

SGC Grosseto Fano (E78).
Tratto Nodo di Arezzo (S. Zeno) - Selci Lama (E45).
Adeguamento a 4 corsie del tratto Le Ville - Selci Lama (E45).
Lotto 7.

PROGETTO DEFINITIVO

PG 364

ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

IL GEOLOGO Dott. Geol. Salvatore Marino Ordine dei geologi della Regione Lazio n. 1069	I PROGETTISTI SPECIALISTICI Ing. Ambrogio Signorelli Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111	PROGETTAZIONE ATI: (Mandataria) GP INGENNERIA GESTIONE PROGETTI INGENNERIA srl
COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE Arch. Santo Salvatore Vermiglio Ordine Architetti Provincia di Reggio Calabria n. 1270	Ingegneri DELLA PROVINCIA DI PERUGIA Sezione A Ing. Moreno Panfili Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2657 DOTTORE INGEGNERE MORENO PANFILI	(Mandante)  (Mandante) 
L'ARCHEOLOGO Dott.ssa Maria Grazia Liseno Elenco MIBACT n. 1646	SETTORE CIVILE E AMBIENTALE SETTORE INDUSTRIALE SETTORE DELL'INFORMAZIONE Ing. Claudio Muller Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 15754	(Mandante)  Studio di Architettura e Ingegneria Moderna
VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO Ing. Michele Consumini	Ing. Giovanni Suraci Ordine Ingegneri Provincia di RC n. A2895	IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12): Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI ORDINE INGEGNERI ROMA N° 14035
VISTO: IL RESP. DEL PROGETTO Arch. Pianif. Marco Colazza	Ing. Giuseppe Resta Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629	Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14035

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE
Elaborati generali
Parte 5 – Gli impatti della cantierizzazione

CODICE PROGETTO		NOME FILE	REVISIONE	SCALA
COMP.	PROGETTO	LIV. ANNO N.PROG.		
DP	LO702G	D2110		
	CODICE ELAB.	T00IA01AMBRE05	B	-
D				
C				
B	Revisione per Istr. ANAS Prot. CDG.U.0439522 23-05-2024	Giugno '24	Buongarzone	Panfili
A	Emissione	Marzo '24	Buongarzone	Panfili
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO
				APPROVATO

INDICE

1. <u>PREMESSA</u>	2		
2. <u>ATMOSFERA</u>	5		
2.1. SELEZIONE DEI TEMI DI APPROFONDIMENTO	5		
2.2. METODOLOGIA DI VALUTAZIONE DEI LIVELLI DI INQUINAMENTO ATMOSFERICO INDOTTI DALLA FASE DI CANTIERE	5		
2.2.1. <i>Modello di calcolo</i>	5		
2.3. DATI DI INPUT.....	6		
2.3.1. <i>Input territoriali</i>	6		
2.3.2. <i>Input progettuali</i>	7		
2.3.3. <i>La definizione degli scenari di simulazione</i>	7		
2.3.4. <i>Fattori di emissione</i>	8		
2.4. DATI DI OUTPUT.....	11		
2.4.1. <i>PM10</i>	11		
2.4.2. <i>PM2.5</i>	12		
2.4.3. <i>NO₂</i>	12		
2.5. RAPPORTO OPERA AMBIENTE E MISURE DI PREVENZIONE E MITIGAZIONE.....	12		
3. <u>AMBIENTE IDRICO</u>	14		
4. <u>SUOLO E SOTTOSUOLO</u>	15		
5. <u>USO DEL SUOLO E PATRIMONIO AGROALIMENTARE</u>	17		
6. <u>BIODIVERSITÀ</u>	18		
6.1. IMPATTI SULLA COMPONENTE BOTANICO VEGETAZIONALE	18		
6.2. FAUNA, ECOSISTEMI E CONNESSIONI ECOLOGICHE	20		
7. <u>RUMORE</u>	22		
7.1. SELEZIONE DEI TEMI DI APPROFONDIMENTO	22		
7.2. METODOLOGIA DI VALUTAZIONE DEI LIVELLI ACUSTICI INDOTTI DALLA FASE DI CANTIERE	22		
7.3. DATI DI INPUT.....	23		
7.3.1. <i>Parametri territoriali</i>	23		
7.3.2. <i>Modellazione acustica</i>	23		
7.4. DATI DI OUTPUT.....	24		
7.4.1. <i>Mappatura acustica</i>	24		
7.4.2. <i>Valori acustici in corrispondenza dei ricettori</i>	25		
7.5. SCENARIO POST MITIGAZIONE	27		
7.5.1. <i>Tipologia di interventi di mitigazione</i>	27		
		7.5.2. <i>Output del modello</i>	27
		7.6. RAPPORTO OPERA-AMBIENTE E MISURE DI PREVENZIONE E MITIGAZIONE	31
		7.6.1. <i>Deroga</i>	31
8. <u>VIBRAZIONI</u>	32		
8.1. SELEZIONE DEI TEMI DI APPROFONDIMENTO.....	32		
8.2. METODOLOGIA DI VALUTAZIONE DEI LIVELLI VIBRAZIONALI INDOTTI DALLA FASE DI CANTIERE ..	32		
8.3. MODELLO DI CALCOLO.....	34		
8.3.1. <i>Sorgenti superficiali</i>	34		
8.3.2. <i>Sorgenti di profondità</i>	35		
8.3.3. <i>Dati di input</i>	35		
8.3.4. <i>Definizione tipo di sorgente</i>	36		
8.4. DATI DI OUTPUT	36		
8.5. RAPPORTO OPERA AMBIENTE E MISURE DI MITIGAZIONE	40		
8.5.1. <i>Mitigazioni in fase di cantiere</i>	40		
9. <u>PAESAGGIO</u>	41		
10. <u>POPOLAZIONE E SALUTE PUBBLICA</u>	42		

1. PREMESSA

Riprendendo la matrice di attenzione della Parte 2 dello Studio di Impatto ambientale, il cui stralcio è riportato nella figura che segue, risulta che la fase di cantiere è articolata in diverse azioni di progetto che generano diversi fattori di impatto. Questi coinvolgono tutte le matrici ambientali prese in considerazione nell'analisi dello scenario base.

		FATTORI DI IMPATTO																							
		Aumento del volume di traffico pesante	Emissione rumore e vibrazioni	Emissioni in atmosfera	Emissioni polveri	Alterazione morfologica	Rischio idrogeologico	Modifica caratteristiche pedologiche	Gestione terre e roccia da scavo	Approvvigionamento inerti	Gestione rifiuti/inerti	Gestione acque meteoriche e reflue	Interferenza rete idrica superficiale	Interferenze con la falda	Permeabilità	Consumo di inerti	Alterazione delle caratteristiche geomorfologiche	Variazione uso suolo	Modifica habitat e/o disturbo fauna	Variazione caratteristiche floristico-vegetazionali	Effetto barriera per la fauna	Variazioni estetiche e cromatiche	Rischio archeologico	Vincoli alle destinazioni d'uso	
ATTIVITA' DI PROGETTO																									
CANTIERE	OPERE PRELIMINARI - APPRONTAMENTO AREE CANTIERI																								
	Taglio della vegetazione e rimozione materiale																								
	Scotico e accantonamento terreno vegetale																								
	Realizzazione fondo con rullo e ghiaia ove necessario																								
	Demolizioni																								
	Scavi e movimenti terra																								
	Gestione cantiere																								
	MOVIMENTO MEZZI E MATERIALI																								
	Movimento macchine operatrici																								
	Trasporto materiali																								
	Stoccaggi temporanei																								
	Frantoi per recupero inerti																								
	OPERE CIVILI																								
	Opere d'arte maggiori viadotti (Impalcato, sottostrutture, fondazioni)																								
	Realizzazione opere d'arte minori - muri e paratie																								
	Realizzazione rilevati e trincee																								
	Realizzazione gallerie																								
	Opere d'arte minori - attraversamento idraulico																								
	Realizzazione pavimentazioni stradali																								
	INSERIMENTO PAESAGGISTICO E AMBIENTALE																								
	Raccordo morfologico e riporto terreno vegetale																								
	Plantumazioni e inerbimenti																								
	Barriere fonoassorbenti																								
	SMANTELLAMENTO CANTIERI E RIPRISTINO																								
Smontaggio e rimozione apparecchiature																									
Rimozione eventuali opere impermeabilizzazione e ripristino qualità del suolo a																									
Ripristino delle aree all'uso agricolo																									

Figure 1-1 Matrice di attenzione attività di cantiere

Gli impatti si possono suddividere tra quelli legati alla presenza e alla gestione delle aree cantiere, delle aree tecniche e di stoccaggio terre e quelli attinenti le piste di cantiere e alle modalità realizzative delle opere, in particolare delle opere d'arte maggiori (viadotti e gallerie).

La prima tipologia di impatti è assimilabile a quella di opere puntuali e sono mitigati con l'adozione di specifici presidi che permettono la corretta gestione delle acque e dei reflui, dei rifiuti, delle macchine e degli stoccaggi terra, oltre che la realizzazione di specifici presidi ambientali per la salvaguardia della qualità delle matrici ambientali potenzialmente coinvolte. Inoltre, in fase esecutiva sarà finalizzato il Piano di gestione ambientale per la pianificazione delle attività di controllo ambientale del cantiere, al fine di assicurare un corretto e coordinato sviluppo dei lavori e prevenire l'insorgere di possibili criticità ambientali tali da precludere il conseguimento degli obiettivi di sostenibilità.

Per l'esecuzione dei lavori sono stati definiti due Campi Base, ubicati in prossimità dei due svincoli, lato Grosseto e lato Fano, che contrassegnano l'inizio e la fine degli interventi sulla viabilità principale di progetto. Inoltre, sono stati individuati tre Campi Operativi con funzionamento asincrono durante le FASI prefissate per lo svolgimento delle lavorazioni e inoltre, sono state previste aree tecniche/cantieri operativi in prossimità della galleria "Citerna" e "Le Ville".

- **I Cantieri Base:** ospitano i box prefabbricati e le attrezzature necessarie per il controllo, la direzione dei lavori e tutte le strutture per l'alloggiamento delle maestranze e del personale di cantiere (dormitori, mense, servizi igienici, parcheggi dei mezzi). Inoltre le aree dovranno prevedere aree operative e di stoccaggio dei materiali da costruzione e delle terre di scavo. La loro ubicazione è prevista prevalentemente nelle vicinanze di aree antropizzate e a ridosso alle viabilità principali (rete viaria autostradale e provinciale) per facilitarne il raggiungimento.
- **I Cantieri Operativi:** sono aree fisse di cantiere distribuite lungo il tracciato che svolgono la funzione di cantiere-appoggio per tratti d'opera su cui realizzare più manufatti. Al loro interno saranno previste aree logistiche, aree per lo stoccaggio dei materiali da costruzione e di stoccaggio temporaneo delle terre di scavo. Oltre alle normali dotazioni di cantiere, alcune aree saranno dotate di impianto di betonaggio e frantumazione per il recupero degli inerti.

Di seguito sono indicate le superfici dei singoli Campi Base e Campi Operativi, nonché le loro dotazioni in termini di macchinari e mezzi utilizzati.

