, più che come un vero centro abitato, come un aggregato di edificato sparso sul versante collinare prospiciente il mare.

L'unità di paesaggio comprende il tratto di costa da Vesima fino a Crevari estendendosi verso l'interno fino ai Bric Brigna e degli Uccelli; in questo ambito si possono riconoscere tre paesaggi identitari: il più estensivo è quello di crinale che comprende la parte alta dell'area, poi c'è il sistema a matrice rurale che si sviluppa tra Vesima e Crevari, occupando anche la zona a nord-ovest di Vesima ed infine il versante sud e la fascia pedecollinare che comprende Vesima.

In questo tratto i modestissimi spazi di costa sono totalmente occupati dalla viabilità storica della S.S.1 Aurelia e da tratti ferroviari lungo i quali si attestano edifici residenziali; l'autostrada esistente si sviluppa a mezza costa, in posizione elevata, su lunghi viadotti intervallati da brevi gallerie.

Si tratta di un ambito paesistico di notevole valore con suggestive ed ampie viste panoramiche sul mare e sulla città di Genova, raramente fruibili per la limitatezza delle viabilità pubbliche presenti. È un sistema estremamente acclive, tipologicamente articolato

in due fasce: di versante che scende a picco sul mare e di crinale che forma la cornice a monte. Il versante prospiciente il mare, in cui dominano poche residenze storiche, della tipologia a villa con una folta vegetazione arborea, forma il proseguimento del paesaggio di matrice rurale che circonda Crevari più ad est.

Proprio la stretta striscia di versante che si affaccia sul mare, delimitata a monte dall'autostrada, si configura come il contesto paesaggistico di maggior interesse. Il carattere di "naturalità" che si percepisce percorrendo questo tratto, peraltro totalmente strutturato dall'attività antropica, è dovuto alla folta e rigogliosa vegetazione entro cui sono immerse le sporadiche costruzioni, che quindi risultano poco visibili, e dall'immediata vicinanza del mare che in questo tratto affianca la strada Aurelia. L'attuale autostrada costituisce un limite percettivo quasi incombente che non consente di apprezzare la parte alta del versante.

La città di costa

La fascia litoranea che va da Voltri a Cornigliano, attraversata dalla strada consolare, è divenuta una vera e propria città lineare; sviluppandosi alla base della collina, ha, infatti, formato un continuum di edificato, infrastrutture e servizi da Voltri giungono fino al centro storico della città di Genova. Questa unità di paesaggio identifica un ambito specificatamente urbano in cui, sebbene siano presenti elementi puntuali di valore e scorci rilevanti, tuttavia, la percezione d'insieme non restituisce una immagine di particolare interesse paesaggistico.

Ad eccezione di due brevi tratti nella zona di Voltri e Pegli, il rapporto con il mare è quasi totalmente assente, in quanto il restante tratto costiero risulta, di fatto, schermato dalle infrastrutture ferroviarie, dalle strutture dei porti merci e dall'aeroporto.

Nel tratto da Voltri a Palmaro, il sistema insediativo, caratterizzato da tipologie miste con residenze ed edifici specialistici e di servizio, è fortemente infrastrutturato dalla presenza di ferrovie, strada di scorrimento ed autostrada con relativi svincoli; da qui fino a Sestri Ponente, il tessuto insediativo ha carattere prevalentemente residenziale.



Figura 10-13 Elementi infrastrutturali ed edificazioni lungo la costa

Questa stretta striscia pianeggiante, se da un lato non dialoga con il mare, dall'altro entra in relazione, sia da un punto di vista funzionale che percettivo, con le pendici collinari che la delimitano a nord e le valli trasversali che si dipartono sempre verso nord. È infatti in

queste direzioni che l'insediamento urbano trova la sua prosecuzione insinuandosi nei fondovalle e risalendo i versanti fin ben oltre le sommità.

Gli elementi di qualificazione del paesaggio possono essere percepiti solo attraverso una fruizione mirata e lenta, infatti numerose sono le presenze di ville e parchi storici (come l'orto botanico di Pegli) che però non emergono dal contesto generale se non in qualche rara situazione. La mancanza di rapporto con il mare è forse una delle problematiche principali che scelte urbanistiche recenti stanno tentando di risolvere per ricucire una identità storica persa nello sviluppo economico della seconda parte del 1900.

Il mare costruito

La carenza di suolo insita nella struttura della costa genovese ha fatto sì che gli ampliamenti del sistema portuale storico si sono sviluppati mediante riempimenti in mare con il recupero di ampie banchine utilizzate sia per i porti commerciali e merci, sia per l'aeroporto. Tali scelte, oltre ad alterare permanentemente il disegno della costa, hanno totalmente distaccato la città dal proprio fronte a mare; infatti l'attuale normativa di sicurezza, equipara tali infrastrutture a zone militari, dotate di recinzioni invalicabili e non accessibili alla pubblica fruizione. La totale separazione fisica non corrisponde alle relazioni che esistono tra città e scali a mare; il porto infatti è la principale risorsa economica del centro urbano e come tale, intorno ad esso ruota l'organizzazione economica e turistico/commerciale. Le relazioni sono quindi di tipo funzionale, interessando la mobilità e soprattutto l'assetto percettivo del paesaggio. Pur non essendo fruibili, sia il porto che l'aeroporto, essi sono fortemente relazionati con la parte alta della città e con il sistema collinare che la circonda, influenzandosi reciprocamente con gli elementi che svettano al di sopra del tessuto compatto. Inversamente porto e aeroporto costituiscono luoghi panoramici d'eccellenza per i fruitori, offrendo visioni panoramiche della città di notevole qualità, dai mezzi di trasporto che si allontanano dalla costa – navi ed aerei-. Il sistema infrastrutturale del mare costituisce, quindi, un paesaggio formalmente caratterizzato da situazioni di estremo degrado; se, da un lato, è dotato di un elevato valore percettivo nei confronti della città quale punto di vista privilegiato, contestualmente accoglie in sé elementi detrattori di qualità paesaggistica per chi osserva il mare da terra.

L'entroterra rurale

Dalle colline sovrastanti Voltri a quelle immediatamente sopra Pegli, dal Bric Brigna al Bric delle Monache, la porzione di territorio, posta a monte della città di costa, è caratterizzata da un'alternanza di crinali e valli minori, tutte con andamento prevalentemente nord/sud. Morfologicamente questa unità di paesaggio, insieme alle colline estrattive ed i crinali con le fortificazioni, forma l'arco collinare che racchiude la città di Genova e ne rappresenta anche la quinta scenografica entro cui si articolano le funzioni urbane.

Si tratta di un ambito estremamente variegato in cui si passa dagli assetti sub-naturali delle formazioni boscate e dei prati-pascoli a nord, fino al sistema delle colline urbanizzate, attraversando gli ambiti delle colture terrazzate di matrice rurale.

L'unitarietà dell'ambito deriva, oltre che dalla struttura morfologica, dalla capacità di comprenderlo in modo omogeneo alla grande scala; nell'insieme, infatti, non si percepiscono le diversità locali che lo caratterizzano. Ad una scala di dettaglio, i rapporti di percezione del paesaggio sono legati ad una fruizione lenta, spesso corrispondente alla percorrenza pedonale ed escursionistica.

I torrenti Cerusa e Leiro, definiscono un ampio sistema vallivo alle spalle di Voltri in cui i terrazzamenti a muretti e ciglioni rappresentano ancora una realtà colturale in funzione,

con piccoli centri abitati ed edilizia sparsa a limitata diffusione, intervallati da ampie zone boscate che si spingono fino a ridosso della collina urbanizzata. Il paesaggio rurale si esplica in forme di notevole interesse e buono stato di conservazione.



Figura 10-14 Insedimento moderno di crinale a Caneva e l'alta valle del torrente Leiro

Procedendo verso est si incontra un altro solco vallivo, quello del torrente Branega, che presenta caratteri meno insediati, con i versanti che risalgono fino ai Monte Amandola e Bric Fagaccia, a prevalente copertura boschiva, contribuendo, in tal modo, alla definizione di un assetto sub-naturale. Le piccole valli dei rii S.Pietro e S.Antonio, che seguono quella del torrente Branega, formano un'enclave di paesaggio rurale con presenza cospicua di agricoltura produttiva ed insediamento diffuso alternato a formazioni boscate.

L'attuale tracciato autostradale ha, in questo ambito, un ruolo fortemente caratterizzante, dovuto principalmente ai viadotti che si sviluppano a quote molto elevate per collegare i versanti opposti di vallate incise, con tracciati spesso arditamente curvilinei: nelle vedute d'insieme si percepiscono come elementi lineari semi/integrati con il paesaggio; diversi appaiono nella fruizione locale, dove le opere strutturali incombono sul paesaggio locale.

Questa unità di paesaggio, nella parte prospiciente il mare, è caratterizzata dalla presenza di insediamenti urbani che risalgono il versante, spesso fino alla sommità; gli insediamenti compatti rientrano nella città di costa mentre gli interventi unitari, spesso recenti, sono inseriti nell'entroterra rurale. Tale scelta è motivata dal fatto che questi insediamenti, pur avendo uno sviluppo consistente, soprattutto in elevazione, tipologicamente permangono nell'ambito rurale; costituiscono vere e proprie isole residenziali immerse nel paesaggio rurale che, con i loro caratteri architettonici, creano un forte contrasto con il paesaggio circostante anche per la posizione, sovente di crinale (es. quartiere Caneva, le "lavatrici" di Caneva e Pegli 2).

Le valli incise

Le valli successive dei torrenti Varenna e Chiaravagna possono essere definite come paesaggi nascosti: sono valli incise con imbocchi molto stretti, quasi serre, e svelano alla percorrenza interna paesaggi totalmente differenti dai contesti circostanti. Lungo i corsi d'acqua si sviluppano gli opifici di lavorazione delle pietre, in alcuni casi occupano quasi l'intera ampiezza della valle, estendendosi anche al di sopra del corso d'acqua. In altri casi

palazzi storici che si prolungano su ponti antichi, si uniscono a sistemazioni agrarie, anch'esse storiche per creare micro - paesaggi di alto valore testimoniale.

Risalendo i corsi d'acqua, è possibile notare come i versanti vanno via via allargandosi fino alla conca di testata della valle dove si aprono i siti estrattivi che hanno alterato i caratteri morfologici dei luoghi.

L'attività estrattiva, infatti, ha asportato veri e propri spicchi di collina; la maggior parte delle cave sono ancora attive e ben visibili dalla viabilità di scorrimento lungo la costa, in modo particolare dall'autostrada.

Questi paesaggi, che rappresentano quelli maggiormente degradati, privati della naturale identità, necessitano di interventi strutturali di riqualificazione o addirittura di rinnovo e trasformazione.



Figura 10-15 Siti estrattivi

La percezione sensoriale, non solo visiva, di questi luoghi è un elemento fondamentale nella determinazione dell'assetto paesaggistico, dove le caratteristiche fisiografiche ed insediative svolgono un ruolo complementare rispetto alla percezione che crea forti suggestioni nella percorrenza di questi luoghi. Man mano che ci si inoltra nelle valli verso l'interno, i paesaggi da percepire e partecipare cambiano.

La valle infrastrutturata

La Val Polcevera è considerata il solco vallivo di primaria importanza che taglia la corona montuosa circostante la città di Genova. Oltre ad essere il principale corso d'acqua, la valle è divenuta il corridoio infrastrutturale primario per il collegamento con le altre regioni del Nord Italia. Alla valle corrispondono due unità di paesaggio, in ragione delle sostanziali diversità dei contesti che caratterizzano l'alta e la bassa valle.

L'alta valle presenta una concentrazione di edilizia, insediamenti specialistici e autostrade da Morego a Rivarolo e, seppure vi sia un'urbanizzazione continua lungo tutto il fondovalle, presenta elementi di natura abbastanza diffusi sui versanti, fino alle sommità.

Tre sono le tipologie di paesaggio che qui si possono riconoscere:

- il fondovalle urbanizzato, insediamento compatto sviluppato su entrambe le sponde del torrente, che localmente risale i versanti fino a congiungersi con insediamenti storici minori;
- i versanti rurali, dove si alternano boschi e colture a prati, che si estendono fino alle quote più elevate;
- il corso d'acqua, unico elemento naturale che attraversa l'intero sistema urbanizzato del fondovalle e assume il ruolo di corridoio ecologico primario tra il mare e le zone montane dell'entroterra.



Figura 10-16 Insediamento di Torbella a ridosso dell'A7

La città in trasformazione

La bassa Val Polcevera si estende da nord a sud, dalle zone di Rivarolo, Borghetto fino al porto, comprendendo le zone di Sampierdarena, Cornigliano e Fiumana; tale ambito non interessa strettamente la sola valle, ma l'intero contesto urbano che le ruota intorno. Il paesaggio, tipicamente urbano, è stratificato a diversi livelli in cui la quasi totalità degli spazi presenta elementi di degrado profondi e strutturali.

In questo contesto si possono rilevare alcuni elementi caratterizzanti: - la sponda destra del torrente totalmente occupata dalle ex acciaierie di Cornigliano, edifici industriali dimessi corredati da due ampie zone di depositi petroliferi in fase di smantellamento; - la sponda sinistra in cui fasci di binari, viabilità, opifici e condomini si alternano a nuovi centri commerciali nella stretta fascia del fondovalle, occupando la totalità dello spazio; - l'insediamento di foce in fase di rapida trasformazione, ad opera di programmi pubblici di rigenerazione urbana, con la sostituzione di funzioni e l'integrazione dei tessuti urbani storici e di espansione che interessano la collina di Borzoli, Coronata e le zone ottocentesche fino al Porto Antico. In questo contesto alcuni elementi architettonici hanno assunto un ruolo segnico nel paesaggio urbano; ne è un esempio il viadotto Polcevera, ardito ponte autostradale che dagli anni '60 del secolo scorso inquadra il paesaggio collinare per chi vive in questo tratto di città; le strutture di archeologia industriale delle acciaierie di Cornigliano; il matitone, edificio moderno che svetta tra le costruzioni in prossimità del porto; la sopraelevata che percorre in quota il fronte mare della città dal porto commerciale alla fiera.