NOME CAMPO	SUP.TOTALE (mq)
CB.01	41.537
CB.02	51.580
CO.01a	1.792
CO.01b	1.521
CO.01c	30.652
CO.01b.2	1.320
CO.02a	12.480
CO.02b	10.816
CO.02c	85.756
CO.02d	133.872
CO.03a	43.393
CO.AT01	6.895
CO.AT00	50.900

DOTAZIONI	
CAMPO BASE	CAMPO OPERATIVO
n.10 escavatori	n.2 escavatori
n.10 dumpers	n.1 dumpers
n.10 bulldozer	n.1 bulldozer
n.4 rulli compattatori	n.1 rullo compattatore
n.2 piastre vibranti	n.1 finitrice
n.2 finitrici	n.1 macchina perforatrice
n.4 macchine perforatrici	n.1 camion betoniera
n.8 camion betoniera	

Figure 1-1 Superfici Campi Base e Campi Operativi con dotazioni.

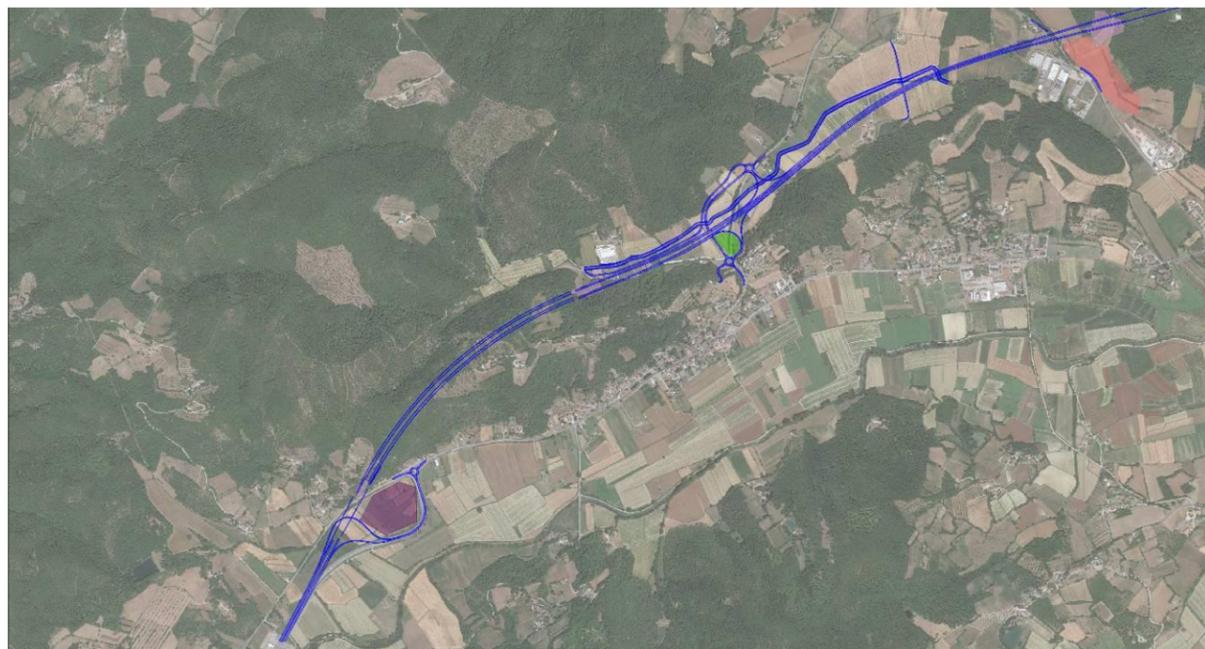


Figura 1-2 Area Campo Base CB.01 in prossimità dello svincolo "Le Ville" di progetto.

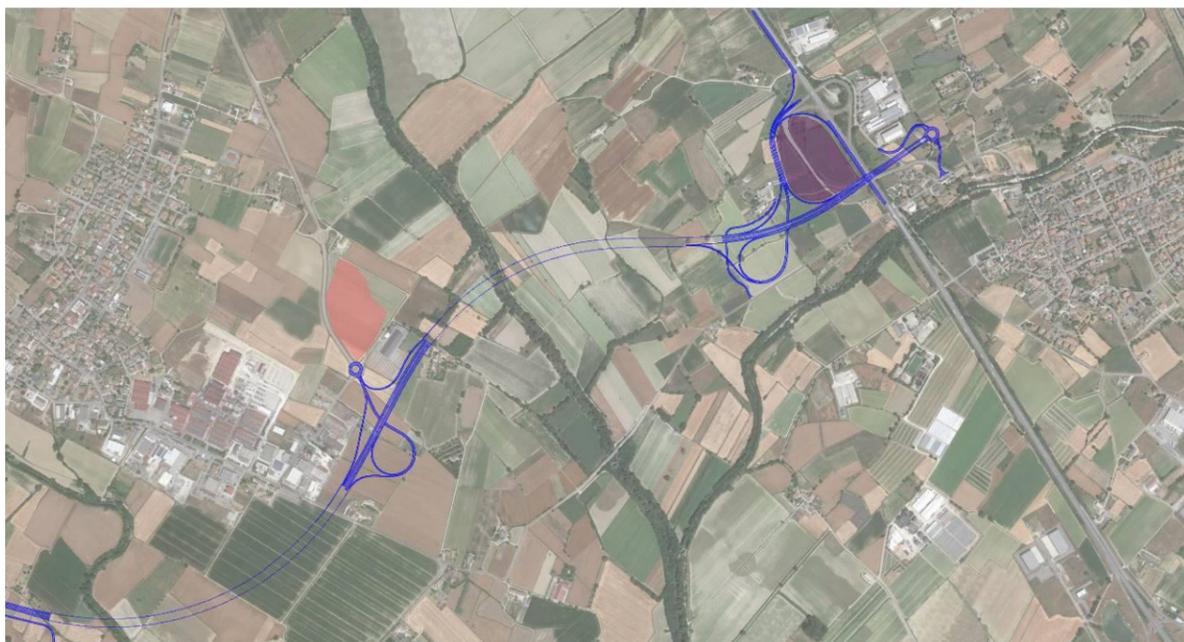


Figura 1-3 - Area Campo Base CB.02 ubicata alla fine del tratto di intervento.

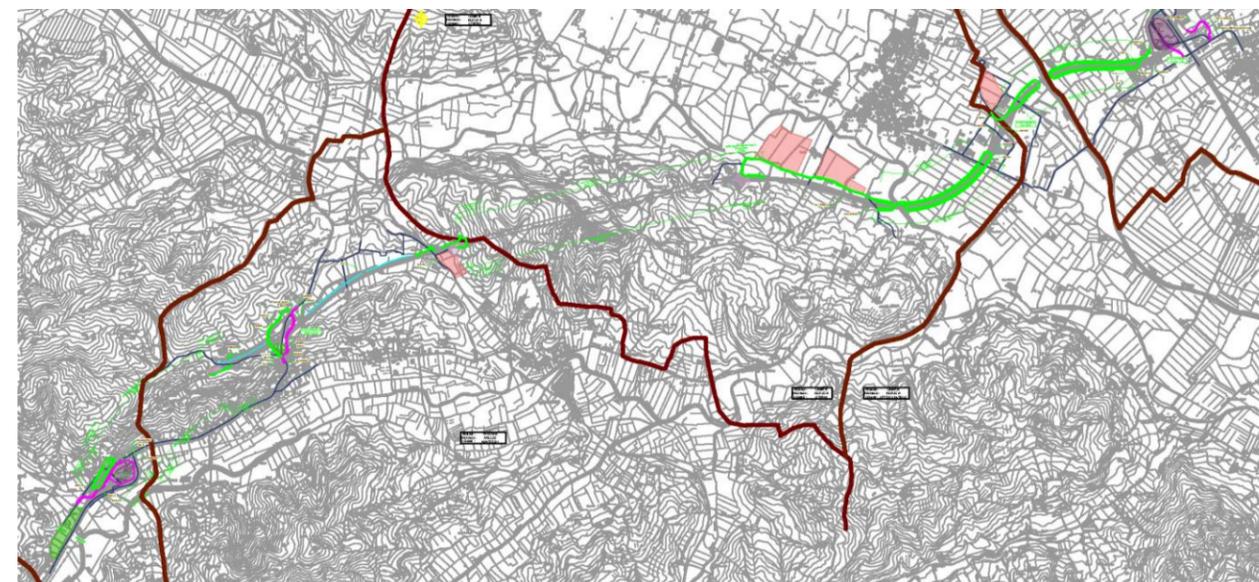


Figura 1-4 Corografia generale con individuazione dei Campi Base e Campi Operativi, viabilità provvisorie e piste di cantiere di FASE 1-2-3.

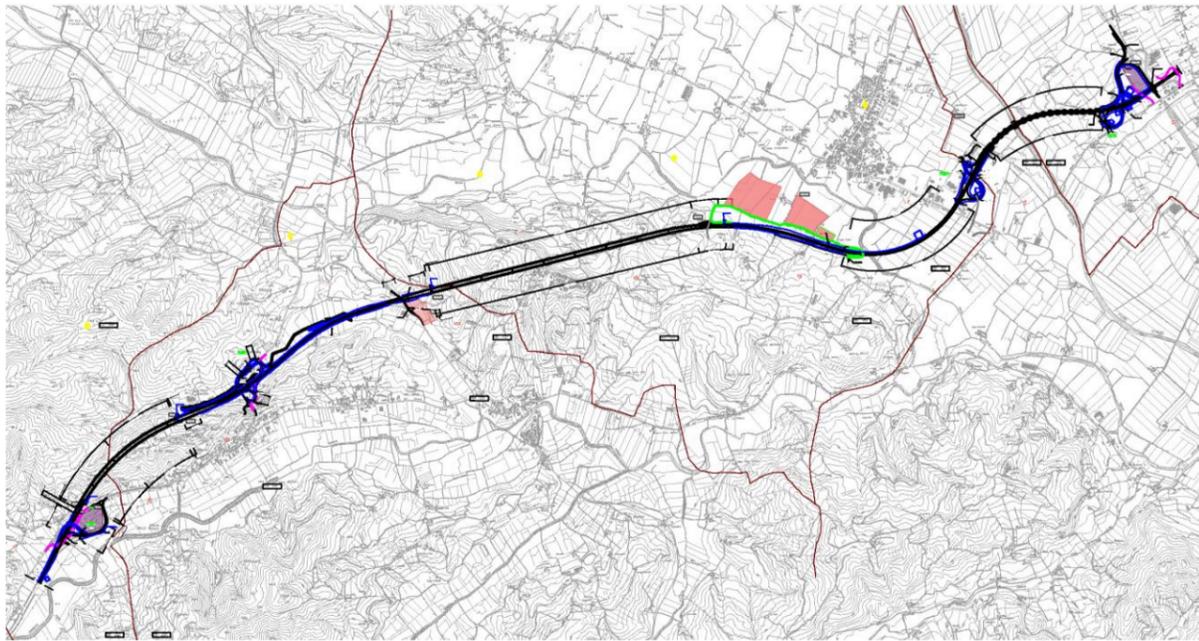


Figura 1-5 - Corografia generale con individuazione dei Campi Base e Campi Operativi, viabilità provvisorie e piste di cantiere di FASE 4.

Per meglio chiarire le scelte progettuali in merito all'ubicazione dei vari Cantieri Operativi risulta necessario disarticolare la fasizzazione dei lavori. A questo proposito nelle successive figure sono riportate le corografie distinte per le 5 FASI di lavoro previste, a cui corrispondono fasi operative definite anche in relazione al sistema di viabilità progettato al fine di garantire, in ogni fase delle lavorazioni, sia il deflusso del traffico ordinario, ma anche l'accesso a tutti i fondi e a tutte le aree di cantiere. Questo sistema si articola:

- in **viabilità provvisoria**, da realizzarsi per il transito ordinario durante le lavorazioni, costituita da una piattaforma stradale di larghezza 6 m con uno strato di fondazione in misto granulare stabilizzato ed uno strato in conglomerato bituminoso di spessore 5 cm;
- in **pista di cantiere**, da realizzarsi su terreno naturale allo scopo di accedere alle aree operative, costituita da una piattaforma stradale di larghezza 4 m con uno strato di fondazione in misto granulare stabilizzato accompagnato da un trattamento superficiale di depolverizzazione;
- in **viabilità alternativa**, intendendo nel caso in esame una viabilità di progetto già realizzata in una prima fase dei lavori e destinata alla deviazione del transito del traffico ordinario durante le lavorazioni che invece interessano la viabilità esistente nella seconda fase dei lavori (i.e. svincolo Le Ville, svincolo Monterchi, Svincolo E45 e in prosecuzione con la 45 come punto di intersezione per l'intervento PF365);
- in **viabilità di cantiere**, per la quale si intende una viabilità esistente destinata, oltre che al transito ordinario, anche ai mezzi di cantiere durante le fasi di lavoro per le ovvie necessità di raggiungere le aree dei cantieri base, dei cantieri operativi e tutte le piste di cantiere previste per la realizzazione delle opere d'arte.

Le viabilità provvisorie e/o alternative sono tali da garantire il deflusso del traffico ordinario; in riguardo a ciò si prevede di minimizzare quanto più possibile le lavorazioni svolte in soggezione al traffico stesso. Le viabilità di cantiere sono invece utilizzate per il collegamento tra i Campi Base, i Campi Operativi in

esercizio nella specifica microfase e le aree di lavorazione; mentre le piste di cantiere sono indispensabili per la realizzazione delle opere d'arte maggiori (i.e. viadotti e gallerie) e minori (i.e. paratie e tombini). Al termine dei lavori, sulle viabilità esistenti impegnate dal transito dei mezzi d'opera durante le lavorazioni non si prevede alcun tipo di intervento di adeguamento, mentre le nuove viabilità a carattere provvisorio esterne alla piattaforma di progetto saranno dismesse ed eventualmente rinaturalizzate. Le viabilità intercettate dal flusso di cantiere, in prossimità delle aree di lavorazioni e degli accessi ai campi base e operativi, saranno soggette ad una limitazione di velocità amministrativa pari a 40 km/h, finalizzata a ridurre il rischio dovuto all'ingresso e uscita degli automezzi di cantiere.

Oltre ai campi base e a quelli operativi sono state individuate delle aree tecniche e di varo necessarie alla realizzazione delle opere d'arte maggiori e minori, che vengono dettagliate negli elaborati dedicati alla fasizzazione dei lavori e che si concretizzano negli spazi adibiti a piste di cantiere a partire dalle strade esistenti. Prima di procedere all'approntamento dei campi base, sarà svolta l'attività di bonifica degli ordigni bellici, mentre la risoluzione di eventuali interferenze con il progetto sarà demandata all'inizio delle singole microfasi operative.

Dal momento in cui, in base all'articolazione delle fasi di lavoro, taluni campi operativi dovessero risultare non più utilizzati, essi saranno dismessi e ripristinati alle condizioni ante-operam. Per ripristino s'intende lo smobilizzo del cantiere, il riallineamento delle quote con quelle dello stato di fatto e le eventuali operazioni di rinaturalizzazione. Tale processo si applica anche alle aree tecniche delle opere d'arte ed ai campi base. Rimandando al capitolo successivo la descrizione delle varie fasi, di seguito si allegano le corografie generali della cantierizzazione sopra menzionate, nelle quali è possibile osservare l'ubicazione di tutti i cantieri, le viabilità provvisorie, le piste di cantiere ed i tratti di progetto già realizzati/in corso di realizzazione.

2. ATMOSFERA

2.1. SELEZIONE DEI TEMI DI APPROFONDIMENTO

Per quanto riguarda la verifica delle potenziali interferenze sulla qualità dell'aria legate alla dimensione costruttiva dell'opera oggetto di studio, si può fare riferimento alla seguente matrice di correlazione azioni-fattori causali-effetti:

Azioni di progetto	Fattori causali	Impatti potenziali
Approntamento aree di cantiere	Produzione emissione inquinanti	Modifica della qualità dell'aria
Scavo e scotico		
Scavo meccanizzato con martello pneumatico		
Demolizione manufatti		
Rinterri		
Realizzazione rilevati		
Realizzazione elementi gettati in opera		
Movimentazione materie		
Traffico di cantiere		

Tabella 2-1 Atmosfera: matrice di causalità – dimensione costruttiva

2.2. METODOLOGIA DI VALUTAZIONE DEI LIVELLI DI INQUINAMENTO ATMOSFERICO INDOTTI DALLA FASE DI CANTIERE

Al fine di stimare le interferenze tra le attività di cantiere e la componente atmosfera e verificare i limiti normativi per la protezione della salute umana, sono state condotte delle simulazioni modellistiche.

In particolare, come effettuato nel prosieguo della trattazione, sono state in primo luogo individuate le sorgenti emmissive, rappresentate nello specifico da sorgenti areali in cui è prevista la movimentazione del materiale polverulento e l'emissione dei gas di scarico da parte dei mezzi di cantiere, e da sorgenti lineari sulle quali è prevista la circolazione del traffico di cantiere.

Si anticipa che le sorgenti considerate nelle simulazioni modellistiche per la stima delle concentrazioni degli inquinanti, sono state individuate in modo da rappresentare la situazione maggiormente critica data dalla sovrapposizione di più attività di cantiere (Worst case scenario).

Al fine di stimare le concentrazioni di inquinanti (PM10, PM2,5, e NO₂) prodotte dalle attività di cantiere è stato utilizzato il software di simulazione Aermod View.

Per lo scenario peggiore (Worst case scenario) sono state definite le sorgenti emmissive da modellare all'interno del software di simulazione e sono stati stimati i fattori di emissione relativi alla singola attività prevista con riferimento al documento US-EPA: AP-42 "Compilation of Air Pollutant Emission Factors".

2.2.1. MODELLO DI CALCOLO

Il modello di simulazione matematico relativo alla dispersione degli inquinanti in atmosfera a cui si è fatto riferimento per le simulazioni, è il software AERMOD View, distribuito dalla Lakes Environmental, il quale, partendo dalle informazioni sulle sorgenti e sulle condizioni meteorologiche, fornisce la dispersione degli inquinanti in atmosfera e i relativi livelli di concentrazione al suolo.

AERMOD View incorpora i principali modelli di calcolo utilizzati dall'U.S. EPA attraverso un'interfaccia integrata.

PROGETTAZIONE ATI:

Tali modelli sono:

- Aermod;
- ISCST3;
- ISC-PRIME.

In particolare, AERMOD è un modello di tipo Gaussiano (Steady-state Gaussian plume air dispersion model) basato su un modello di stabilità atmosferica di tipo "Planetary boundary layer theory"¹, che consente di valutare, attraverso algoritmi di calcolo, i fattori di deflessione degli edifici, i parametri di deposizione al suolo degli inquinanti, l'effetto locale dell'orografia del territorio ed in ultimo i calcoli relativi alle turbolenze meteorologiche.

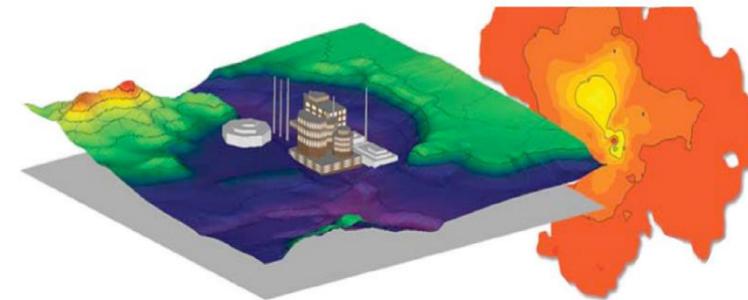


Figura 2-1 AermodView Esempio di modellazione grafica 3D delle curve di isoconcentrazione

Il codice AERMOD è stato sviluppato dall'American Meteorological Society – EPA, quale evoluzione del modello gaussiano ISC3. La dispersione in atmosfera della sostanza inquinante è funzione delle condizioni di stabilità atmosferica dell'area di riferimento stessa²:

- strato limite dell'atmosfera stabile: la distribuzione è di tipo gaussiano sia in direzione orizzontale che in direzione verticale;
- strato limite dell'atmosfera instabile: la distribuzione è di tipo gaussiano in direzione orizzontale e bi-gaussiano in direzione verticale.

Tale impostazione supera le tipologie di modelli precedenti (ISC3) permettendo di superare i limiti dei modelli gaussiani, i quali non erano in grado di simulare, in maniera sufficientemente rappresentativa, le condizioni di turbolenza dello strato limite atmosferico. Il codice prende in considerazione diversi tipi di sorgente:

- puntuali;
- lineari;
- areali;
- volumiche.

Per ognuna di tali sorgenti il modello fa corrispondere un diverso algoritmo di calcolo delle concentrazioni. Il modello, pertanto, calcola il contributo di ciascuna sorgente nel dominio d'indagine, in corrispondenza dei punti ricettori, i quali possono essere punti singolari, o una maglia di punti con passo definito dall'utente.

In ultimo il modello si avvale di due ulteriori modelli per la valutazione degli input meteorologici e territoriali.

Il primo modello, AERMET, consente di elaborare i dati meteorologici rappresentativi dell'area d'intervento, al fine di calcolare i parametri di diffusione dello strato limite atmosferico. Esso permette, pertanto, ad AERMOD di ricavare i profili verticali delle variabili meteorologiche più influenti. Il secondo modello, AERMAP, invece, consente di elaborare le caratteristiche orografiche del territorio in esame.