Genova sta ripensando le zone più degradate della città ed ha avviato programmi complessi tra cui emerge, nell'area di studio, la riconversione funzionale delle ex acciaierie e la rifunzionalizzazione ecologica del corso d'acqua.

Questo ambito, attualmente carico di dissonanze e contrasti, sta cambiando volto e funzioni; le future opere infrastrutturali dovranno tener conto di tale processo ed integrarsi.

Le fortificazioni del sistema centrale

Il sistema difensivo ha assunto un ruolo fortemente testimoniale e di riferimento visivo per l'intera città, che risulta accentuato dal fatto che occupa le sommità di crinali spogli, con vegetazione erbacea, spesso rocciosa che esalta le architetture militari.

Tale ambito comprende tre tipologie di paesaggio:

- le pendici boscate che dalla parte alta dei versanti scendono a lambire la città;
- le sommità dei crinali con il sistema fortificato;
- la conca di Campursone, valletta secondaria che scende fino al torrente Bisagno ed ospita, nella parte in basso, il cimitero monumentale di Staglieno.



Figura 10-17 Veduta aerea dei forti Sperone e Pruin

10.2.4 La fascia costiera e il canale di calma

10.2.4.1 *L'ambito di intervento all'interno della struttura del paesaggio di Ponente*

Il canale di calma in cui verrà realizzata l'opera a mare è lo spazio acqueo antistante alla piattaforma aeroportuale esistente ed è compreso tra quest'ultima e la diga foranea che corre parallelamente all'aeroporto stesso, che sorge a circa 7 chilometri dal centro del capoluogo ligure, nel quartiere periferico di Cornigliano (Figura 10-18).



Figura 10-18 Planimetria dell'area di intervento con individuazione degli elementi esistenti interferiti dal progetto

Il paesaggio si presenta fortemente antropizzato: un secolo di importante attività industriale ha comportato un traumatico processo di occupazione, obliterazione e consumo intensivo del suolo a tal punto da eliminare quasi completamente il ricordo dell'iniziale località amena in riva al mare, meta prestigiosa per le nobili famiglie genovesi. Il territorio si presenta infatti prevalentemente scosceso con quattro crinali principali che digradano al mare da un'altezza iniziale di 100 – 200 metri, fatta eccezione per la zona pianeggiante adiacente alla costa e allargata a mare dai riempimenti che si effettuarono nel dopoguerra proprio per far spazio a quegli impianti siderurgici che trasformarono Cornigliano in uno dei primi quartieri industriali edificati in Italia.



Figura 10-19 Vista della piattaforma aeroportuale verso Sampierdarena

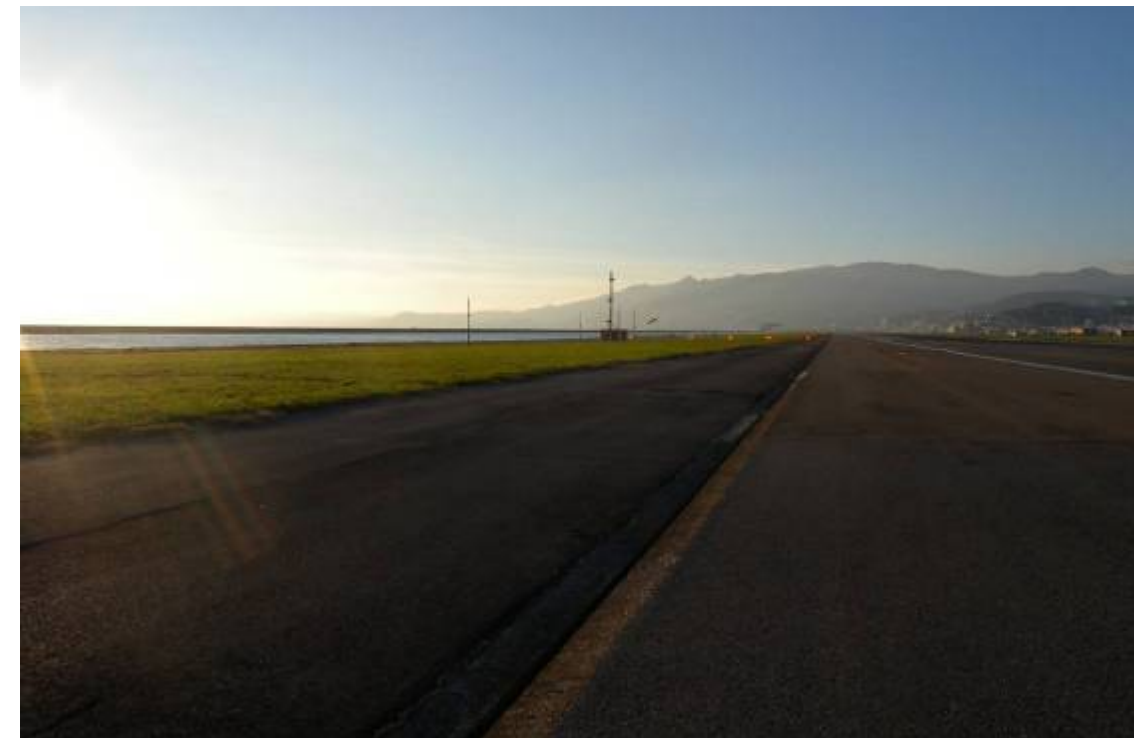


Figura 10-20 Vista della piattaforma aeroportuale verso Sestri Ponente

10.2.4.2 *Gli elementi di strutturazione del paesaggio*

La fascia omogenea del territorio della costa di Ponente si caratterizza per la concentrazione dell'assetto insediativo nelle aree prospicienti la costa, alle cui spalle salgono versanti fortemente acclivi ed orientati prevalentemente verso sud, nei quali i nuclei abitati sono inseriti tra le fasce terrazzate, in parte coltivate ad ulivo, sostituite alle

quote superiori dalla macchia mediterranea che, in alcune situazioni specifiche, quali il promontorio di Portofino, Sestri Levante e Moneglia, scende fino alla quota del mare.

In tale contesto di omogeneità paesistica, si evidenziano alcune rilevanti situazioni di specificità che sono di tipo puntuale, quali la presenza della grossa concentrazione a carattere urbano, portuale ed industriale che corrisponde in particolare al capoluogo di Genova.

È in quest'ultimo ambito che si inserisce l'area oggetto di intervento, dove l'ampliamento della piattaforma aeroportuale, attraverso il conferimento a mare del materiale di scavo proveniente dalla costruzione delle infrastrutture connesse al nodo autostradale di Genova, rappresenta una parte del grande progetto di rivitalizzazione socio – economica del quartiere di Cornigliano.

Il crescente sviluppo degli insediamenti industriali e delle infrastrutture in prossimità della costa ha comportato, infatti, l'alterazione del tessuto storico esistente e la stessa compressione orografica della fascia costiera ha condizionato la costruzione del paesaggio antropico a tal punto da affiancare la grande industria, considerata il meccanismo territoriale propulsore per la produzione della zona, e la mera città, generando così aree cosiddette di frontiera perché in balia dei differenti processi evolutivi industria – città (Figura 10-21 e Figura 10-22).



Figura 10-21 Vista panoramica dal monte Gazzo – In primo piano il versante collinare che ricorda la struttura del paesaggio agrario e sullo sfondo i riempimenti a mare con l'aeroporto e gli impianti siderurgici



Figura 10-22 Vista panoramica dal mare – In primo piano la piattaforma aeroportuale

Dopo la seconda guerra mondiale, la linea di costa (Figura 10-23) viene completamente alterata con la scomparsa della spiaggia, del promontorio roccioso dell'Abbazia di Sant'Andrea e del Castello Raggio (Figura 10-24), per la realizzazione dei riempimenti a mare necessari non solo all'ampliamento delle intense attività siderurgiche ma anche alla realizzazione dell'aeroporto "C. Colombo" che assume così le sue attuali conformazioni.



Figura 10-23 Vista panoramica della costa a inizio Novecento

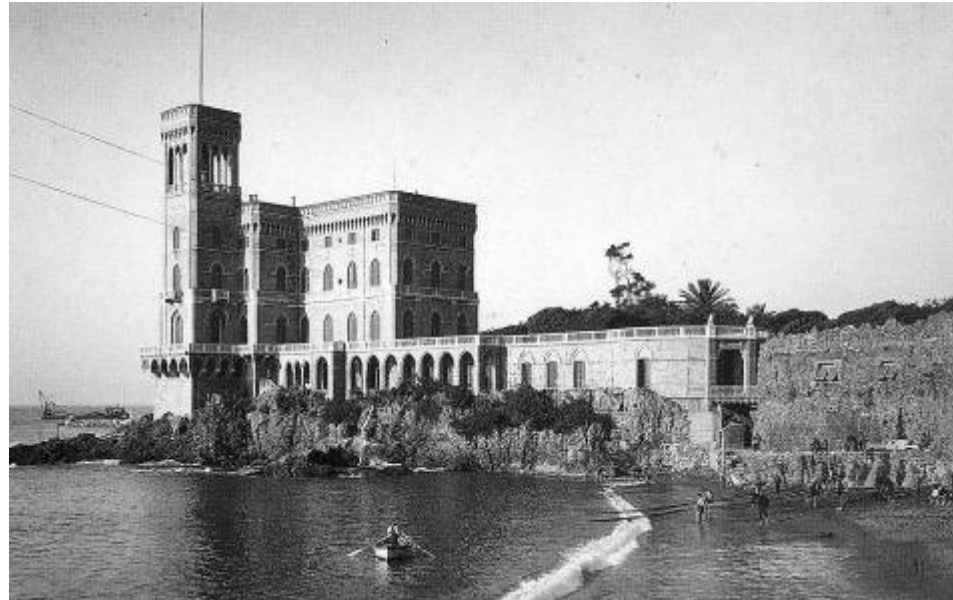


Figura 10-24 Castello Raggio, Anni '30 – L'edificio venne demolito il 14 aprile del 1951 per far costruire il riempimento dello stabilimento siderurgico Italsider

La pesante urbanizzazione ha prodotto così un'irreversibile frammentazione del paesaggio, in cui le antiche case coloniche e le piccole porzioni dell'antica proprietà sono diventate aree residuali (**Figura 10-25** e **Figura 10-26**).



Figura 10-25 Collina degli Erzelli - a sinistra Villa Negrone con il suo parco, a destra containers. Attualmente si sta realizzando il progetto di riconversione dell'intera area



Figura 10-26 Villa Durazzo Brombini

Del paesaggio agrario, coltivato a vigneti, frutteti, oliveti e alberi da frutto, segnato dai terrazzamenti secondo le modalità dell'agricoltura storica del genovesato e ben documentato dal Catasto napoleonico del 1810, rimane ormai ben poco e riscontrabile nelle aree collinari dove i versanti ben soleggiati presentano ancora una distribuzione diffusa di aree agricole e di insediamenti abitativi sparsi.

Le coltivazioni attualmente utilizzate presentano ancora la disposizione a terrazzamento e sono costituite prevalentemente da colture orticole, vigneti e frutteti e, se in passato rappresentavano la fonte di reddito principale, al momento costituiscono attività "part-time" e/o a carattere integrativo (**Figura 10-27**).



Figura 10-27 Lorenzo Centurione, 1863- Le ville cinquecentesche si allineano lungo l'antica viabilità interna, a ridosso del mare. I fondi di pertinenza, difesa da torri, sono ordinati ad orti e frutteti ed impreziositi da peschiere, aiuole e viali pergolati. Sullo sfondo le ciminiere fumanti rivelano la comparsa delle nuove industrie nell'area del basso Polcevera

Dei quattro crinali principali che digradano al mare da un'altezza iniziale di 100 – 200 m solo le colline di Passo Speich e di Coronata hanno conservato per la maggior parte i caratteri sopra descritti, mentre le colline degli Erzelli e di Colombara hanno subito un processo di consumo del suolo che li ha snaturalizzati.

Gli stessi corsi d'acqua, quali i torrenti Polcevera e Chiaravagna, che accompagnavano il digradare degli acclivi giungendo a mare con ampi alvei caratterizzati da una ricca vegetazione (Figura 10-28), oggi difficilmente sono percepibili come importanti elementi naturali scavalcati da numerosi ponti e con sponde artificializzate che hanno profondamente alterato la vegetazione riparia (Figura 10-29).

Altri rii minori, quali Rio Roncallo e Rio Secco, che sfociano nel canale di calma, sono stati interrati al di sotto del denso tessuto urbano.