¹ AERMOD Tech Guide – Gaussian Plume Air Dispersion Model. Version 7.6

² US EPA, User Guide for the AMS EPA regulatory model AERMOD – USA (2004)

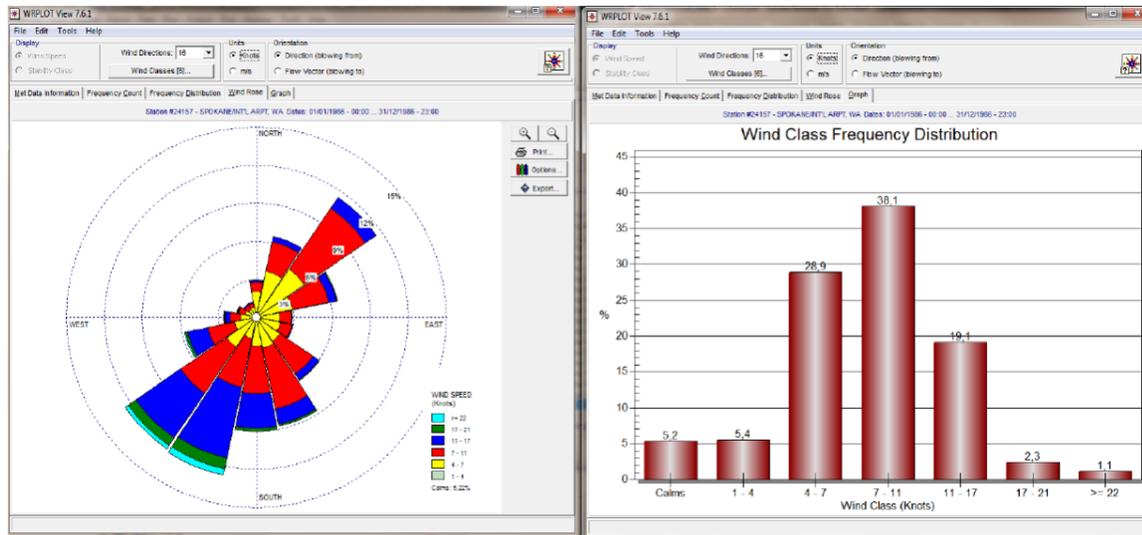


Figura 2-2 Esempio di applicazione del modulo AERMET

Come accennato, l'output del modello è rappresentato dalla valutazione delle concentrazioni di inquinanti in riferimento ai ricettori scelti. Qualora si scelga di rappresentare i risultati attraverso una maglia, il software, grazie ad algoritmi di interpolazione è in grado di ricostruire le curve di isoconcentrazione, al fine di determinare una mappa di isoconcentrazione degli inquinanti.

Per maggiore chiarezza si può fare riferimento ad una struttura semplificata dell'intero processo di simulazione del software che può essere rimandata a due famiglie di parametri:

- parametri territoriali;
- parametri progettuali.

La prima famiglia di parametri è rappresentata da tutti i parametri propri del territorio ed in particolare i parametri meteorologici ed i parametri orografici. È evidente come tali parametri possano essere assunti costanti nel tempo, per quello che riguarda la parte orografica, e come invece debbano essere considerati variabili nel tempo, anche se affetti da un andamento periodico, i parametri meteorologici.

Questi due parametri, computati in maniera contemporanea, determinano le modalità di diffusione, definendo, ad esempio, i diversi campi di vento a cui è sottoposta l'area in esame nei diversi periodi dell'anno.

La seconda famiglia di parametri, definisce, invece, il quadro "Emissivo" del progetto, ovvero definisce tutti i fattori di emissione relativi alle differenti attività effettuate all'interno del processo realizzativo dell'opera.

Una volta stimate le due famiglie di parametri, il modello di simulazione ne analizza le diverse correlazioni possibili, andando a valutare gli effetti relativi alla presenza della sorgente atmosferica i-esima situata in un'area territoriale e attiva in uno specifico arco temporale, considerando le condizioni meteorologiche relative alla stessa area e nello stesso arco temporale, definendo le curve di isoconcentrazione necessarie alle valutazioni degli impatti dell'opera sui ricettori sensibili.

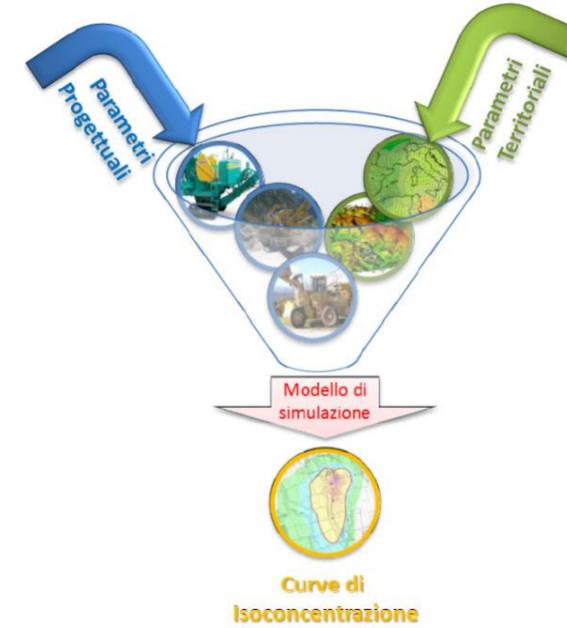


Figura 2-3 Definizione logica del modello adottato

2.3. DATI DI INPUT

2.3.1. INPUT TERRITORIALI

I dati meteorologici

Uno degli input fondamentali per l'analisi delle concentrazioni degli inquinanti in atmosfera è il dato meteo. Per ricreare lo scenario diffusivo caratteristico del sito simulato, quindi, è stato necessario costruire adeguati file meteorologici in formati compatibili con il preprocessore meteorologico utilizzato dal modello di simulazione utilizzato, Aermot, denominato Aermot.

I file meteorologici necessari sono due, uno descrittivo delle condizioni meteorologiche registrate al suolo nel sito di studio, l'altro descrittivo dell'andamento verticale dei principali parametri meteorologici.

Nel caso specifico sono stati utilizzati gli stessi dati delle simulazioni in fase di esercizio (par. 8.2.1), per la costruzione del primo file suddetto, mentre i dati profilometrici sono stati calcolati attraverso l'applicazione del "Upper Air Estimator" sviluppato dalla Lakes Environmental e citato quale metodo applicabile dalla stessa FAA.

Per descrivere la condizione meteorologica al suolo, il software Aermot richiede di inserire un file, con estensione ".dat", contenente le informazioni caratterizzanti i giorni di cui si voglia studiare la dispersione.

I dati grezzi descritti e commentati precedentemente sono quindi stati riorganizzati nel formato "SCRAM", che caratterizza le condizioni superficiali con intervalli di 60 minuti.

```
1234521010100002360020350000
1234521010101001360020330000
1234521010102003360010320202
```

Figura 2-4 Esempio di alcune righe di un file scritto in formato "SCRAM"

Per leggere il file, il software associa ad ogni posizione di un carattere all'interno della stringa di testo un preciso significato; di seguito viene indicato il significato di ogni cifra a secondo della casella che occupa:

- 1-5: indicano il codice della postazione meteorologica che ha registrato i dati; nell'esempio mostrato è stata denominata "12345";
- 6-7: indicano l'anno che si sta considerando; l'esempio riguarda l'anno 2021 che viene indicato con le ultime due cifre "21";
- 8-9: viene specificato il mese, nell'esempio siamo a gennaio: "01";
- 10-11: anche il giorno viene indicato con due cifre, nell'esempio siamo al primo giorno di gennaio: "01";
- 12-13: si specifica l'ora, lasciando vuota la prima casella nel caso di numeri ad una sola cifra;
- 14-16: viene indicata l'altezza a cui si trovano le nuvole, espressa in centinaia di piedi;
- 17-18: indicano la direzione del vento, espressa come decine di gradi (esempio 130°=13);
- 19-21: si indica la velocità del vento, espressa in nodi (001 Knot= 1853 m/h);
- 22-24: la temperatura espressa in questa tre caselle è indicata in gradi Fahrenheit (si ricorda la relazione: $T^{\circ}f = 9/5 (T^{\circ}c + 32)$);
- 25-28: si indica la quantità di nuvole: le prime due cifre, in una scala che va da zero a dieci, indicano la percentuale di nuvole presenti su tutta la zona, mentre le seconde due cifre, con la medesima scala, indicano la foschia presente sopra il sedime.

Il file così costruito è poi trattato mediante il preprocessore meteorologico Aermat, che analizza i dati e li riordina in modo da poter essere utilizzati dal software di simulazione.

Per inserire il file caratterizzante la situazione in quota, come definito in precedenza, si è scelto di utilizzare l'upper air estimator fornito dalla Lakes Environmental. Tale strumento consente di fornire, attraverso leggi di regressione, il profilo meteorologico in quota. Tale sistema è riconosciuto dalla FAA10³ ed alcune analisi sperimentali hanno dimostrato una buona approssimazione tra le concentrazioni stimate a partire dai dati in quota rispetto a quelle stimate attraverso l'uso dell'Upper Air Estimator⁴.

I dati orografici

Il secondo gruppo di parametri territoriali da definire è legato all'orografia del territorio in cui l'opera si innesta. Il software Aermat View, grazie al processore territoriale AERMAP, permette di configurare essenzialmente tre tipologie di territorio così come mostrato in Figura 2-5.

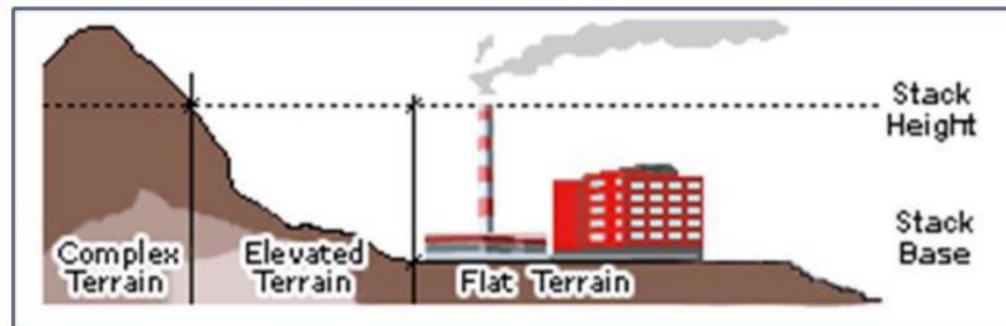


Figura 2-5 Tipologie di configurazioni territoriali

Con riferimento all'area in esame interessata dall'opera in progetto, si è adottata una conformazione del territorio di tipo "elevated" al fine di rendere la modellazione il più possibile fedele alla realtà.

2.3.2. INPUT PROGETTUALI

La metodologia del worst case scenario

La metodologia che è stata seguita per la definizione degli input di progetto e quindi delle sorgenti emissive presenti durante la fase di cantiere dell'opera in esame è quella del "Worst Case Scenario". Tale metodologia, ormai consolidata ed ampiamente utilizzata in molti campi dell'ingegneria civile ed ambientale, consiste, una volta definite le variabili che determinano gli scenari, nel simulare la situazione peggiore possibile tra una gamma di situazioni "probabili". Pertanto, il primo passo sta nel definire le variabili che influenzano lo scenario, che nel caso in esame sono le variabili che influenzano il modello di simulazione. Una volta valutati gli scenari è possibile fare riferimento ad uno o più scenari, ritenuti maggiormente critici, nell'arco di una giornata.

A titolo esemplificativo, al fine di comprendere la logica del processo di simulazione si può fare riferimento allo schema di processo sottostante.

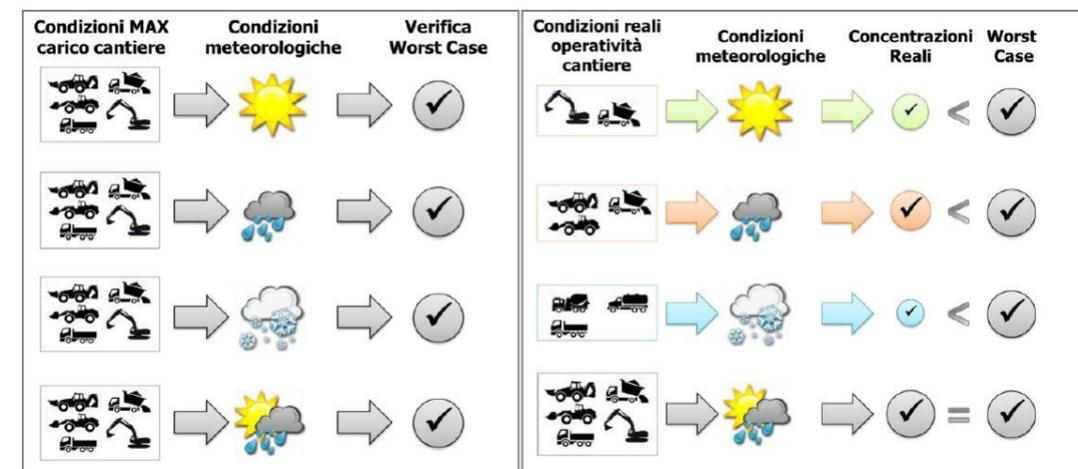


Figura 2-6 Logica delle verifiche con il worst case scenario

Volendo esplicitare la logica della Figura 2-6, dal punto di vista metodologico, occorre simulare lo scenario più critico dal punto di vista atmosferico. È infatti possibile definire le attività maggiormente critiche all'interno di un singolo cantiere, analizzandone le emissioni, ed assumere che tale attività si svolga per tutta la durata del cantiere. Tale ipotesi risulta molto conservativa, permettendo di avere elevati margini di sicurezza rispetto anche ai possibili scarti temporali e variazioni meteorologiche che negli scenari futuri sono difficilmente valutabili.

Oltre all'aspetto relativo alla singola attività all'interno del cantiere occorre valutare anche la contemporaneità delle diverse attività in relazione al cronoprogramma del cantiere.

In ultimo, al fine di realizzare gli scenari di analisi occorre definire la tipologia di inquinante considerato. Tale aspetto influenza l'arco temporale di riferimento (ovvero l'intervallo di mediazione di riferimento) con il quale effettuare le verifiche normative e, al tempo stesso, l'operatività del cantiere che deve essere considerata all'interno della metodologia Worst Case implementata. Come meglio verrà esplicitato in seguito, gli inquinanti da tenere in considerazione sono funzione delle attività effettuate all'interno del cantiere.

Verificando, quindi, il rispetto di tutti i limiti normativi per il Worst Case Scenario, è possibile assumere in maniera analoga il rispetto dei limiti normativi per tutti gli scenari differenti dal peggiore, scenari nei quali, il margine di sicurezza sarà ancora maggiore.

2.3.3. LA DEFINIZIONE DEGLI SCENARI DI SIMULAZIONE

La stima dei fattori di emissione adottati per stimare, attraverso simulazione emissivo – diffusiva, i livelli di concentrazione generati per ogni singolo inquinante in fase di cantierizzazione, viene effettuata

³ http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/apl/research/models/edms_model/

⁴ Worldwide Data Quality Effects on PBL Short-Range Regulatory Air Dispersion Models – Jesse L. Thé, Russell Lee, Roger W. Brode

considerando le seguenti attività emissive:

- le lavorazioni previste in ogni area di cantiere considerata;
- l'erosione del vento sui cumuli stoccati;
- le attività dei mezzi d'opera all'interno delle aree di cantiere, in termini di emissione di gas di scarico dei motori, assimilate a sorgenti emissive areali.

Nel caso in esame relativo alla realizzazione della tratta Le Ville – Selci Lama, Lotto 7, funzionale al progetto di completamento della SGC Grosseto Fano (E78), in funzione della localizzazione delle sorgenti e della contemporaneità delle lavorazioni maggiormente interferenti con la componente atmosferica, nonché della presenza degli elementi sensibili presenti al contorno dell'area, è stato individuato un unico scenario di simulazione, comprendente le seguenti aree di lavoro:

- i cantieri operativi CO.01a e CO.01b, posti rispettivamente in corrispondenza del fronte ovest ed est di scavo della galleria naturale "Le Ville" e CO.02a, CO.02b, in corrispondenza del fronte ovest ed est di scavo della galleria naturale "Citerna";
- le aree di stoccaggio CO.01b2, CO.01c, CO.02c e CO.03a a sostegno rispettivamente dei cantieri operativi CO.01 e CO.02 per lo stoccaggio temporaneo del materiale di scavo della galleria naturale;
- cantiere di base CB.01 e CB.02, posti all'inizio e alla fine del tracciato di progetto a sostegno dell'intera opera di progetto.

Nello scenario considerato, le attività sopra citate sono considerate contemporanee tra loro in termini temporali e spaziali al fine di simulare la configurazione di cantiere peggiore.

Qui di seguito, si riportano le caratteristiche delle aree di cantiere scelte per la simulazione, riportando nello specifico per ciascuna di esse le lavorazioni previste.

Cantiere	Superficie	Attività di cantiere
CB.01	41.537 mq	Formazione e stoccaggio cumuli
		Erosione del vento dai cumuli
		Gas di scarico dei mezzi di cantiere
CB.02	51.580 mq	Formazione e stoccaggio cumuli
		Erosione del vento dai cumuli
		Gas di scarico dei mezzi di cantiere
CO.01a	1.792 mq	Formazione e stoccaggio cumuli
		Erosione del vento dai cumuli
		Gas di scarico dei mezzi di cantiere
CO.01b	1.870 mq	Formazione e stoccaggio cumuli
		Erosione del vento dai cumuli
		Gas di scarico dei mezzi di cantiere
CO.02a	1.2314 mq	Formazione e stoccaggio cumuli
		Erosione del vento dai cumuli
		Gas di scarico dei mezzi di cantiere
CO.02b	13.300 mq	Formazione e stoccaggio cumuli
		Erosione del vento dai cumuli
		Gas di scarico dei mezzi di cantiere
CO.01b2	1.320 mq	Formazione e stoccaggio cumuli
		Erosione del vento dai cumuli
		Gas di scarico dei mezzi di cantiere
CO.01c	43.790 mq	Formazione e stoccaggio cumuli
		Erosione del vento dai cumuli
		Gas di scarico dei mezzi di cantiere
CO.02c	36.330 mq	Formazione e stoccaggio cumuli
		Erosione del vento dai cumuli
		Gas di scarico dei mezzi di cantiere
CO03a	43.393 mq	Formazione e stoccaggio cumuli
		Erosione del vento dai cumuli

		Gas di scarico dei mezzi di cantiere
--	--	--------------------------------------

Tabella 2-2 Caratteristiche aree di cantiere scelte per la simulazione

Nella Tabella successiva vengono invece riportati, per ciascun cantiere, i mezzi previsti per le lavorazioni.

Area di cantiere	Superficie	Macchine di cantiere
Cantiere base CB.01/ CB.02	Stoccaggio materiali e supporto dell'intera opera di progetto	Autocarro
		Escavatore
		Pala meccanica
		Gruppo elettrogeno
Aree di stoccaggio CO.01b2/CO.01c/CO.02c/CO03a	Stoccaggio temporaneo del materiale di scavo della galleria naturale	Autocarro
		Escavatore
		Pala meccanica
		Gruppo elettrogeno
Cantieri operativi CO.01a/CO.01b/CO.02a/CO.02b	Scavo della galleria naturale	Autocarro
		Escavatore con martello demolitore
		Escavatore
		Sistema aerazione
		Gruppo elettrogeno
		Pala meccanica
		Impianto drenaggio acque
		Impianto aria compressa
		Betoniere
		Autogru

Tabella 2-3 Mezzi previsti per le lavorazioni

Una volta definite le sorgenti emissive, è stata svolta, per ogni area di cantiere, l'analisi emissiva. In particolare, gli inquinanti analizzati sono stati i seguenti:

- particolato grossolano (PM₁₀);
- particolato fine (PM_{2.5}),
- ossidi di azoto (NO_x);
- biossido di azoto (NO₂).

Si specifica come per le polveri grossolane (PM₁₀ e PM_{2.5}) il contributo emissivo è stato calcolato come la somma del contributo derivante dalle lavorazioni di cantiere e dei macchinari impiegati; viceversa, per quanto riguarda il biossido di azoto, è stata considerata solamente l'emissione derivante dai gas di scarico delle macchine di cantiere, tralasciando il contributo legato alla movimentazione e stoccaggio del materiale poiché trascurabile.

2.3.4. FATTORI DI EMISSIONE

2.3.4.1. La metodologia di riferimento

I fattori di emissione rappresentano la capacità unitaria di emissione delle attività che si stanno analizzando. Il fattore di emissione, quindi, rappresenta la parte unitaria delle emissioni che, moltiplicata per l'unità di tempo in cui la sorgente rimane in condizione "attiva", permette il calcolo delle emissioni di inquinanti totali "uscenti" dalla sorgente.

Per la stima di tali valori si è ricorso ai dati bibliografici messi a disposizione dalla U.S. E.P.A. (United States Environmental Protection Agency) Emission Factors & AP42 "Compilation of Air Pollutant Emission Factor". In tale documento sono riportati tutti i fattori di emissione riguardanti le principali sorgenti, dagli impianti industriali, agli impianti estrattivi, sino alle operazioni di costruzioni civili.

Nei seguenti paragrafi, verranno calcolati i singoli fattori di emissione relativi al PM10 e al PM2.5 (principali inquinanti generati dalle operazioni di cantiere), in relazione alle attività ritenute critiche per l'inquinamento atmosferico.

2.3.4.2. I fattori di emissione relativi alla formazione e stoccaggio dei cumuli

Nel presente paragrafo vengono calcolati i fattori di emissione generati dall'attività di carico e scarico del materiale movimentato. Nel caso in esame si tratta delle attività di carico sui mezzi pesanti del materiale scavato e dello scarico dai mezzi del materiale per la realizzazione del rilevato nelle aree di lavorazione, nonché della deposizione del materiale nelle aree di stoccaggio. Al fine di calcolare i fattori di emissione per queste attività è stata, pertanto, applicata la formulazione fornita dall'E.P.A. relativa alle attività di carico e scarico, di seguito riportata.

$$EF_c = K \cdot (0,0016) \cdot \left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3} \cdot \left(\frac{M}{2}\right)^{1,4} \quad [\text{kg/t}]$$

- i particolato (PTS, PM10, PM2.5)
- EFi fattore di emissione
- K coefficiente che dipende dalle dimensioni del particolato (vedi Tabella 2-4)
- u velocità del vento (m/s)
- M contenuto in percentuale di umidità (%)

Il fattore di emissione sopra definito, pertanto, dipende da una costante k che tiene conto della dimensione del particolato che si intende analizzare, della velocità media del vento espressa in metri al secondo, e della % M di umidità del materiale.

Per il valore di k si può fare riferimento ai valori di tabella seguente.

Aerodynamic Particle Size Multiplier (k)				
<30 µm	< 15 µm	<10 µm	<5 µm	<2,5 µm
0,74	0,48	0,35	0,20	0,053

Tabella 2-4 Valori coefficiente aerodinamico fonte: EPA AP42

Mentre per il range di validità degli altri parametri è possibile fare riferimento alla tabella seguente.