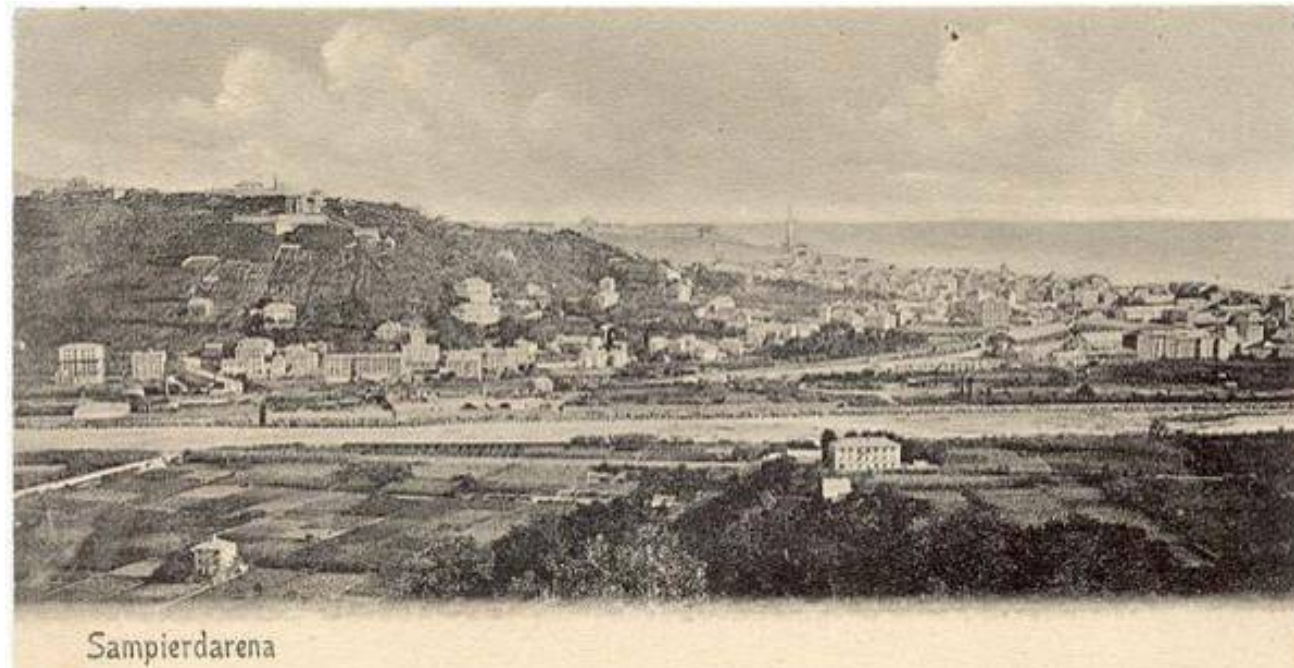


Figura 10-28 Il torrente Polcevera in prossimità dello sbocco a mare, fine Ottocento



Figura 10-29 Il torrente Polcevera come si presenta oggi in prossimità dello sbocco a mare

Man mano quindi che si scende sul fondovalle il paesaggio muta ed i pendii scompaiono per lasciare spazio all'edilizia popolare degli anni '50 e '60, a cui si alternano gli insediamenti industriali e portuali.

Il divario che si è venuto a creare tra le montagne e il mare deve trovare una nuova fisionomia attraverso mirati interventi di trasformazione e recupero delle aree dismesse. È in quest'ottica che l'amministrazione locale ha avviato, a partire dal 2007, una serie di interventi puntuali volti a ridare splendore non solo alle ultime vestigia dell'amenità localistica ma anche all'attività socio – economica del quartiere, favorendo la riconversione dell'industria pesante, la bonifica delle aree da tempo compromesse e il potenziamento delle infrastrutture aeroportuali in vista di un aumento dei traffici della zona.

10.2.4.3 Le condizioni di intervisibilità

È stata condotta un'analisi di intervisibilità attraverso dei sopralluoghi mirati ai fini della corretta individuazione di quelli che sono i punti di vista aventi maggiore valore paesaggistico, e cioè di quei punti che hanno una certa frequentazione e/o un valore storico culturale, per verificare se sia possibile (e in che misura) percepire la futura opera a mare.

Tenuto conto della prevista localizzazione e delle caratteristiche geometriche dell'opera in progetto, l'individuazione dei principali coni visivi ha considerato sia la fascia costiera che il mare (Figura 10-30).

Un primo esame ha permesso di evidenziare che dal mare l'opera risulta visibile solo ad osservatori situati all'interno o in prossimità della diga foranea antistante l'aeroporto; la diga, infatti, costituisce un ostacolo visuale per gli osservatori situati su imbarcazioni situate in mare aperto, che transitino nelle vicinanze dell'area di intervento.

Ovviamente poi l'opera è visibile a chi transita nel canale di calma (Figura 10-31).



Figura 10-30 Vista con l'individuazione dei bacini visivi



Figura 10-31 Navebus AMT in transito nel canale di calma

Considerando la visibilità da terra, la morfologia della costa limita di fatto la percezione visiva ai punti più elevati che si trovano però a distanza considerevole (> 2 km).

Considerando la fascia urbanizzata localizzata in pianura, di fatto l'area di intervento risulta impercettibile; da Ovest ove è situato l'abitato di Pegli, il cono visivo è sostanzialmente ostruito dalla presenza della diga foranea a protezione della testata dell'aeroporto (Figura 10-32); da nord, sia a Sestri Ponente che a Multedo, invece, la vista è limitata dalla presenza della piattaforma aeroportuale; a Cornigliano, il denso tessuto urbano caratterizzato da un'edilizia popolare degli anni '50 e '60 e gli alti capannoni delle centrali siderurgiche rappresentano il principale ostacolo visivo (Figura 10-33). Infine da Sampierdarena, a Est, le aree urbane sono troppo arretrate e lontane per consentire la vista.



Figura 10-32 Vista dell'area di intervento dalla spiaggia di Pegli



Figura 10-33 Zona retrostante lo stabilimento ILVA. In lontananza si riconosce la torre di controllo dell'aeroporto

Bisogna iniziare a risalire i versanti fortemente acclivi dell'entroterra per iniziare ad intravedere l'opera cogliendola sempre da un'angolazione così lontana e perpendicolare

che difficilmente sarà percepibile la nuova configurazione del canale di calma con il relativo restringimento.

I principali punti da cui l'opera è visibile sono rappresentati dagli edifici più alti delle zone urbanizzate di Sestri Ponente (Figura 10-34), dalla vetta di Pegli (Figura 10-35) e dalla collina degli Erzelli, ove sta sorgendo il nuovo parco scientifico (Figura 10-36).

Infine l'opera è pienamente visibile dai passeggeri degli aerei in atterraggio o decollo sulla piattaforma aeroportuale (Figura 10-37).



Figura 10-34 Area di progetto vista dall'abitato di via salita Sant'Elia a Sestri Ponente



Figura 10-35 Vista da vetta di Pegli - La particolare angolazione permette una buona visibilità della zona di intervento



Figura 10-36 Area destinata ad accogliere l'opera a mare vista dalla collina degli Erzelli (via Melen)



Figura 10-37 Foto aerea dell'area di progetto

10.2.5 Sintesi dell'assetto paesaggistico

Il paesaggio interessato dall'attraversamento del progetto, come fin qui analizzato e come, più dettagliatamente descritto nella componente paesaggio all'interno dello SIA del Progetto Infrastrutturale, risulta estremamente articolato. L'esplicitazione dei caratteri intrinseci del paesaggio si appoggia sulla struttura morfologica: la costa e il fondovalle per la fascia di pianura, la fascia pedecollinare per la base del versante e la fascia collinare per la corona esterna dell'area di indagine.

La fascia di costa e fondovalle è dominata dal sistema insediativo produttivo ed infrastrutturale con caratteri ecosistemici vitali solo in corrispondenza dei corpi d'acqua, caratteri semiologici molto forti ma decisamente negativi e percezione visiva molto alta per la presenza di molti punti panoramici; la scenografia urbana è però sostanzialmente più ricca di detrattori che elementi di valore.

La *fascia pedecollinare* di versante è sostanzialmente dominata dall'insediamento residenziale, con caratteri ecosistemici minimi seppur presenti ed un assetto antropico-culturale molto variegato, composto da edilizia storica e moderna diversamente articolata a seconda delle zone; la percezione in quest'area passa dalla panoramicità dei punti più elevati all'assoluta mancanza di visuale della parte bassa, anche gli oggetti di percezione sono sostanzialmente alternati tra positivi e negativi.

La *fascia collinare* racchiude la parte alta dell'area di indagine e comprende la sommità dei rilievi più bassi ed i versanti dei rilievi superiori. L'insediamento rurale predomina seppure frammisto a nuclei più o meno ampi di insediamenti prevalentemente residenziali, l'assetto ecosistemico è fortemente strutturato e funzionale, la semiologia antropica evidenzia un tessuto rurale di alto valore storico-culturale che rappresenta l'oggetto privilegiato di

percezione, anche se la visibilità è alternata in ambiti aperti e chiusi. Ambiti particolari come le aree estrattive ed i sistemi specialistici sono oggetto di approfondimento nella successiva individuazione delle Unità di Paesaggio.

L'assetto sintetico del paesaggio locale è già percepibile a questa scala nella sua totalità; si tratta indubbiamente di un sistema fortemente modificato in cui l'assetto produttivo ed infrastrutturale condiziona pressoché la totalità degli insediamenti, sia come destinazioni d'uso sia come immagine esteriore; una forte caratterizzazione è data anche dalle concentrazioni residenziali moderne che mostrano identità molto decise che spesso non dialogano con il contesto circostante.

La componente naturale invece ben è identificabile nella struttura morfologica solo alla grande scala; la struttura capillare invece è percepibile a tratti, in ambiti limitati e spesso nascosti oppure come risultante di mancato uso da parte dell'uomo; mentre è ben presente nella sua trasformazione antropica delle colture tradizionali e dei boschi cedui.

I variegati paesaggi che formano questa porzione di territorio si articolano in ambiti e sistemi che, suddivisi nelle tre fasce a sviluppo progressivo, dalla costa fino al rilievo, si compenetrano secondo questa direttrice. La limitata estensione territoriale trasversale al mare fa sì che ogni sistema ed ambito individuato con propri caratteri specifici sia di fatto strettamente relazionato con gli altri che lo affiancano, pertanto seppure si riesca facilmente ad identificare ambiti paesistici ben definiti, contestualmente non ci si può esimere dall'analizzare le relazioni tra gli ambiti stessi: si tratta di relazioni complesse specifiche del paesaggio e riconducibili anche agli assetti ecosistemici, semiologici e percettivi.

Il rapporto esistente tra gli assetti di costa, quelli pedecollinari e successivamente quelli collinari sono di interscambio e complementarietà, condizione che si ripete nell'intero arco di territorio da est ad ovest. C'è una forte interrelazione tra il primo versante collinare prospiciente il mare e la zona di pianura antistante, sia a livello funzionale che strutturale, così come c'è tra l'insediamento di versante e quello collinare, prevalentemente agricolo; l'unico sistema che sfugge a questa organizzazione è la rete viaria di penetrazione che sconta il forte vincolo legato alle oggettive difficoltà per il superamento dei dislivelli.

Questo tipo di relazione non è applicabile ad una serie di ristretti ambiti situati all'interno della prima fascia collinare e costituiti da piccole valli secondarie, accessibili direttamente dalla zona di costa e totalmente differenziate dal sistema organizzativo dell'insediamento urbano; si tratta di modeste isole semi-rurali in cui l'edificazione è limitata a pochi nuclei, quasi sempre residenziali, che conservano un'organizzazione spazio-temporale completamente scollegata dal resto della città. Qui anche la natura ha una sua presenza nelle pendici boscate che spesso scendono fino al corso d'acqua che scorre parallelamente all'unica via d'accesso.

Le relazioni costa/collina si mantengono costanti da est verso ovest, anche se cambiano i caratteri degli ambiti che si incontrano, infatti procedendo in questa direzione gli ambiti urbani si differenziano nelle componenti, più o meno residenziali/produttivi sulla costa; più o meno residenziali/ rurali in collina con oscillazioni nella profondità degli insediamenti dovuti alla possibilità morfologica di urbanizzare le valli maggiori e le colline meno acclivi. Così abbiamo le penetrazioni urbane fortemente strutturate dei torrenti Polcevera e Leira ed insediamenti rurali che si spingono fino alla costa all'altezza di Vesima, oppure i prati-pascoli ed i boschi che si spingono fino a Staglieno.

10.2.6 Inquadramento archeologico

10.2.6.1 Individuazione delle presenze archeologiche

La metodologia adottata per l'individuazione delle presenze archeologiche all'interno dell'ambito territoriale interessato dal progetto si è basata su un'articolazione nelle tre principali fasi di lavoro, di seguito descritte:

1. raccolta dei dati
2. analisi cartografica e toponomastica
3. redazione della carta delle presenze archeologiche

La prima fase di lavoro ha previsto un attento spoglio di tutte le pubblicazioni di interesse storico-archeologico presenti nelle biblioteche specializzate. Sono state consultate le principali monografie inerenti la Liguria archeologica e storica e più specificamente varie pubblicazioni riguardanti Genova ed il suo territorio, ed i numerosi volumi dei più importanti periodici, a carattere sia nazionale sia regionale.

Alla fase di ricerca bibliografica è seguita quella dell'esame della cartografia attuale e storica, al fine di individuare le peculiarità geomorfologiche e toponomastiche del territorio.

L'analisi toponomastica, inoltre, effettuata sulla cartografia IGM, è risultata piuttosto interessante, contribuendo a ricostruire l'assetto del territorio in epoca antica anche ove non siano documentate evidenze archeologiche.

Sono stati evidenziati alcuni toponimi prediali romani, derivanti dall'uso di indicare la proprietà terriera con il nome del proprietario, più il suffisso aggettivale latino *-anum* > -ano; essi potrebbero essere la testimonianza indiretta della presenza di proprietà fondiarie (*fundus*) più o meno estese, dedicate allo sfruttamento dell'agricoltura e all'allevamento del bestiame.