Ranges of Source Conditions			
Contenuto di silt (%)	M Umidità materiale (%)	Wind speed	
		m/s	mph
0,44-19	0,25-4,8	06-6,7	1,3-15

Tabella 2-5 Range di validità dei coefficienti per il calcolo di EF (fonte: EPA AP42)

Con riferimento ai valori dei coefficienti assunti per l'analisi in esame, si è considerato:

- U = velocità media del vento considerando la configurazione più frequente pari in media a 3,6 m/s (valore desunto dall'analisi meteorologica);
- M = percentuale di umidità considerata pari a 4,8% per i rilevati tradizionali;
- k = pari a 0,35 per considerare l'apporto del PM10 e 0,053 per considerare l'apporto del PM2,5.

I fattori di emissione relativi all'erosione del vento dai cumuli

Oltre all'attività di carico e scarico del materiale, all'interno delle aree di stoccaggio previste è stata considerata, come attività che genera emissioni di PM10 e PM2,5, anche l'erosione del vento sui cumuli di materiale depositati.

Nell'AP-42 (paragrafo 13.2.5 "Industrial Wind Erosion") queste emissioni sono trattate tramite la potenzialità di emissione del singolo cumulo in corrispondenza di certe condizioni di vento. La scelta operata nel presente contesto è quella di presentare l'effettiva emissione dell'unità di area di ciascun cumulo soggetto a movimentazione dovuta alle condizioni anemologiche attese nell'area di interesse. In particolare, il modello fa dipendere il fattore di emissione da due fattori che concorrono alla possibile emissione di particolato da parte del cumulo:

- il numero di "movimentazioni" ovvero di interferenze intese come deposito e scavo di materiale sul/dal cumulo;
- la velocità del vento a cui è sottoposto il cumulo stesso.

$$E_i \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}}\right) = EF_i \times a \times movh$$

Il rateo emissivo orario si calcola dall'espressione:

i: particolato (PTS, PM10, PM2.5)

EF (kg/ m²): il fattore di emissione areale dell'i-esimo tipo di particolato

A: superficie dell'area movimentata in m²

movh: numero di movimentazioni/ora

La formula per il calcolo del fattore di emissione è data pertanto da:

$$EF = k \sum_{i=1}^N P_i$$

dove k è la costante che tiene conto della grandezza della particella considerata,

N è il numero di giorni l'anno in cui la superficie è sottoposta a "movimentazioni"

Pi è pari all'erosione potenziale corrispondente alla velocità massima del vento al giorno.

Il valore di k è, anche in questo caso, tabellato.

Aerodynamic Particle Size Multiplier (k)			
30 µm	< 15 µm	<10 µm	<2,5 µm
1,0	0,6	0,5	0,075

Tabella 2-6 Valori coefficiente aerodinamico (Fonte: EPA AP42)

In ultimo, l'erosione potenziale, Pi, parte dal concetto di profilo di velocità del vento, per il quale è possibile utilizzare la seguente equazione:

$$u(z) = \frac{u^*}{0,4} \ln \frac{z}{z_0}$$

in cui u è la velocità del vento e u* rappresenta la velocità di attrito.

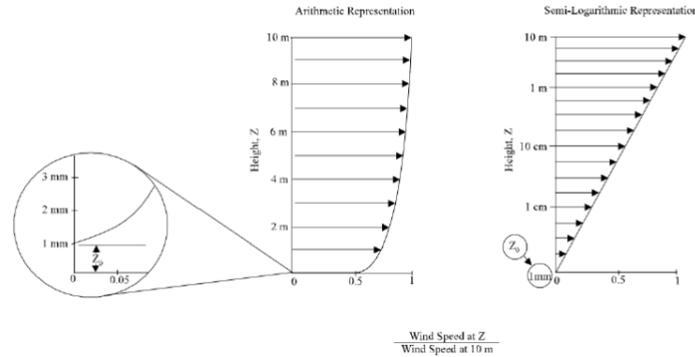


Figura 2-7 Illustrazione del profilo logaritmico della velocità (Fonte: EPA AP42)

L'erosione potenziale, pertanto, dipende dalla velocità di attrito e dal valore soglia della velocità d'attrito secondo l'equazione:

$$P = 58(u^* - u_t^*)^2 + 25(u^* \cdot u_t^*)$$

Da tale espressione si evince come ci sia erosione potenziale solo qualora la velocità d'attrito superi il valore soglia. Per la determinazione di tale valore il modello individua una procedura sperimentale (cfr. 1952 laboratory procedures published by W. S. Chepil). Tuttavia, in mancanza di tali sperimentazioni è possibile fare riferimento ad alcuni risultati già effettuati e riportati in Tabella 2-7.

Material	Threshold Friction Velocity (m/s)	Roughness Height (cm)	Threshold Wind Velocity At 10 m (m/s) Z0=act	Z0=0,5cm
Overburden	1,02	0,3	21	19
Scoria (roadbed material)	0,33	0,3	27	25
Ground coal (surrounding coal pile)	0,55	0,01	16	10
Uncrusted coal pile	1,12	0,3	23	21
Scraper tracks on coal pile	0,62	0,06	15	12
Fine coal dust on concrete pad	0,54	0,2	11	10

Tabella 2-7 Valore di velocità di attrito limite

La velocità del vento massima tra due movimentazioni può essere determinata dai dati meteorologici utilizzati per le simulazioni.

Tali dati, essendo riferiti ad un'altezza dell'anemometro pari a 5 metri, hanno bisogno di una correzione, secondo la seguente legge:

$$u_{10}^+ = u^+ * \frac{\ln\left(\frac{10}{0,005}\right)}{\ln\left(\frac{z}{0,005}\right)}$$

in cui u_{10}^+ è la massima intensità misurata nell'arco della giornata attraverso i dati sopracitati, ad un'altezza dell'anemometro pari a 10 m.

A questo punto è possibile determinare u^* utilizzando la relazione:

$$u^+ = 0,053 * u_{10}^+$$

È importante, inoltre, evidenziare come tale formulazione sia valida per cumuli "bassi", ovvero cumuli per cui il rapporto base su altezza sia inferiore a 2. Nel caso in esame, in relazione all'operatività del cantiere si è ipotizzata la realizzazione di tali tipologie di cumuli. Non si necessita pertanto di ulteriori correzioni ed è quindi possibile determinare i casi in cui il valore di u^* supera il valore di u_t^* . A tale proposito si è scelto di fare riferimento alla classe "overburden".

Dall'analisi dei risultati emerge come u^* assuma valori soglia in due casi.

Determinati tutti i parametri è pertanto possibile calcolare il valore del fattore di emissione con le formule viste in precedenza.

N°	U* [m/s]	U _t * [m/s]	p	Valore P [g/m²]
1	1,07	1,02	$P = 58(u^* - u_t^*)^2 + 25(u^* \cdot u_t^*)$	1,67
2	1,03	1,02	$P = 58(u^* - u_t^*)^2 + 25(u^* \cdot u_t^*)$	0,47

Tabella 2-8 Valore di P

I fattori di emissione relativi al PM10 e al PM2.5 sono stati stimati applicando la formula sottostante in cui k è stato preso pari a 0,5 considerando le dimensioni del PM10 e pari a 0,075 considerando il PM2.5.

$$EF_{PM10} = \sum_{i=1}^N P_i = 1,07 \text{ [g/m}^2\text{]}$$

$$EF_{PM2,5} = \sum_{i=1}^N P_i = 0,16 \text{ [g/m}^2\text{]}$$

Al fine di ricavare il fattore di emissione espresso in g/s, come richiesto dal software, è necessario sapere l'area in cui sono presenti tali cumuli, considerata cautelativamente pari all'intera superficie di 2500 m².

Pertanto, i fattori di emissione per il PM10 ed il PM2.5 risultano rispettivamente pari a 0,000085 g/s e 0,000013 g/s.

I fattori di emissione relativi al transito dei mezzi su strade non asfaltate

Per il calcolo dell'emissione di particolato dovuto al transito di mezzi su strade non asfaltate si ricorre al modello emissivo proposto nel paragrafo 13.2.2 "Unpaved roads" dell'AP-42. Il rateo emissivo orario risulta proporzionale a:

(i) il volume di traffico

(ii) il contenuto di limo (silt) del suolo, inteso come particolato di diametro inferiore a 75 µm. La formula è valida per un intervallo di valori di limo (silt) compreso tra l'1.8% ed il 25.2%.

Il fattore di emissione lineare dell'i-esimo tipo di particolato per ciascun mezzo EF (kg km) per il transito su strade non asfaltate all'interno dell'area industriale è calcolato secondo la formula:

$$EF_i(kg/km) = K_i \times \left(\frac{S}{12}\right)^{a_i} \times \left(\frac{W}{3}\right)^{b_i}$$

i: particolato (PTS, PM10, PM2.5)

s: contenuto in limo del suolo in percentuale in massa (%).

W: peso medio del veicolo (Mg)

k_i , a_i e b_i sono coefficienti che variano a seconda del tipo di particolato ed i cui valori sono forniti nella Tabella 2-9:

	k_i	a_i	b_i
PTS	1,38	0,7	0,45
PM10	0,423	0,9	0,45
PM2,5	0,0423	0,9	0,45

Tabella 2-9 Valori dei coefficienti k_i , a_i e b_i e al variare del tipo di particolato

Per il calcolo dell'emissione finale si deve determinare la lunghezza del percorso di ciascun mezzo riferito all'unità di tempo (numero di km/ora, kmh), sulla base della lunghezza della pista (km); è richiesto quindi il numero medio di viaggi al giorno all'interno del sito ed il numero di ore lavorative al giorno:

$$E_i(kg/h) = EF_i \times kmh$$

I fattori di emissione relativi ai gas di scarico dei mezzi di cantiere

Per il calcolo dell'emissione relativa al traffico di cantiere è stato fatto riferimento ai fattori di emissione forniti dall'ISPRA⁵. In particolare, è stata utilizzata la classe Heavy Duty Trucks – Diesel – Rigid 20-26t Euro V (riportati nella seguente tabella), tenendo conto del numero dei mezzi impiegati e della lunghezza del percorso.

NO₂ [g/km]	PM₁₀ [g/km]	PM_{2,5} [g/km]
0,310	0,115	0,074

Tabella 2-10 Fattori di emissione relativi al traffico di cantiere considerati

I fattori di emissione relativi ai gas di scarico dei mezzi di cantiere

Per il calcolo dell'emissione dei gas di scarico relativa ai mezzi presenti in cantiere è stato fatto riferimento ai fattori di emissione SCAB (South Coast Air Basin) Fleet Average Emission Factors (Diesel, aggiornati al 2021) dei mezzi di cantiere (riportati nella seguente tabella) tenendo conto del numero dei mezzi impiegati e del numero di ore di lavoro giornaliero di ciascuno di essi.

Mezzi di cantiere	NO_x [g/s]	PM10 [g/s]
Autocarro	0,0019	0,055
Autogrù	0,0029	0,076

⁵ fetransp.isprambiente.it
PROGETTAZIONE ATI:

Betoniera	0,0021	0,044
Escavatore	0,0021	0,042
Escavatore con martello demolitore	0,0021	0,042
Gruppo elettrogeno	0,0029	0,065
Impianto aria compressa	0,0023	0,044

Tabella 2-11 Fattori di emissione relativi ai gas di scarico dei mezzi di cantiere considerati

2.3.4.3. Sintesi dei fattori di emissione per ogni tipologia di cantiere

ID Aree	Fattori di emissione areale [g/s]		
	PM10		NOx
	Attività di cantiere	Mezzi di cantiere	Mezzi di cantiere
CB.01, CB.02	0,0026	0,0167	0,3802
CO.01a, CO.01b CO.02a, CO.02b	0,0026	0,0340	0,7068
CO.01b2, CO.01c, CO.02c, CO.03a	0,0026	0,0366	0,3246

Tabella 2-12 Sintesi dei fattori di emissione

2.4. DATI DI OUTPUT

Nel presente paragrafo si riportano i principali risultati ottenuti dal modello di simulazione. In particolare, per quanto riguarda le concentrazioni degli inquinanti di interesse stimate sull'intera maglia di calcolo è possibile far riferimento agli elaborati grafici allegati:

- Book Tavole concentrazione NO₂ (corso d'opera) – T00IA04AMBPL11A
- Book Tavole concentrazione PM10 (corso d'opera) – T00IA04AMBPL12A
- Book Tavole concentrazione PM2,5 (corso d'opera) – T00IA04AMBPL13A

Al fine di analizzare l'interazione tra l'opera e l'ambiente in fase di cantiere e avere contezza della qualità dell'aria totale in prossimità dei ricettori individuati, si riportano i risultati della simulazione con l'aggiunta del fondo rilevato presso le centraline di riferimento per l'anno 2022, e si confronta il totale con i limiti normativi.

Nello specifico, i valori di fondo utilizzati sommati sono riferiti alle concentrazioni medie annue dei seguenti inquinanti:

- PM10 pari a 15 µg/m³;
- PM2,5 pari a 15 µg/m³;
- NO₂ pari a 13 µg/m³.

2.4.1. PM10

Concentrazioni medie annue

Nella tabella di seguito si riportano i valori di concentrazione media annua di PM10 emersi dalle simulazioni in prossimità dei punti ricettori residenziali considerati.

Ricettore	Concentrazione media annua di PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Media annua di PM10 registrata dalla centralina ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Qualità dell'aria complessiva ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Limite normativo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1E023	4,35	15	19,35	40
1E024	6,47		21,47	
1E026	5,25		20,25	
1E029	7,20		22,20	
2E030	5,1		20,10	
2E031	5,35		20,35	
2E032	4,35		19,35	
2E033	4,28		19,28	
2E034	4,85		19,85	
3E004	6,20		21,20	
3E005	5,70		20,70	
3E041	5,40		20,40	
3E050	6,20		21,20	
3E051	5,80		20,80	

Tabella 2-13 Concentrazione media annua di PM10

2.4.2. PM2.5

Ricettore	Concentrazione media annua di PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Media annua di PM2.5 registrata dalla centralina ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Qualità dell'aria complessiva ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Limite normativo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1E023	1,67	15	16,67	25
1E024	2,49		17,49	
1E026	2,02		17,02	
1E029	2,77		17,77	
2E030	1,96		16,96	
2E031	2,06		17,06	
2E032	1,67		16,67	

2E033	1,65		16,65	
2E034	1,87		16,87	
3E004	2,38		17,38	
3E005	2,19		17,19	
3E041	2,70		17,70	
3E050	2,80		17,80	

Tabella 2-14 Concentrazione media annua di PM2.5

2.4.3. NO₂

Ricettore	Concentrazione media annua di NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Media annua di NO ₂ registrata dalla centralina ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Qualità dell'aria complessiva ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Limite normativo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1E023	5,1	13	18,12	40
1E024	5,2		18,22	
1E026	3,6		16,56	
1E029	4,9		17,91	
2E030	2,9		15,90	
2E031	3,5		16,46	
2E032	2,8		15,78	
2E033	2,7		15,70	
2E034	2,9		15,93	
3E004	4,1		17,10	
3E005	3,8		16,80	
3E041	3,7		16,70	
3E050	3,5		16,51	

Tabella 2-15 Concentrazione media annua di NO₂

2.5. RAPPORTO OPERA AMBIENTE E MISURE DI PREVENZIONE E MITIGAZIONE

Alla luce dei risultati sopra riportati, considerando che lo scenario individuato è rappresentativo della condizione più critica in fase di costruzione, le interferenze prodotte dalle attività di cantiere sulla componente atmosfera, anche con l'aggiunta del valore di fondo di riferimento, non hanno portato a

superamenti dei limiti normativi sia per gli inquinanti studiati per la salvaguardia della salute umana (PM10, PM2.5 e NO₂).

A valle delle seguenti considerazioni, bisogna inoltre specificare come le simulazioni condotte non hanno tenuto conto di un fattore fortemente mitigativo per quanto riguarda le emissioni di polvere e sostanze gassose, dovuto dalla perimetrazione dei cantieri di base e dei cantieri operativi con barriere mobili antirumore di altezza pari a tre metri, già descritte nella parte quattro del presente SIA.

Saranno comunque previsti dei punti di monitoraggio in fase di cantiere per verificare i livelli di emissioni in atmosfera durante i lavori. Inoltre, si sottolinea comunque l'impiego di alcune best practice (cfr. paragrafo successivo) da adottare in fase di cantiere al fine di minimizzare la dispersione di inquinanti, specialmente di polveri, in atmosfera.

In relazione a quanto sopra riportato è possibile quindi evidenziare come le interferenze con la componente in esame possano ritenersi trascurabili.

Durante lo svolgimento delle attività di cantiere si prevedono alcune best practice finalizzate ad abbattere la dispersione di polveri nell'atmosfera, nonché a ridurre le emissioni generate dai mezzi di cantiere.

Vengono di seguito individuate, quindi, diverse Best Practices da adottare:

- bagnatura delle terre scavate e del materiale polverulento durante l'esecuzione delle lavorazioni;
- l'applicazione di specifici nebulizzatori e/o la bagnatura (anche tramite autobotti) permetterà di abbattere l'aerodispersione delle terre conseguente alla loro movimentazione. Questa misura sarà da applicare prevalentemente nei mesi aridi e nelle stagioni in cui si hanno le condizioni di maggior vento;
- copertura e/o bagnatura di cumuli di materiale terroso stoccati: nel caso fosse necessario stoccare temporaneamente le terre scavate in prossimità dell'area di cantiere si procederà alla bagnatura dei cumuli o in alternativa alla copertura degli stessi per mezzo di apposite telonature mobili in grado di proteggere il cumulo dall'effetto erosivo del vento e limitarne la conseguente dispersione di polveri in atmosfera; dovrà essere predisposto un Piano di bagnatura dei cumuli qualora questi debbano permanere all'interno delle aree di cantiere per più di una giornata;
- copertura degli autocarri durante il trasporto del materiale: l'applicazione di appositi teloni di copertura degli automezzi durante l'allontanamento e/o l'approvvigionamento di materiale polverulento permetterà il contenimento della dispersione di polveri in atmosfera;
- limitazione della velocità di scarico del materiale: al fine di evitare lo spargimento di polveri, nella fase di scarico del materiale, quest'ultimo verrà depositato gradualmente modulando l'altezza del cassone e mantenendo la più bassa altezza di caduta;
- bagnatura delle ruote dei mezzi di lavoro in uscita dalle aree di cantiere;
- limitazione delle velocità di transito dei mezzi di cantiere su piste non pavimentate.

3. AMBIENTE IDRICO

Riprendendo dal capitolo 2 le azioni di progetto, i fattori che possono determinare impatti potenziali in fase di cantiere e di esercizio sulla matrice in esame sono riassunti nella tabella che segue, con i relativi fattori di perturbazione:

Azione di progetto	Fattore di impatto	Indicatore	Interventi di mitigazione per la sostenibilità ambientale dell'azione di progetto
Cantiere			
Approntamento aree di cantiere (Base e Operativi specifici per le opere)	Acque reflue e meteoriche	Qualità delle acque dei ricettori	<p>La gestione delle acque avviene in forma separata per le seguenti tipologie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - acque meteoriche di dilavamento dei piazzali del cantiere; - lavaggio ruote dei mezzi che trasportano il materiale scavato ed il calcestruzzo; - scarichi civili. <p>Le acque reflue e meteoriche saranno gestite in modo da non determinare problematiche ambientali.</p>

Tutti i cantieri saranno perimetralmente recintati e dovrà essere previsto per ciascuno di questi un servizio di guardiania per controllare gli ingressi e le uscite. Le aree adibite allo stoccaggio/deposito saranno delimitate e protette con recinzioni antipolvere di altezza almeno 1 m superiore rispetto a quella del cumulo di materiale stoccato più alto.

Per il cantiere più prossimo ai ricettori sensibili (CB.01), nella fattispecie costituita da una zona residenziale di ville, è prevista una barriera di mitigazione costituita da una fascia di 10 m attrezzata con alberature di medio e alto fusto ed essenze arbustive.

Per evitare lo sversamento o la filtrazione accidentale delle acque di dilavamento o prima pioggia, in quei cantieri in cui è presente una viabilità di distribuzione interna saranno installate delle vasche di trattamento in continuo costituite da pozzetto scolmatore, dissabbiatore e desoliatore con filtro a coalescenza per gli idrocarburi.



Figura 3-1 Impianto di trattamento in continuo - Particolare 1.

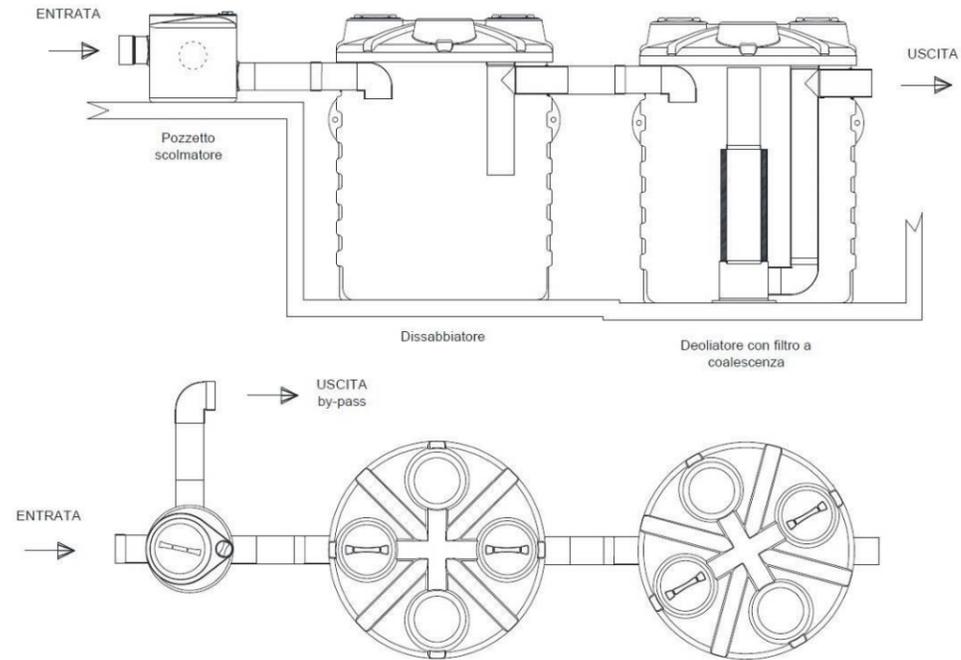


Figura 3-2 - Impianto di trattamento in continuo - Particolare 2.