Rilevante la presenza di alcuni toponimi germanici che sebbene non siano una testimonianza automatica e certa di un antico insediamento germanico, costituiscono generalmente un indizio generico di una presenza linguistica germanica. Essi sono presenti nel territorio alle spalle di Voltri – Scaglia e in un'area piuttosto ristretta, compresa fra il bacino del torrente Varenna e quello del rio Cantalupo. Sulla base di tali elementi è possibile intravedere le tracce di una consistente presenza e di una organizzazione militare del territorio di origine germanica, penetrata abbastanza in profondità, legata allo stanziamento prevalentemente di gruppi di Goti o Longobardi in età tardoantica.

Si registra infine la presenza di alcuni toponimi indicativi della possibile presenza di insediamenti medievali e/o rinascimentali, fortificati e non.

L'ultima fase di lavoro ha riguardato la redazione della *Tabella delle presenze archeologiche* (cfr. Allegato MAM-I-QAMBX-PAE-001) la cui localizzazione sul territorio è stata riportata a scala 1:25.000 all'interno dell'elaborato grafico *Carta delle presenze archeologiche MAM-I-QAMB-PAE-005*.

Ogni segnalazione è stata indicata con un numero progressivo e un simbolo indicante la tipologia dell'evidenza. È stata utilizzata la consueta simbologia in uso nella cartografia archeologica (cfr. legenda); per le segnalazioni con localizzazione generica è stato utilizzato, secondo la prassi, il solo numero collocato vicino al toponimo del Comune o della località di rinvenimento o nella zona del rinvenimento stesso.

10.2.6.2 Genova e la conurbazione genovese

La area di studio, schematizzata in Genova e la sua conurbazione, da un lato, e nella Val Polcevera, dall'altro, costituisce un territorio oggetto di un'intensa frequentazione in epoca antica (preromana, romana e medioevale).

Punti nodali di tale sviluppo furono da un lato Genova, *oppidum* preromano ed importante città in epoca romana e soprattutto medievale, e dall'altra la rete stradale, litoranea e verso l'interno lungo il Polcevera, organizzata in epoca romana su itinerari in uso già nelle epoche precedenti.

Entrando nel merito della area di Genova, questa fu frequentata già in epoche precedenti la formazione dell'*oppidum*, come è stato documentato nelle indagini archeologiche più recenti. Esse hanno restituito testimonianze relative all'età del Bronzo (medio e finale) e all'età del Ferro: è stata ricostruita una frequentazione delle alture circostanti la zona di Principe in epoca preistorica e protostorica (presenza n. 155), da un lato, e l'esistenza in riva al mare di una o più capanne, in un'area che si suppone di relativa calma, forse una piccola insenatura protetta, dall'altro.

I resti dell'*oppidum* preromano genuate sono stati individuati sulla collina di Castello, dominante la riparata insenatura costiera – posta fra il torrente Bisagno ad est ed il torrente Polcevera ad ovest – che ha da sempre rappresentato un comodo e sicuro approdo.

La prima fase "protourbana" della futura Genova pare riferibile ad un emporio marittimo, con una componente etnica etrusca affiancata da quella indigena celto-ligure, nato in funzione dei commerci fra le genti liguri dell'entroterra e quelle greche-etrusche provenienti dal mare; la sua datazione iniziale è fissata intorno alla fine del VI secolo a.C., sebbene le più antiche tracce di frequentazione commerciale dell'area portuale siano ancora più antiche, con datazione a partire dal secondo quarto del VI secolo a.C.

Secondo la tradizione liviana, Genova venne distrutta per rappresaglia nel 205 a.C. da Magone Barca nel corso della II guerra punica, ma già dal 203 a.C. il propretore Spurio Lucrezio ricevette lo speciale incarico di riedificare la città.

La città venne inserita nel sistema viario romano probabilmente già a partire dal 200 a.C., quando Genua divenne "capolinea" della via *Aurelia Nova*, mentre dal 148 a.C. essa fu scelta come *caput viae* della via *Postumia* (presenza n. 101). Tra il 115 e il 109 a.C., ad opera di M. Emilio Scauro, fu realizzata una nuova via, l'*Aemilia Scauri* (presenza n. 1), che consentiva il collegamento tra Genova e Vada Sabatia, per proseguire verso *Dertona* e *Placentia* e raccordarsi con la preesistente viabilità in Cisalpina.

Lo sviluppo urbanistico della città si può dire si sia concluso con l'età augustea. Nel corso del II-III secolo d.C. Genova fu interessata da una incipiente crisi del tessuto urbano, fenomeno che tuttavia non portò in epoca tardoantica ad una destrutturazione urbana, ma solo ad una contrazione dell'area urbanizzata con l'abbandono di alcune aree, persistendo una certa vivacità edilizia nel centro urbano.

Genova rinacque, come molte altre città costiere, dopo il Mille con la ripresa delle attività mercantili marittime sulle molteplici rotte che portavano ai numerosi porti disseminati nel Mediterraneo, e nel Medioevo la forma urbana della città era in parte già conclusa. Le

ricerche archeologiche degli ultimi anni hanno permesso di definire e meglio comprendere le formazioni di alcune aree, zone suburbane e siti specifici (il palazzo del Vescovo sul colle di Castello, il palazzo Ducale, il chiostro dei canonici di S. Lorenzo e la Commenda di S. Giovanni di Pr ), e di acquisire una grande quantit  di elementi per la storia della cultura materiale della citt .

In tale quadro, la definizione del complesso degli insediamenti religiosi, con i tempi e i luoghi della loro fondazione risulta di grande importanza al fine di ricostruire in primo luogo lo sviluppo della citt  medievale, ma soprattutto del suo suburbio, dei territori ad essa pertinenti e della rete viaria che la collegava con il ponente e le valli pi  interne. Molte le chiese, in gran numero pertinenti a fondazioni monastiche e spesso affiancate da ospedali e strutture per i pellegrini ed i viandanti, che costellano il territorio oggetto dello studio. Numerose risultano dislocate lungo gli itinerari stradali della via Postumia e della via Aemilia Scauri, delle quali   stato possibile in molti punti ipotizzarne il percorso proprio grazie alla localizzazione di tali edifici sacri, mentre altre determinarono lo sviluppo di importanti centri abitati di epoca medievale.

Ad ovest di Genova, oltre il limite occidentale del porto antico, ha attualmente inizio una serie di agglomerati urbani, alcuni dei quali hanno una storia che rimanda ad epoca romana e/o medievale: si tratta di Sampierdarena (presenze nn. 129, 131, 133, 134, 139), Sestri Ponente (presenze nn. 55, 59, 60, 61, 63, 65, 66), Multedo (presenza n. 58), Pegli (presenze nn. 42-44), Pr  (presenza n. 33), Palmaro (presenza n. 32), Voltri (presenze nn. 20-26), Crevari (presenza n. 7).

10.2.6.3 La val Polcevera

La Val Polcevera risulta di grande importanza per ricostruire le caratteristiche e della distribuzione del popolamento antico dell'entroterra, essendo un'area "campione" particolarmente significativa anche per lo studio dell'economia agricola e silvo-pastorale e degli usi comunitari romani, con particolare riferimento all'epoca tardo-repubblicana, in virt  dei dati topografici, toponomastici, economici, giuridici e linguistici contenuti nella cosiddetta Tavola di Polcevera (*sententia Minuciorum*) del 117 a.C.

Le prime testimonianze ad oggi documentate nella valle sono insediamenti della seconda et  del Ferro (dal V-IV sec. a.C.), di altura e di mezza costa, mentre quelli del III-II secolo a.C. sono prevalentemente di mezza costa.

Nei primi secoli dell'Impero si verific  un apparente spopolamento delle aree montane, mentre, in et  imperiale avanzata, si osserva un buon numero di presenze abitative, solo in alcuni casi in aree precedentemente abitate, sui ripiani di mezza costa e sui pascoli a quota elevata, in una fascia altimetrica (dai 300 m ai 600 m s.l.m.) verosimilmente idonea ad attivit  agricole e silvopastorali, cos  come   deducibile dai toponimi fondiari quali Manaseno (presenza n. 93), Geminiano (presenza n. 108), Campo Florenzano (presenza n. 113). Tale rifiorire di insediamenti   forse connesso con la riorganizzazione diocleziana dell'Italia e con la rivitalizzazione del porto di Genova in conseguenza dello spostamento della capitale a Milano.

Le ricognizioni di superficie e gli scavi compiuti in questi ultimi decenni hanno indicato, per l'et  romana e tardoantica, la possibilit  di insediamenti articolati: villaggi con una struttura pi  o meno complessa, modesti aggregati demici e semplici fattorie isolate; tra questi

contesti possono essere ricordati quelli di Campora di Gemignano (presenza n. 109), Vicomorasso, Cian delle Crose, Montanesi, Serra Ricc , S. Cipriano e Magnerri.

Nell'alto Medioevo sembrerebbero mantenersi le medesime condizioni del popolamento illustrate precedentemente e, con il secolo XI, furono prevalentemente occupati i terrazzi alluvionali, mentre nella parte inferiore della valle vennero edificati insediamenti monastici ed in quella superiore siti fortificati controllavano importanti assi viari e singoli distretti territoriali.

La rinascita civile e lo sviluppo successivo del Polcevera si basa forse su alcune polarit  religiose esistenti intorno al Mille, e anche precedentemente, alle quali vanno riferite le sue pi  antiche circoscrizioni plebane. Si ricordano in particolare le Pievi di Stefano di Larvego, di Serra Ricc , di S. Cipriano, di Rivarolo (presenza n. 122) e di Sampierdarena (presenza n. 134). Il popolamento della vallata alle soglie del XII secolo   deducibile per riflesso dalla localizzazione delle chiese esistenti citate nel Registro Arcivescovile del 1143, che rappresenta la prima documentazione insediativa nota derivata dalle pi  antiche pievi matrici. Fra le principali relative agli abitati alti, si ricordano quelle di Murta (presenza n. 91), Brasile (presenza n. 105), Gemignano (presenza n. 109), Cremeno (presenza n. 100), Morego (presenza n. 95), che sembrano pi  direttamente legate ad uno schema insediativo di cresta.

Lo sviluppo del fondovalle, attuato a partire dal XII e XIII secolo, si concentr  intorno alle aree di Rivarolo, di Teglia e Pontedecimo come sembra indirettamente confermato dalle date storiche dei rispettivi edifici religiosi di Nostra Signora Assunta, N. S. di Loreto e S. Giacomo.

Tra XIV e XV secolo, la fondazione dei nuovi grandi conventi e dei principali ordini religiosi entro la valle port  un incremento considerevole in tutta la vita polceverasca. Tra le nuove localizzazioni si cita quella francescana a Bolzaneto (presenza n. 112), fondato nel 1290, quella certosina a Rivarolo ed infine, circa un secolo dopo, l'affidamento ai Benedettini nel 1410 della chiesa di S. Nicol  del Boschetto (presenza n. 83).

10.3 ANALISI DELLE INTERAZIONI OPERE-AMBIENTE

10.3.1 Le aree di cantiere

Come esplicitato nell'introduzione metodologica al presente capitolo, a partire dalla definizione del quadro conoscitivo di area vasta rappresentativo del contesto paesaggistico preso in esame, si   poi passati all'analisi degli aspetti legati al progetto di cantierizzazione, evidenziando i principali caratteri, sia funzionali che dimensionali, che connotano le diverse tipologie di aree di cantiere.

Ai fini dell'analisi delle interazioni tra la fase di cantiere ed il paesaggio,   stato possibile raggruppare le tipologie di aree di cantiere in due principali categorie, in ciascuna delle quali si riscontra un'omogeneit  di elementi da considerare in fase di valutazione delle interferenze.

- Aree di cantiere industriale, imbocco e campi base
- Opere connesse di cantierizzazione a carattere temporaneo

La prima categoria comprende, infatti, aree di dimensioni variabili (pi  estesi i cantieri industriali, di dimensioni pi  modeste i cantieri imbocco), destinate ad ospitare gli impianti maggiori, betonaggio, frantumazione, a servizio di pi  imbocchi o siti di lavoro, e gli

impianti più direttamente necessari alla gestione dei lavori in sotterraneo oltre ad un limitato deposito di materiali da costruzione. Inoltre, i campi base comprendono aree destinate ai baraccamenti per l'alloggio dei lavoratori, agli uffici ed alle altre funzioni di servizio.

Nell'individuazione degli impatti potenziali, il tema dell'alterazione delle visuali si riferisce sia agli apprestamenti dei cantieri imbocco che a quelli industriali e base, così come anche l'occupazione di suolo che, in alcuni limitati casi, si esplicita nella sottrazione di copertura vegetale di pregio naturalistico-ambientale.

Muovendo dall'analisi del contesto di area vasta e dall'individuazione delle unità di paesaggio, nella tabella seguente per ognuna di dette unità sono state riportate le aree di cantiere in esse ricadenti, descrivendole in relazione alla tipologia di area (industriale, imbocco, campo base) ed alle finalità cui queste sono preposte (cfr. **Tabella 10-13 Unità di paesaggio ed aree di cantiere**). I codici dei cantieri fanno riferimento alla localizzazione delle aree di cantiere riportata nell'elaborato grafico MAM-C-QPGT-004.

Tabella 10-13 Unità di paesaggio ed aree di cantiere

Unità di paesaggio	Area di cantiere	Tipologia cantiere	Finalità del cantiere
1 La collina urbanizzata sul mare	CI01	industriale	<ul style="list-style-type: none"> • Accesso dall'autostrada alla spalla lato SV del viadotto Frana • Accesso alla spalla lato SV del viadotto Vesima Est in ampliamento
	CI02	industriale	• Ampliamento dei viadotti Vesima
	CI17	imbocco	• Estrazione e smontaggio TBM
	CI18	imbocco	<ul style="list-style-type: none"> • Riasssemblaggio delle TBM precedentemente smontate e trasportate attraverso i viadotti Cerusa • Scavo con metodo tradizionale della galleria Bric del Carmo
3 Il mare costruito	CI03	imbocco	• Produzione calcestruzzo per le opere da realizzarsi nell'ambito dell'interconnessione di Voltri e di Vesima
	CI 04	industriale	<ul style="list-style-type: none"> • Produzione calcestruzzi per le opere da realizzarsi nell'ambito dell'interconnessione di Genova Ovest • Caratterizzazione delle terre di scavo, al fine di attestare l'idoneità delle stesse ad essere riutilizzate per la realizzazione di rilevati o ritombamenti • Depurazione
4 L'entroterra rurale	CI19	imbocco	• Ampliamento del viadotto Cerusa esistente
	CI20	imbocco	<ul style="list-style-type: none"> • Piazzale di arrivo delle gallerie Voltri Est ed Ovest • Realizzazione dei viadotti Cerusa • Area di transito dei componenti delle

Unità di paesaggio	Area di cantiere	Tipologia cantiere	Finalità del cantiere
			TBM verso l'imbocco della galleria Borgonuovo lato GE
	CI21	imbocco	• Scavo delle gallerie Voltri con metodo tradizionale
	CI22	imbocco	• Scavo della galleria Ciocia per il ramo in direzione Alessandria
	CI23	imbocco	<ul style="list-style-type: none"> • Piazzale di arrivo della galleria Delle Grazie • Realizzazione dell'ampliamento del viadotto Leiro esistente
	CI24	imbocco	• Piazzale di sbocco delle TBM, al termine dello scavo delle gallerie Monterosso e Amandola, e di smontaggio delle frese al fine del loro trasporto, attraverso i viadotti Leiro, le gallerie Voltri ed i viadotti Cerusa, al cantiere CI18 per il successivo assemblaggio
5 Le valli incise	CI25	industriale Viadotto temporaneo o traslazione TBM	• Transito delle TBM dalle gallerie Monterosso, una volta ultimato lo scavo, e piazzale di imbocco delle gallerie Amandola lato GE. In questa ottica è previsto un ritombamento provvisorio, volto per l'appunto a consentire il transito delle TBM, che sarà successivamente smantellato ed a cui seguirà la realizzazione dei viadotti
	CI 13	industriale (Pareto)	• Imbocco frese
	CI 14	industriale (Silos)	• Gestione terre
	CI 15	industriale (cimitero)	• Area di stoccaggio dei concii per le gallerie da scavare con metodo meccanizzato
	CI 08	industriale	• Realizzazione pila 3 del viadotto Genova
	CI 09	industriale	• Realizzazione pila 2 del viadotto Genova
	CI 10	industriale	• Area logistica (box, uffici di cantiere e spogliatoi per le maestranze) a servizio delle opere previste nell'ambito dell'interconnessione di Bolzaneto nonché ad area di stoccaggio del materiale necessario per la realizzazione delle gallerie e dei viadotti (Demolizione di fabbricato esistente)
	CI 11	industriale	• Produzione calcestruzzo a servizio delle opere da realizzarsi nell'ambito

Unità di paesaggio	Area di cantiere	Tipologia cantiere	Finalità del cantiere
			dell'interconnessione di Bolzaneto.
	CI 12	industriale	<ul style="list-style-type: none"> • Caratterizzazione delle terre di scavo, al fine di attestare l'idoneità delle stesse ad essere riutilizzate per la realizzazione di rilevati o ritombamenti • Frantumazione
	CI 27	imbocco	<ul style="list-style-type: none"> • Scavo delle gallerie Forte Diamante, San Rocco e Polcevera • Realizzazione delle spalle dei viadotti Mercantile ed Orpea
	CI 28	imbocco	<ul style="list-style-type: none"> • Scavo delle gallerie Baccan e Bric du Vento
	CI 32	imbocco	<ul style="list-style-type: none"> • Scavo della galleria Morego, a partire dall'imbocco Est
	CI16	imbocco	<ul style="list-style-type: none"> • Area di stoccaggio dei materiali necessari (carpenterie metalliche) per la realizzazione dello "slurrydotto"
7 La città in trasformazione	CB01	campo base	<ul style="list-style-type: none"> • Sito destinato all'alloggio delle maestranze impegnate nei lavori di costruzione, situato all'altezza del viadotto Morandi ed in destra idrografica del torrente Polcevera
7 La città in trasformazione	CI 05	industriale	<ul style="list-style-type: none"> • Demolizione elicoidale
7 La città in trasformazione	CI 30	imbocco	<ul style="list-style-type: none"> • Scavo delle gallerie Granarolo e Moro
7 La città in trasformazione	CI 31	imbocco	<ul style="list-style-type: none"> • Scavo della galleria Moro 2
8 Le fortificazioni del sistema centrale	CI 07	industriale	<ul style="list-style-type: none"> • Produzione calcestruzzo a servizio delle opere da realizzarsi nell'ambito dell'interconnessione Torbella
	CI 26	imbocco	<ul style="list-style-type: none"> • Scavo, con metodo tradizionale, delle gallerie Torbella Est, Bric du Vento, Forte Diamante, Torbella Ovest, Monte Sperone esistente (alesaggio), Granarolo e Monte Sperone.
	CI 29	imbocco	<ul style="list-style-type: none"> • Scavo della galleria Campursone e di parte della galleria Monte Sperone in direzione MI
	CI 06	industriale (stoccaggi o temporaneo)	<ul style="list-style-type: none"> • Caratterizzazione dei materiali provenienti dallo scavo in tradizionale delle gallerie in terre non amiantifere, organizzati in tre cumuli • Stoccaggio temporaneo del materiale più pregiato proveniente dallo scavo delle

Unità di paesaggio	Area di cantiere	Tipologia cantiere	Finalità del cantiere
			gallerie e da utilizzarsi per la realizzazione dell'opera a mare, organizzata secondo 6 ribancamenti <ul style="list-style-type: none"> • Frantumazione

In relazione alle caratteristiche del contesto paesaggistico, espresso all'interno dell'analisi delle singole unità di paesaggio, e in ragione delle tipologie e finalità delle aree di cantiere, di cui in questa sezione di lavoro si è riportata un'estrema sintesi della descrizione che più dettagliatamente è stata sviluppata all'interno del Quadro Progettuale (SIA Progetto di Cantierizzazione), è possibile individuare le situazioni che non presentano interferenze rilevanti con i caratteri del paesaggio e, di conseguenza, evidenziare le aree di maggiore sensibilità sia per le peculiarità del contesto territoriale che per l'entità degli apprestamenti in ragione alla complessità delle opere da realizzare.

Aree di cantiere CI01, CI02, CI19, CI22

In ragione della limitata estensione di alcune aree di cantiere imbocco, occupate - nella maggior parte dei casi - da impianti direttamente necessari alla gestione dei lavori in sotterraneo, è possibile escludere interferenze significative sul paesaggio interessato. Si tratta, nello specifico, dei cantieri CI01, CI02, CI19, CI22.

Nell'ambito di Vesima i cantieri CI01 e CI02 presentano una caratteristica comune derivante da uno sviluppo di tipo lineare, parallelamente e in adiacenza all'asse autostradale esistente.

Gli elementi di pregio paesaggistico all'interno di questo ambito sono riferibili alla presenza di una porzione marginale dell'area boscata del Parco regionale del Beigua.

In questo caso, le caratteristiche tipologiche dei cantieri che presentano modeste estensioni, nonché, come detto, lo sviluppo in affiancamento ad un elemento infrastrutturale esistente, di fatto non determinano modificazioni rilevanti nella configurazione strutturale e percettiva del paesaggio.

Di modeste dimensioni sono, altresì, i cantieri CI19 e CI22 che si localizzano rispettivamente, tra la galleria Bric del Carmo e il viadotto Cerusa esistente, l'uno, e tra il raccordo dell'A26 e la galleria Ciocia, l'altro.

L'ambito di Voltri, entro cui ricadono i due cantieri sopra citati, come descritto precedentemente, presenta un'eterogeneità di elementi strutturanti il contesto paesaggistico; l'area di cantiere della galleria Bric del Carmo (CI 19) interessa solo una porzione marginale del bosco misto generando un'interferenza che si può ritenere contenuta.

Area di cantiere CI06

È stata, inoltre, valutata di scarsa significatività l'interferenza in aree di cantiere imbocco in corrispondenza di territori caratterizzati da scarsa copertura vegetale. È il caso dei due cantieri ricadenti nell'ambito di Genova Est: il CI06, funzionale alla costruzione del viadotto Rovena, e il CI29, che individua le aree degli imbocchi della galleria Monte Sperone lato Livorno e della galleria Campursone lato nord e dell'imbocco sud della galleria Campursone.

In particolare, il cantiere CI06 occupa parte della valle del Rio Briscata, interessando una parte della pineta a pino marittimo che si insedia sul versante con esposizione nord – est che delinea l'impluvio stesso.

Considerando la marginalità e la limitata estensione della fitocenosi coinvolta, si ritiene che la predisposizione dell'area di cantiere non comporti un'alterazione della continuità vegetale.

Tale ambito, infatti, presenta nuclei sparsi di vegetazione i cui caratteri di marginalità e di limitata estensione delle fitocenosi coinvolte non determinano alterazioni significative alla struttura del paesaggio, né in termini di modifiche dell'assetto della copertura vegetazionale, né in termini di modifica delle condizioni percettive.

Ciò premesso, si ritiene che la predisposizione del manto erboso sia sufficiente a garantire un ripristino dello stato dei luoghi compromessi dalla realizzazione delle opere, favorendo la diffusione delle specie locali già presenti nell'intorno.

Aree di cantiere CI08 e CI10

Altre situazioni in cui è possibile escludere il verificarsi di impatti significativi sulla componente paesaggio sono state individuate per quelle aree di cantiere che si collocano all'interno di contesti fortemente urbanizzati, in cui la presenza di elementi eterogenei del sistema insediativo, configurantesi nella presenza di manufatti edilizi dalle caratteristiche contrastanti, sia dal punto di vista formale che funzionale, di fatto costituisce un fattore detrattore delle qualità paesaggistiche. Tali situazioni sono state riscontrate all'interno dell'ambito di Bolzaneto, con riferimento per esempio ai cantieri CI08 e CI10 che sorgono su fabbricati industriali esistenti da demolire.

L'elevato livello di antropizzazione lungo i due corsi d'acqua, i Torrenti Polcevera e Secca, di fatto ha condizionato, in senso negativo, le risorse paesaggistiche identitarie di queste aree di fondavalle. Oggi, il paesaggio dominante è quello dei manufatti industriali, le cui volumetrie hanno un forte impatto visivo, in cui si inseriscono, ad una scala più piccola, creando un forte contrasto nei rapporti scalari presenti, manufatti del tessuto residenziale frutto di interventi individuali che, via via, hanno saturato gli spazi liberi lungo il corso dei due torrenti e nelle prime propaggini dei versanti collinari.

Area di cantiere CB01

L'unico sito destinato all'alloggio delle maestranze impegnate nei lavori di costruzione è il campo base CB01 ubicato in corrispondenza dell'area "Colisa", situato all'altezza del viadotto Morandi ed in destra idrografica del torrente Polcevera.

In merito alle interferenze prodotte dall'installazione di tale tipologia di cantiere, va sottolineato che il campo è situato su un versante orientato in direzione S-E che, a partire dagli anni '60, è stato oggetto di importanti interventi di rimodellazione (finalizzati alla costruzione di serbatoi di stoccaggio idrocarburi - ex sito ERG), che ne hanno profondamente alterato l'assetto plano-altimetrico naturale.

Allo stato attuale l'area presenta un'estensione pari a circa 53.500 m² ed è caratterizzata dalla presenza di sbancamenti e piazzali situati a quote comprese tra +25m s.l.m. e +85m s.l.m ed accessibili dalla viabilità interna (via Dei Laminatoi).

Per queste motivazioni non si ritiene significativa l'interferenza del cantiere base all'interno di un'area che presenta già allo stato attuale elementi detrattori del paesaggio; in questa ottica, il ripristino ex ante di tale area, una volta completate le attività all'interno del cantiere, potrà costituire occasione per ridare un equilibrio all'assetto morfologico

dell'intera area e migliorare, in tal modo, la configurazione percettiva di questa porzione di territorio.

A valle delle considerazioni fin qui svolte, che hanno condotto ad escludere il determinarsi di impatti significativi da parte di alcune aree di cantiere sulla componente paesaggio, quale esito dell'analisi dell'interazione tra i fattori di contesto e quelli di progetto, si riporta una tabella di sintesi delle aree ritenute maggiormente sensibili, per le quali verranno valutate le interferenze e individuati gli adeguati interventi di minimizzazione degli impatti eventualmente previsti.

Tabella 10-14 Aree di cantiere imbocco maggiormente rilevanti

<i>Unità di paesaggio</i>	<i>Area di cantiere</i>	<i>Finalità area di cantiere</i>
1 La collina urbanizzata sul mare	CI17	Imbocchi galleria Borgonuovo SV
1 La collina urbanizzata sul mare	CI18	Imbocchi gallerie Borgonuovo GE e Bric Carmo Nord
4 L'entroterra rurale	CI20	Imbocchi galleria Voltri SV
4 L'entroterra rurale	CI21	Imbocchi gallerie Voltri GE e Ciocia GE
4 L'entroterra rurale	CI24	Imbocchi galleria Amandola SV
4 L'entroterra rurale	CI23	Imbocchi galleria Delle Grazie Sud
5 Le valli incise	CI25	Imbocchi galleria Amandola GE
5 Le valli incise	CI25	Imbocchi galleria Monterosso SV
6 Le valli urbanizzate	CI13	Imbocchi galleria Monterosso GE
6 Le valli urbanizzate	CI28	Imbocchi gallerie Bric du Vento SV, Baccan e Polcevera SV
7 La città in trasformazione	CI30	Imbocchi gallerie Granarolo GE e Moro 1
7 La città in trasformazione	CI31	Imbocchi gallerie Moro 1 e Moro 2
8 le fortificazioni del sistema centrale	CI26	Imbocchi galleria Torbella est, Torbella ovest, Bric del Vento, Forte Diamante, alesaggio galleria Monte Sperone
8 le fortificazioni del sistema centrale	CI26	Imbocchi galleria Granarolo MI e Monte Sperone MI

Tabella 10-15 Aree di cantiere industriale maggiormente rilevanti

<i>Unità di paesaggio</i>	<i>Area di cantiere</i>	<i>Finalità area di cantiere</i>
5 Le valli incise	CI 25	Transito TBM dalla galleria Monterosso e piazzale imbocco galleria Amendola
6 Le valli urbanizzate	CI 13	Imbocco frese (Pareto)
6 Le valli urbanizzate	CI 14	Gestione terre (Silos)
6 Le valli urbanizzate	CI 15	Area stoccaggio (cimitero)
8 Le fortificazioni del sistema centrale	CI 07	Produzione calcestruzzo

Aree di cantiere CI17, CI18, CI20, CI21, CI24

Il cantiere di imbocco CI 17 è situato in prossimità dell'imbocco della galleria Borgonuovo esistente ed occupa una parte del versante rivolto a sud a copertura boscata mista di

latifoglie e conifere; tale fitocenosi verrà in parte interessata dall'installazione del cantiere, subendo una parziale frammentazione, dovuta alla sottrazione diretta di nuclei di tipo arboreo.

Anche nel caso del cantiere CI 18, localizzato a ovest dell'ambito di Voltri, nell'area in cui saranno realizzati gli imbocchi della galleria Borgonuovo, del cantiere CI 20, funzionale alla realizzazione della galleria Voltri lato Savona, del cantiere CI 21, dove ricadranno gli imbocchi della galleria Voltri lato Genova e della galleria Ciocia, e del cantiere CI 24, funzionale alla realizzazione degli imbocchi della galleria Amandola lato Savona, si rileva un'interferenza con le formazioni boscate presenti, che può generare una parziale frammentazione delle coperture vegetali preesistenti.

Area di cantiere CI23

Il cantiere CI 23, per gli imbocchi della galleria Delle Grazie, occuperà una porzione del bosco del Parco Urbano di Villa Duchessa di Galliera, posto in fregio al limite di detto parco e poco distante dagli imbocchi delle attuali carreggiate della A10 ed A26, e segnatamente in corrispondenza della cosiddetta Valletta del Leone.

Entrando nel merito dell'analisi delle interferenze, per quanto concerne il patrimonio vegetazionale interessato, questo ambito mostra una fisionomia della copertura vegetale discontinua e già in prossimità di un'infrastruttura esistente che ne altera la composizione floristica, ragioni per le quali il pregio quindi delle fitocenosi interferite può essere considerato limitato.

Relativamente al patrimonio edilizio, posto che l'intervento in esame non interferisce in alcun modo con il manufatto di interesse storico-architettonico e testimoniale rappresentato dalla Villa Duchessa di Galliera in ragione della rilevante distanza intercorrente, la realizzazione dell'imbocco della galleria Delle Grazie comporterà la parziale modifica dell'assetto della Valletta del Leone, interessando il complesso dei manufatti che concorrono a caratterizzarla, quali per l'appunto la Latteria, l'arco di ingresso ed i resti della grotta.

Proprio al fine di non compromettere tali beni, è stata condotta un'attività di ottimizzazione della soluzione progettuale dell'imbocco della galleria, che ha consentito di non interessare il citato arco (cfr. **Figura 10-38** e **Figura 10-39**).

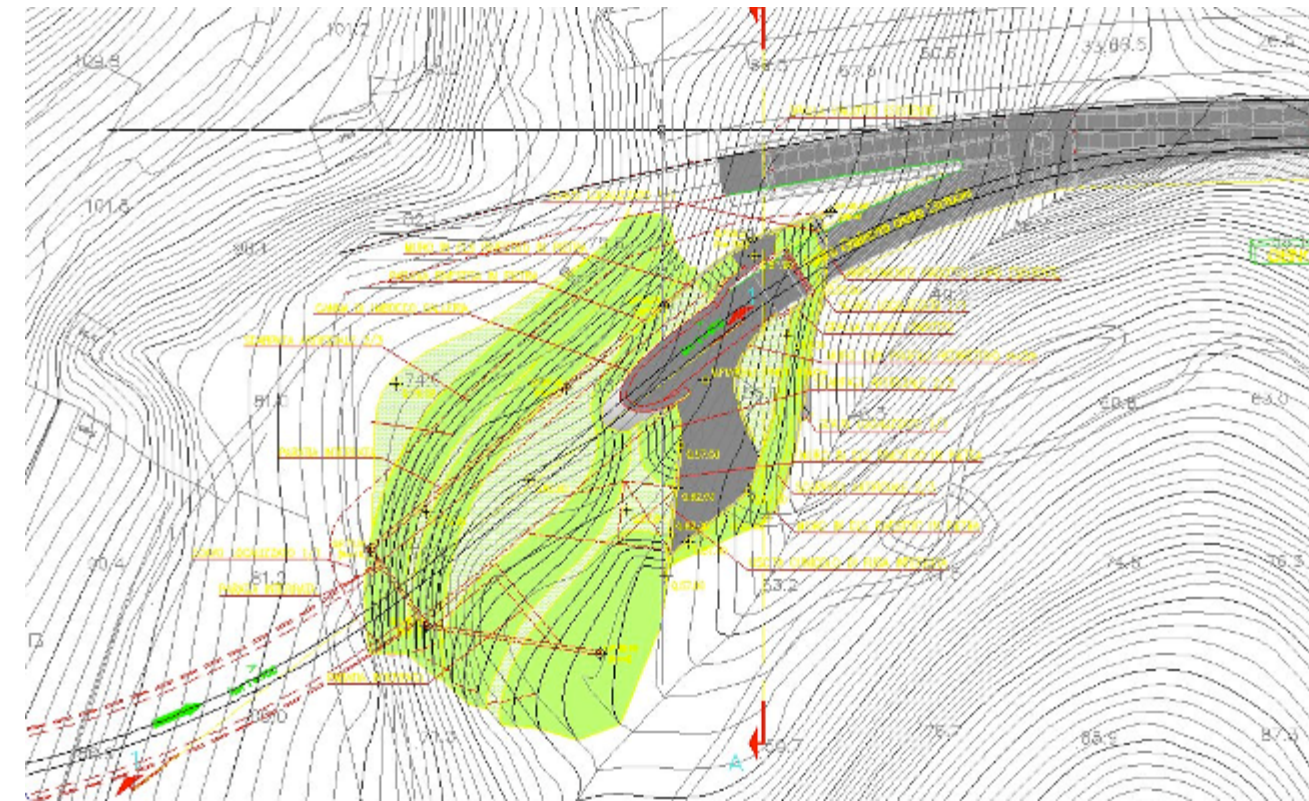


Figura 10-38 Area di cantiere Gallerie delle Grazie - soluzione non ottimizzata

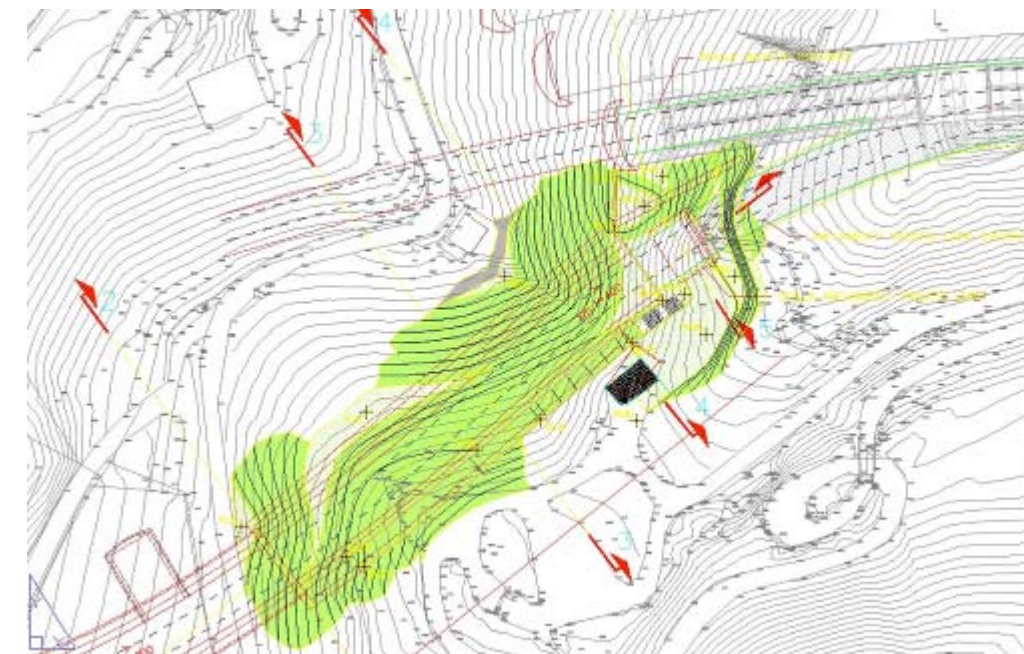


Figura 10-39 Area di cantiere Gallerie delle Grazie - soluzione ottimizzata

Per quanto invece concerne i restanti beni, stante l'impossibilità di modificare ulteriormente la soluzione progettuale, è stata prevista la delocalizzazione della Latteria e l'eventuale ricostruzione della grotta in altro luogo interno al parco.

Come detto, occorre ricordare che tale soluzione progettuale discende dal recepimento delle istanze emerse nel corso del Dibattito Pubblico in merito alla semplificazione della configurazione del nodo di Voltri, aspetto quest'ultimo che ha condotto all'eliminazione del ramo di collegamento tra la A10 in direzione Ovest e la A10bis (Gronda) in direzione Est (cfr. **Figura 10-40** e **Figura 10-41**).

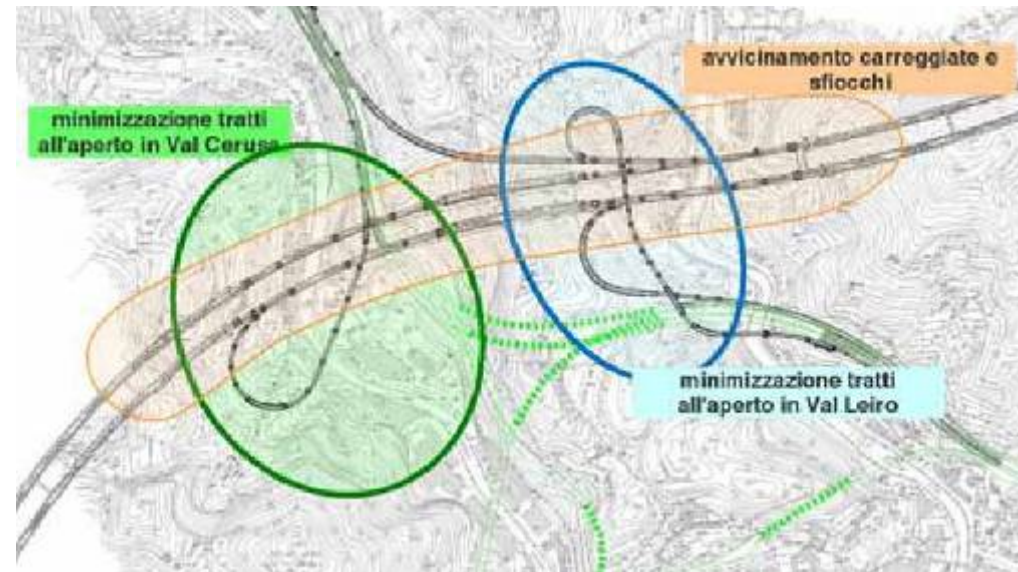


Figura 10-40 Interconnessione Voltri: ambiti di ottimizzazione del Preliminare 2007

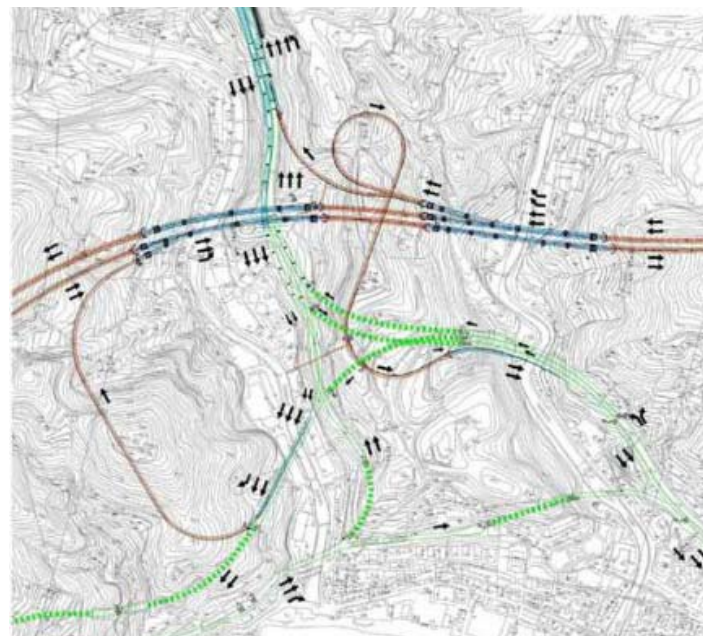


Figura 10-41 Interconnessione di Voltri: soluzione di progetto

Il confronto tra le due diverse configurazioni di progetto preliminare e di quello definitivo dà conto di come quest'ultimo abbia operato un'effettiva e significativa riduzione del carico infrastrutturale sulla Val Leiro, proprio attraverso l'eliminazione del citato ramo di collegamento, aspetto quest'ultimo che si riflette anche sull'integrità del parco della Villa Duchessa di Galliera.

Area di cantiere CI25

L'area di cantiere di imbocco CI 25, per la realizzazione delle gallerie Amandola lato Genova e Monterosso lato Savona, funzionale al passaggio della TBM, coinvolgerà l'alveo del torrente Varenna, che verrà interrotto momentaneamente e deviato mediante un bypass di tubature.

L'interferenza con i caratteri strutturali del paesaggio, seppure temporanea, tuttavia investe un elemento del sistema naturale, alterandone il valore segnico del corso d'acqua rafforzato dalla presenza della vegetazione ripariale che, nella maggior parte, si presenta con un assetto discontinuo.

Aree di cantiere CI13 e CI14

All'interno dell'ambito Bolzaneto i cantieri CI 13, tra la galleria Monterosso e il viadotto Genova, e CI 28, per l'altro imbocco della galleria Polcevera e per quelli delle gallerie Bric du Vento e Baccan, tra il viadotto Genova e le rampe di connessione all'A12, hanno una rilevanza significativa per le caratteristiche dimensionali (da **Figura 10-42** a **Figura 10-45**). In particolare, le due aree CI13 e CI 14 costituiscono il punto nodale del sistema della cantierizzazione dell'intero progetto, in quanto assolvono alle principali funzioni volte alla realizzazione delle infrastrutture autostradali ed alla gestione del ciclo delle terre.

Nello specifico, l'area CI13 è finalizzata a:

- realizzazione della spalla del Viadotto Genova;
- area di assemblaggio delle TBM attraverso le quali saranno realizzate le gallerie Monterosso, Amandola e Borgonuovo.



Figura 10-42 Area di cantiere Bolzaneto – stato ante operam



Figura 10-44 Area di cantiere Bolzaneto – stato ante operam



Figura 10-43 Area di cantiere Bolzaneto – simulazione corso d'opera



Figura 10-45 Area di cantiere Bolzaneto – simulazione corso d'opera

La principale criticità che si rileva per il cantiere CI 13 è legata alla presenza di Palazzo Pareto, vincolato come bene di interesse storico architettonico, il quale sarà direttamente interessato dalla realizzazione del viadotto Genova ed in ragione di ciò necessariamente demolito.

La stima dell'impatto derivante da detta scelta deve essere necessariamente condotta con riferimento, da un lato, agli aspetti progettuali e, dall'altro, al valore del bene in quanto tale e nel contesto in cui questo è inserito.

Per quanto attiene gli aspetti progettuali, occorre da subito evidenziare l'impossibilità di adottare un tracciato autostradale alternativo volto alla salvaguardia dell'integrità del bene, dal momento che una tale scelta, a fronte degli standard e condizionamenti che regolano la progettazione delle infrastrutture autostradali, avrebbe comportato una modifica di entità tale da interessare un numero elevato di edifici circostanti. Sempre sotto il profilo progettuale si evidenzia che la soluzione adottata, così come nel caso dell'area di cantiere della galleria delle Grazie, origina dalla cosiddetta "Soluzione 2", ossia quella proposta dal Comune e comprendente l'attraversamento medio – alto della Val Polcevera a Sud del Casello di Bolzaneto.

Per quanto invece concerne l'analisi del contesto in cui il bene è inserito, come già in precedenza descritto (cfr. par. 10.2.2.1), il carattere di questa porzione della valle è prevalentemente antropizzato soprattutto in corrispondenza della confluenza dei torrenti Polcevera e Secca, dove si concentrano numerose attività a carattere industriale. Appare con ciò evidente come l'originario carattere nel quale si inseriva il bene sia mutato in modo sostanziale, come peraltro evidenziato dalla stessa relazione storico-artistica della Soprintendenza per i Beni architettonici e per il Paesaggio della Liguria.

Per descrivere il livello di compromissione del bene tutelato, le immagini riportate al paragrafo 10.2.2.1 (cfr. da **Figura 10-5** a **Figura 10-8**) mostrano che i manufatti attualmente versano in uno stato di forte degrado ed abbandono.

Area di cantiere CI26

L'area di cantiere CI 26, all'interno della valle del Rio Torbella, è caratterizzata da un discreto livello di naturalità per la presenza, sul versante di sinistra, di estese formazioni boscate, mentre, sul versante in destra, dalle propaggini edificate di Rivarolo Ligure e da aree coltivate inframmezzate a lembi boscati. L'area di fondovalle, tuttavia, risulta già infrastrutturata per la presenza dell'autostrada A12 esistente.

Il corso del rio Torbella non viene interferito per la maggior parte del segmento compreso in questa area in quanto già tombato in passato per via dell'infrastruttura esistente, ad eccezione di un piccolo tratto a nord dell'A12, in prossimità dell'imbocco della galleria Monte Sperone esistente, dove riprende il suo corso naturale.

Le interferenze fin qui individuate sono state oggetto di interventi di mitigazione, attraverso la progettazione di opere a verde in grado di favorire l'inserimento paesaggistico degli ambiti di imbocco, seguendo il criterio fondamentale della ricucitura con la vegetazione esistente. Tali interventi, dettagliati all'interno del Quadro di Riferimento Progettuale dello SIA del Progetto Infrastrutturale, sono sintetizzati nel paragrafo successivo.

Aree di cantiere CI 25, CI 13, CI 14, CI 15 e CI 07

Per quanto riguarda i cantieri industriali, quelli individuati come sensibili sono i cantieri CI 25, CI 13, CI 14, CI 15 e CI 07.

Il cantiere CI 14, oltre ad essere rivolto alla realizzazione della pila 1 del viadotto Genova, come detto costituisce il punto nodale del sistema di gestione delle terre di scavo provenienti sia dalla sinistra che dalla destra Polcevera. Nello stesso ambito è prevista l'area di cantiere CI 15 per lo stoccaggio del materiale proveniente dagli scavi delle gallerie.

All'interno di tale area gli apprestamenti che costituiscono i principali fattori di impatto, in termini di modifica dei rapporti visuali all'interno del contesto paesaggistico, sono rappresentati dallo stoccaggio temporaneo delle terre di scavo delle gallerie realizzate in meccanizzato, mediante l'installazione di 12 silos. È evidente come l'introduzione di siffatti elementi, il cui carattere preminente deriva dalla loro altezza, determini un'alterazione dei rapporti scalari fra gli elementi costitutivi del paesaggio. Tuttavia, si evidenzia che, dall'analisi dei caratteri peculiari degli ambiti indagati attraverso l'individuazione delle unità di paesaggio, emerge come tale area sia connotata dalla presenza prevalente di tessuti di tipo produttivo che, sviluppandosi lungo il fondovalle del Polcevera, di fatto hanno contribuito a formare una nuova immagine di questo ambito vallivo, oggi prevalentemente antropizzato. In questo contesto si possono collocare questi elementi che, sebbene, come detto, rappresentino dei nuovi elementi di intrusione visiva, tuttavia, per la tipologia di manufatto e l'ambito in cui si inseriscono, non comportano una significativa modifica nella lettura della struttura del paesaggio, integrandosi, per dimensioni e per funzioni, agli elementi preesistenti e ormai identitari di questi luoghi.

10.3.2 Le opere connesse di cantierizzazione a carattere temporaneo

A differenza delle aree di cantiere, le Opere connesse di cantierizzazione oggetto della presente analisi hanno sviluppo lineare, nello specifico finalizzato al collegamento tra monte e valle per il trasporto del materiale proveniente dagli scavi in galleria, nonché di alcune parti delle frese diversamente non trasportabili.

Sia lo slurrydotto che la pista di montaggio frese saranno localizzate lungo l'alveo del torrente Polcevera, che sarà arginato mediante una scogliera in massi naturali, e correranno parallele occupando una fascia larga mediamente circa 20 metri.

Dal punto di vista del contesto paesaggistico, il tratto di torrente interessato dalle opere connesse di cantierizzazione risulta antropizzato, come testimoniano le attività essenzialmente industriali che coinvolgono in modo diffuso entrambe le zone spondali. Il valore segnico del fiume perde di leggibilità a causa della frammentazione della fascia ripariale.

I due elementi presentano una diversa valenza dal punto di vista delle condizioni percettive; lo slurrydotto, costituito da tubazioni, si configura nei nuovi elementi emergenti che si sviluppano seguendo l'acclività del versante, lungo il corso del Polcevera. In tal senso, l'interferenza rilevata consiste nell'intrusione visiva di questi nuovi elementi; tuttavia lo sviluppo lineare delle tubazioni, seguendo la giacitura del segno naturale che caratterizza il fondovalle, contribuisce a minimizzare l'impatto visivo che, comunque, ha carattere temporaneo. Per quanto riguarda la pista movimentazione frese, non si evidenziano impatti significativi, in ragione del fatto che è un'opera a raso, e pertanto non avendo carattere emergente non costituisce un fattore di interferenza da un punto di vista

percettivo; l'unica interferenza si può ravvisare durante l'esercizio della pista, ovvero durante il passaggio dei mezzi ma, tale azione, come è evidente, ha un carattere isolato nel tempo e nello spazio e, pertanto, non costituisce una significativa interferenza sul paesaggio.

10.3.3 Le opere connesse di cantierizzazione a carattere definitivo: l'opera a mare

10.3.3.1 Modificazione della struttura del paesaggio

La struttura del paesaggio nella zona di progetto ricalca la tipica struttura del paesaggio della costa ligure, caratterizzato dalla presenza di rilievi che formano una barriera, interrotta solo dalle valli fluviali, che domina su una stretta striscia costiera pianeggiante. In questa fascia si è concentrata la presenza antropica che ha comportato la formazione di vasti agglomerati urbani ed industriali.

L'opera a mare in progetto si colloca all'interno di questa zona profondamente modificata e si inserisce in un contesto dove dominano le grandi infrastrutture portuali ed industriali. L'opera, infatti, viene realizzata in adiacenza all'aeroporto per una lunghezza di circa 3600 m e una larghezza di circa 180 metri; la quota finale è analoga a quella della piattaforma aeroportuale esistente.

Considerando la localizzazione dell'intervento e le caratteristiche dello stesso appare evidente che l'opera a mare non modifica la struttura del paesaggio in senso generale, comportando solo una redistribuzione degli spazi e degli usi relativi.

La zona del canale di calma, da area esclusivamente portuale, viene divisa in due unità, con un ampliamento dell'area a disposizione dell'aeroporto ed una riduzione della zona utilizzabile per la navigazione e quindi di competenza dal porto, che viene ridotta a 60 m, senza che ciò pregiudichi gli usi attuali, che vengono mantenuti.

10.3.3.2 Modificazione delle condizioni percettive

Le modificazioni della percezione visiva del paesaggio si possono ricondurre a due tipologie, definibili come "intrusione" ed "ostrusione" visiva.

La prima, indicata anche nel già citato DPCM del 12 Dicembre 2005, è un indicatore di tipo qualitativo, che consente di valutare se la forma, il materiale ed il colore dell'opera sono in armonia con il contesto esistente e quindi compatibili con gli elementi più sensibili del paesaggio e non in contrasto od estranei ai suoi caratteri peculiari compositivi.

La seconda, invece, è un indicatore della copertura dell'angolo visivo da parte delle opere progettate, che consente di valutare la dimensione dei nuovi manufatti in rapporto alla loro distanza dall'osservatore e le dimensioni di ciò che effettivamente viene schermato dall'ingombro dell'opera.

Il paesaggio aeroportuale ed industriale presente domina la scena visiva o, usando le parole contenute nell'Allegato del DPCM del 12 Dicembre 2005, domina "l'assetto percettivo, scenico o panoramico".

Proprio la piattaforma aeroportuale su cui si innesta l'opera a mare verso il canale di calma detta la forma morfologica, quasi ovvia, dell'intervento stesso, che si sviluppa seguendo l'andamento delle banchine esistenti.

Per simulare gli effetti e gli impatti della futura opera a mare sul contesto visivo è stata perciò analizzata la scena visiva da diversi punti di vista, situati all'interno dei coni visivi individuati nella fase di analisi e considerati di maggiore valore paesaggistico. Un ulteriore criterio è stato quello di selezionare zone che hanno una certa frequentazione e da cui sarà possibile vedere l'opera in esame.

Sono state così individuate le seguenti località:

- Comune di Sestri Ponente: salita Sant'Elia;
- Comune di Cornigliano, Parco tecnologico sulla collina degli Erzelli;
- Comune di Pegli: vetta di Pegli.

Oltre a queste tre località, è stata anche considerata una vista aerea per simulare l'effetto ad osservatori in arrivo o in partenza dallo scalo aeroportuale ed una vista presa dal margine dell'aeroporto per simulare l'effetto a distanza ravvicinata.

I risultati sono evidenziati nelle figure seguenti (da **Figura 10-46** a **Figura 10-55**).



Figura 10-46 L'area di progetto vista dalla collina degli Erzelli. Situazione attuale



Figura 10-47 L'area di progetto vista dalla collina degli Erzelli. Situazione a progetto realizzato



Figura 10-48 Vista dalla vetta di Pegli senza opera a mare



Figura 10-50 Vista dall'abitato di Salita Sant'Elia



Figura 10-49 Vista dalla vetta di Pegli: situazione a progetto realizzato



Figura 10-51 Vista da vetta di Pegli: situazione a progetto realizzato



Figura 10-52 Vista dalla banchina aeroportuale



Figura 10-53 Vista dalla banchina aeroportuale: situazione a progetto realizzato



Figura 10-54 Vista aerea dell'area del canale di calma



Figura 10-55 Vista aerea dell'area del canale di calma: situazione a progetto realizzato

10.3.3.3 Conclusioni

Le indagini svolte hanno evidenziato che la costruzione della nuova opera nel canale di calma non interferisce con i vincoli posti dagli strumenti di pianificazione paesaggistica vigente, né con la fruizione dei beni ambientali e culturali, che si trovano tutti a considerevole distanza dal sito di progetto.

L'intervento non altera la struttura del paesaggio né su scala locale, costituita da area a connotazione industriale-infrastrutturale, né a scala più ampia, essendo invisibile dalla linea costiera e dal mare.

Considerando il grado di intrusione ed ostruzione visiva, le indagini svolte ed i foto inserimenti effettuati hanno evidenziato in primo luogo che l'intervento è visibile solo a notevole distanza e da osservatori posti in posizione elevata; in secondo luogo che l'elemento maggiormente percettibile è la modifica della geometria del canale di calma.

Tuttavia l'inerbimento della superficie della colmata crea una contiguità cromatica con la zona aeroportuale preesistente e quindi rende meno percettibile l'effetto della presenza della nuova struttura che nel giro di poco tempo diventerà indistinguibile dalle altre zone dell'aeroporto.

Per tali motivi l'impatto sul paesaggio è considerato trascurabile.

10.4 IL RAPPORTO OPERA AMBIENTE

10.4.1 Le aree di cantiere e le opere connesse a carattere temporaneo

In termini generali, le interferenze dovute alle aree di cantiere, che si sostanziano nella modifica dell'assetto morfologico delle aree di versante interessate dagli imbocchi, nella sottrazione delle fitocenosi, nonché nell'alterazione delle condizioni visive, sono parzialmente reversibili. Al termine della fase di costruzione, infatti, la gran parte delle superfici interferite sarà oggetto di recupero, ad esclusione delle porzioni interessate dai nuovi manufatti.

Negli ambienti già perturbati dalla presenza di attività antropiche preesistenti si ritiene necessario intervenire mediante opere di riqualificazione ambientale al fine di evitare un ulteriore elemento di degrado del paesaggio.

Gli impatti così rilevati potranno essere minimizzati attraverso interventi di rimodellamento morfologico, ovvero attraverso la sistemazione di raggruppamenti vegetali che, raccordandosi con la vegetazione esistente e consentendo di ristabilire la continuità vegetazionale preesistente lungo il versante, di fatto determinano una chiara leggibilità delle forme del paesaggio che connotano questi luoghi.

Come dettagliatamente descritto all'interno del Quadro Progettuale dello SIA del Progetto Infrastrutturale, gli interventi di mitigazione prevedono la predisposizione di fitocenosi contigue, aventi diverse caratteristiche strutturali che rappresentano gli stadi successivi del processo evolutivo a cui appartiene la vegetazione.

Le tendenze evolutive della vegetazione, a prescindere dalla serie cui appartengono, si esprimono nel passaggio da una formazione erbacea ad una arbustiva, fino ad una vegetazione di tipo forestale, che rappresenta la formazione più matura.

In accordo con tali dinamiche naturali, il progetto intende riproporre nell'impianto tale schema, dimostrando una predilezione verso le formazioni a carattere arbustivo, che, per le buone potenzialità intrinseche di sviluppo e l'elevata velocità di accrescimento, rappresentano gli stadi iniziali della serie dinamica; si ritiene importante dare degli input capaci di innescare il processo evolutivo naturale e, al tempo stesso, consentire alle formazioni di evolvere in modo spontaneo, limitandone le imposizioni dettate da un impianto già maturo.

Nella tabella seguente si riassumono le caratteristiche principali di consorzi vegetali predominanti nello stato ante operam per ciascun ambito territoriale, al fine di individuare le categorie di intervento più idonee (cfr. **Tabella 10-16**).

Tabella 10-16 Quadro di sintesi degli interventi di sistemazione a verde

Ambito di intervento	Vegetazione attuale	Categorie di intervento
Vesima	Boschi misti a carpino nero con presenza di leccio; arbusteti a dominanza di Erica arborea sui terreni abbandonati e prati sfalciati	Impianto arboreo – arbustivo a carattere termofilo (Tipo I)
Voltri	Boschi di latifoglie miste decidue a dominanza di carpino nero con presenza di orniello e roverella	Impianto arboreo – arbustivo a carattere mesofilo (Tipo I)
Varenna	Bosco di scarpata torrentizia a carpino nero, con orniello e roverella lungo il fiume; formazioni miste di decidue e arbusteti sui versanti	Impianto arboreo – arbustivo a carattere termofilo (Tipo I)
Bolzaneto	Contesto antropizzato. Nuclei boscati misti con presenza di specie infestanti ed elementi sempreverdi	Impianto arboreo – arbustivo a carattere termofilo (Tipo I)
Torbella	Boschi misti a dominanza di carpino nero e castagno negli aspetti più freschi	Impianto arboreo – arbustivo a carattere mesofilo (Tipo I)
Genova Ovest	Aree edificate intervallate da aree agricole ed ex coltivi; presenza di formazioni boschive residue	Impianto arboreo – arbustivo a carattere termofilo (Tipo I)
Genova Est	Arbusteti di ricostituzione e praterie di origine secondaria	Inerbimento

Rispetto al quadro descritto, le analisi condotte hanno evidenziato due situazioni singolari rappresentate dalle interferenze con il Parco della Villa Duchessa di Galliera (area di intervento Voltri) e con l'immobile denominato Palazzo Pareto (area di intervento Bolzaneto).

Il Parco della Villa Duchessa di Galliera, vincolato ai sensi dell'articolo 136 del Dlgs 42/2004 come "Terreni presso la Villa Brignole Sale" (DM 18.12.1929 Codice vincolo 070583), risulta parzialmente interessato dall'area di cantiere CI23 e dalla realizzazione dell'imbocco della galleria Delle Grazie.

Nello specifico, l'intervento interessa la parte del parco nota come Valletta del Leone nella quale sono presenti alcuni manufatti, rappresentati dalla Latteria, dall'arco, che segnava l'ingresso a detta valletta, nonché dai resti di una grotta. Al fine di non pregiudicare l'integrità fisica di tali beni, è stata condotta un'ottimizzazione della soluzione di imbocco della galleria Delle Grazie, scelta che ha consentito di salvaguardare l'arco. Per quanto invece attiene la Latteria, ne è stata prevista la delocalizzazione, mentre la grotta sarà eventualmente ricostruita in altro luogo del parco.

Nella stima e valutazione dell'entità dell'impatto occorre tenere presente il contesto nel quale si inseriscono tali manufatti e più in generale il parco della villa. Una chiara descrizione in tal senso è fornita dal Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Genova – Variante del Verde nel quale, in merito allo stato di conservazione delle formazioni vegetali, si evidenzia «nell'area del parco della Villa Duchessa di Galliera, la mancanza di manutenzione diffusa sulla copertura vegetale e, in particolare sulle formazioni boschive (in prevalenza si tratta di un bosco misto a orniello e roverella e

carpino nero) presenti nelle aree marginali del parco. Inoltre alcune strutture e percorsi pedonali necessitano di interventi di ripristino. I percorsi che risalgono verso l'estremità superiore del parco confluiscono in un pianoro caratterizzato da grandi lecci, originariamente luogo appartato e contemplativo, oggi soggetto all'inquinamento di tipo visivo, sonoro e atmosferico causato dalla sottostante autostrada dei Trafori»⁵⁹.

Quanto ravvisato dal PTC-Variante del Verde trova riscontro nell'analisi dell'unità di paesaggio nella quale si colloca l'area di intervento (Unità di paesaggio città della costa), la quale, proprio in ragione dei citati viadotti autostradali della attuale interconnessione di Voltri, risulta fortemente infrastrutturata.

Unitamente a ciò, oltre a sottolineare la posizione di margine che l'area di intervento riveste rispetto al parco della villa e la sua prossimità ai tre richiamati viadotti autostradali, anche in questo caso si evidenzia come la soluzione progettuale sviluppata nel progetto definitivo discenda dal recepimento delle istanze e delle scelte assunte in occasione del Dibattito Pubblico in merito alla semplificazione del nodo di Voltri.

Al fine di ottimizzare l'inserimento del nuovo imbocco galleria, è stato inoltre elaborato uno specifico intervento di sistemazione a verde che, in coerenza con le indicazioni fornite dalla richiamata scheda del PTCP, ha previsto la ricucitura vegetale del versante interessato attraverso l'impianto di formazioni arboreo – arbustive, volte a rafforzare la continuità con i consorzi boschivi esistenti.

Per quanto attiene Palazzo Pareto, immobile soggetto a vincolo ai sensi dell'art. 128 del DLgs 42/2004 (Codice Monumentale 02 – 013), esso ricade all'interno dell'area di cantiere C113 e, soprattutto, è interessato dalla realizzazione del tratto autostradale compreso tra l'imbocco della galleria Monterosso lato Genova ed il viadotto Genova, condizione che ne richiede la demolizione.

In merito allo stato di conservazione del bene, in passato utilizzato a magazzino ed in seguito abbandonato, la stessa Sovrintendenza per i Beni Culturali e Paesaggistici, nella relazione storico-artistica allegata al decreto di vincolo, evidenzia come Palazzo Pareto versi, allo stato attuale, in uno stato di forte degrado. Tale condizione, dovuta anche alle trasformazioni operate, è resa ancor più critica dalla profonda modificazione del contesto circostante in merito al quale la stessa Soprintendenza afferma che sebbene l'oggetto del vincolo sia identificato come "Palazzo Pareto poi Bruzzo con pertinenze", «oggi bisogna in realtà parlare di Palazzo con pertinenze – residue – essendo stato il contesto complessivamente stravolto dagli insediamenti industriali»⁶⁰.

Al fine di comprendere compiutamente le ragioni delle scelte progettuali che hanno condotto all'interferenza descritta occorre inoltre ricordare che la configurazione del progetto definitivo oggetto del presente studio discende dal recepimento pressoché "tal quale" della soluzione proposta dal Comune, nota come Soluzione 2 (attraversamento medio – alto della Val Polcevera a Sud del Casello di Bolzaneto), ed individuata come scelta progettuale in sede di Dibattito Pubblico

Va infine ricordato che l'adozione di un tracciato alternativo, a fronte dei condizionamenti tecnici dovuti alla complessità del nodo di Bolzaneto, avrebbe comportato l'interessamento di un numero elevato di edifici presenti nell'area.

10.4.2 Le opere connesse a carattere definitivo: l'opera a mare

L'area in cui si inserisce il progetto ha una vocazione portuale ed infrastrutturale ed è classificata come area di trasformazione in cui sono ammessi gli adeguamenti necessari al mantenimento delle funzioni indicate; la costruzione della colmata non interferisce con gli usi industriali delle aree limitrofe e con gli usi portuali attuali del canale di calma. È inoltre compatibile con l'uso aeroportuale, che anzi si avvantaggerà della presenza della nuova area che verrà incorporata nel sedime aeroportuale, risolvendo l'attuale non conformità della pista dovuta ad una insufficiente ampiezza della fascia laterale (runway) di sicurezza. L'analisi ha anche evidenziato che i Beni culturali presenti si trovano tutti a notevole distanza dal sito di progetto e la loro fruizione non è minimamente influenzata dalla presenza della colmata.

Per quanto riguarda la struttura del paesaggio, la ricostruzione storica ha evidenziato che la zona in progetto si inserisce in un contesto di tipo industriale che ha fortemente modificato la conformazione originaria della costa; l'opera in progetto rientra in questa tipologia e quindi non modifica la struttura del paesaggio immediatamente adiacente e non altera neanche la struttura del paesaggio a scala più ampia, non modificando le forme predominanti dello stesso.

Infine, per la valutazione del grado di intrusione ed ostruzione della nuova struttura, sono stati individuati i principali con visivi e verificate le zone di intervisibilità.

Si è evidenziato che da terra l'opera è visibile solo dalle zone più elevate, che si trovano comunque a distanze significative (1-2 km), mentre dal mare risulta mascherata dalla presenza della diga foranea.

Mediante foto-inserimenti si è verificato che la variazione paesaggistica maggiormente percettibile è la modifica della geometria del canale di calma.

Tuttavia l'inerbimento della superficie della colmata crea una contiguità cromatica con la zona aeroportuale preesistente e quindi rende meno percettibile l'effetto della presenza della nuova struttura che nel giro di poco tempo diventerà indistinguibile dalle altre zone dell'aeroporto.

⁵⁹ Variante al PTCP – Allegato Schede, SCHEDE 1.3_PU_01

⁶⁰ Relazione storico artistica, pag. 2