Azione di progetto	Fattore di impatto	Indicatore	Interventi di mitigazione per la sostenibilità ambientale dell'azione di progetto
Cantiere			
Approntamento aree di cantiere (Base e Operativi specifici per le opere)	Interferenza con il reticolo idrografico	Compatibilità idraulica	<p>Realizzazione delle opere d'arte con sovrastrutture di tipo permeabile</p> <p>Rete di raccolta e smaltimento acque di piattaforma</p>

Secondo quanto prescritto dal Decreto DEC/VIA700750/2005 per quanto riguarda il reticolo idrografico, nelle successive fasi di progettazione devono essere esplicitati, tramite adeguata documentazione:

- la lunghezza dei vari tratti di corsi d'acqua interessati dai vari interventi di cantiere;
- le opere preventive di salvaguardia previste per la deviazione delle acque durante la fase di apertura degli alvei e gli interventi di riconsolidamento e riambientazione spondale;
- le tecniche "morbide" ed i materiali ad elevata compatibilità ambientale previsti;
- gli accorgimenti da adottare, in fase di costruzione, per evitare il rilascio di materiali solidi in sospensione nelle acque ed i fenomeni di ruscellamento superficiale;
- gli accorgimenti per garantire il contenimento di eventuali sversamenti di sostanze inquinanti, anche accidentali, durante le operazioni di cantiere, al fine della salvaguardia della qualità delle acque.

In merito al reticolo idrografico, le interferenze riguardano le piste di cantiere da realizzarsi per la costruzione delle opere d'arte maggiori (viadotti), che sono intersecati da zone di modesta entità per rischio esondazione.

La scelta di realizzare sia le viabilità interne ai cantieri che le piste di accesso alle aree operative per la realizzazione delle opere d'arte con sovrastrutture di tipo permeabile (misto granulare con trattamento depolverizzante) rende le aree compatibili dal punto di vista dell'invarianza idraulica.

A margine delle viabilità sarà previsto un sistema di raccolta e smaltimento delle acque di piattaforma finalizzato a scongiurare eventuali fenomeni di ristagno o ruscellamento.

4. SUOLO E SOTTOSUOLO

I fattori che possono determinare impatti potenziali in fase di cantiere sulla matrice in esame sono riassunti nella tabella che segue, con i relativi fattori di perturbazione:

Azione di progetto	Fattori di perturbazione	Interventi di mitigazione per la sostenibilità ambientale dell'azione di progetto
<i>Cantiere</i>		
Approntamento aree di cantiere (Base, Operativi e Aree tecniche specifiche per le opere)	Rifiuti di cantiere	Tipologia e quantità rifiuti Adozione di protocolli di gestione differenziata in relazione ai codici CER.
	Occupazione di suolo	Modifica temporanea delle condizioni di permeabilità Attività temporanea alla quale segue il ripristino dei luoghi al termine dei lavori.
	Produzione acque reflue	Percolazione nel terreno Trattamento delle acque reflue di diversa provenienza.
Realizzazione rilevati, tratti in trincea e gallerie	Scavi e movimenti terra	Rischio idrogeologico Movimenti franosi
		Interferenza della falda, in particolare Modalità operative per la salvaguardia della falda per gli scavi nel saturo.
	Alterazioni morfologiche	Quota di progetto rispetto allo stato attuale Raccordi morfologici per garantire la stabilità delle scarpate.
Realizzazione viadotti	Fondazioni	Interferenza con la falda Interessa i tratti di viadotto nelle valli alluvionali, in particolare in quella del Tevere dove la falda ha una profondità limitata.

Come si può osservare dalla tabella, l'attività di cantiere prevede diverse fasi di lavorazione consistenti nello sbancamento e nella sistemazione del terreno per il livellamento delle aree e la realizzazione dell'infrastruttura.

Alterazione morfologica

Le aree di cantiere previste dal progetto saranno oggetto di scotico del terreno da accantonare e la riprofilatura per il posizionamento delle strutture. Al termine dei lavori le strutture saranno smantellate e le aree ripristinate, eseguendo il raccordo morfologico con le superfici circostanti.

La ricomposizione ambientale riguarderà anche le piste di cantiere realizzate per raggiungere le Aree tecniche.

Inoltre, sarà eseguito il raccordo morfologico dei rilevati e delle trincee per favorire la loro stabilità, garantita anche da eventuali tratti con realizzazione di opere di contenimento. Il corretto raccordo morfologico favorirà il recupero del manto vegetale che completerà l'inserimento paesaggistico dell'opera. Tale modalità operativa fa sì che l'impatto sia definito trascurabile.

Acque sotterranee

L'impatto della infrastruttura che, nella sua fase di attività, avrà sulle acque sotterranee è di tipo qualitativo (pericolosità di inquinamento) e quantitativo (variazioni nella geometria e nelle quote delle falde superficiali, e nelle cubature degli acquiferi saturi ed insaturi).

Particolare attenzione è rivolta allo scavo delle gallerie e alla realizzazione dei viadotti. Nella realizzazione dei viadotti l'aspetto dell'interferenza con le acque sotterranee è legato alla realizzazione delle fondazioni per il sostegno delle pile e delle spalle. Nel progetto, tutte le sottostrutture hanno fondazioni su pali di grande diametro, trivellati. Il sostegno del foro nel corso della realizzazione dei pali è realizzato mediante l'impiego di tubo-forma. Non si riscontra, pertanto, interferenza con la falda per inquinamento dovuto a sostanze chimiche o fanghi.

Gallerie

Per quanto riguarda la vulnerabilità dell'acquifero, il tratto in galleria naturale, per le GN.01 e GN.02 intercetta la falda nella parte centrale e solo nella zona dell'arco rovescio, del corpo galleria nei tratti soggetti a fratturazione per la presenza di motivi tettonici, mentre risulta assente nelle aree di imbocco, essa perciò può essere definita media per i tratti degli imbocchi, alta per il corpo. Non si riscontrano difficoltà operative nell'esecuzione dello scavo della galleria. Durante le lavorazioni si provvederà ad allontanare l'acqua eventualmente presente sul fondo scavo e alla realizzazione dell'arco rovescio in avanzamento, secondo le fasi di scavo previste.

Al fine di valutare eventuali impatti sulla qualità e disponibilità delle risorse idriche e verificare eventuali variazioni quantitative dovute all'intercettazione degli acquiferi durante le fasi di costruzione, a causa dell'azione di drenaggio esercitata dalla galleria, saranno eseguite attività di monitoraggio sistematico e continuo delle portate e della qualità in fase ante-opera e in corso d'opera sui pozzi e sorgenti individuati in prossimità delle opere. Potrà, inoltre, essere previsto un sistema di rilevamento delle portate sul sistema di collettamento delle acque drenate in galleria.

Per il tratto in naturale delle GN.03 e GN.04 (Galleria Citerna), vista la presenza di acquiferi molto importanti circoscritti ai livelli ed agli strati conglomeratici del sistema di Citerna e spesso isolati dalle argille del Sistema di Fighille, la vulnerabilità è alta, anche in virtù della potenziale alimentazione di sorgenti nel settore di valle nei tratti conglomeratici, mentre media in quelli argillosi. Per tenere conto di queste problematiche, è previsto l'adozione di una TBM a contropressione di terra (EPB). Tale sistema di scavo è in grado di operare sotto falda limitando il drenaggio operato dallo scavo di avanzamento della galleria, poiché la tecnologia della macchina permette di controbilanciare le spinte esterne dell'ammasso roccioso al contorno dello scavo e la pressione dell'acqua interstiziale, utilizzando lo stesso terreno di scavo. Il sistema è, inoltre, a tenuta idraulica; la tenuta è garantita da un insieme di guarnizioni poste sulla circonferenza, tra lo scudo e il rivestimento posto in opera, e, sul fronte, da una camera stagna all'interno della quale è presente il terreno stabilizzante che viene mantenuto ad una pressione tale da garantire la stabilità del fronte e limitare il drenaggio.

Inoltre, a monte delle paratie di imbocco della Galleria Citerna, è stato previsto un intervento mediante pali plastici, realizzati in cls magro, per consolidare aree in frana. L'interferenza con il regime di falda risulta

contenuto sia all'imbocco Ovest, dove il livello di falda è a circa 13,0 m dal piano campagna, sia all'imbocco Est, dove la falda è più superficiale, ma contenuta nei livelli più superficiali.

Viadotti

Nella realizzazione dei viadotti l'aspetto dell'interferenza con le acque sotterranee è legato alla realizzazione delle fondazioni per il sostegno delle pile e delle spalle. Nel progetto, tutte le sottostrutture hanno fondazioni su pali di grande diametro, trivellati. Il sostegno del foro nel corso della realizzazione dei pali è realizzato mediante l'impiego di tubo-forma. Il tubo viene infisso nel terreno, mentre allo stesso tempo si ha asportazione di materiale, sia per peso proprio sia per un movimento di rotazione impresso dall'esterno. In terreni coerenti, la perforazione precede il tubo e l'infissione è relativamente semplice, se invece il terreno è incoerente o presenta problemi di stabilità, si procede con l'avanzamento del tubo e successivamente alla perforazione. Le operazioni sono eseguite senza l'impiego di fanghi o sostanze chimiche e non si ha, pertanto, interferenza con la falda. Anche in termini di permeabilità, risultando i pali eseguiti ad interasse molto maggiore rispetto al diametro (circa tre volte il diametro) non si hanno modifiche al deflusso delle acque di falda.

Terre e rocce da scavo

Le maggiori interferenze sull'ambiente saranno quelle legate agli scavi e riporti di terreno, che comunque saranno gestiti nel rispetto delle normative vigenti.

L'obiettivo è di massimizzare il riutilizzo dei terreni e degli inerti una volta fatta la verificata analitica e accertato il rispetto delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) di cui alle colonne A e B della tabella uno dell'allegato cinque alla parte quarta del decreto legislativo n. 152 del 2006 e successive modificazioni. I suddetti limiti di riferimento riguardano la specifica destinazione d'uso urbanistica del sito di produzione e del sito di destinazione secondo il Piano di Utilizzo.

Per quanto riguarda il materiale proveniente dalle operazioni di scavo meccanizzato delle gallerie naturali, per il quale è previsto l'impiego di additivi costituiti essenzialmente da tensioattivi, si evidenzia che tali materiali, necessariamente sottoposti ad una fase di stoccaggio per garantirne il decadimento, non rientrano necessariamente nel regime di "rifiuto". Tale condizione, subordinata al tipo di prodotto che sarà effettivamente utilizzato dall'impresa esecutrice dei lavori, deve essere verificata mediante opportuni campionamenti e analisi chimico-fisiche al fine di accertare l'idoneità dei suddetti materiali all'uso come sottoprodotto ovvero la necessità di assoggettamento al regime di rifiuto. Gli additivi di scavo utilizzati nelle operazioni di scavo sono costituiti da soluzioni/sospensioni acquose di tensioattivi, solventi polari o idrocarburi e polimeri, questi composti, ad eccezione degli idrocarburi, non sono compresi nella Tabella 4.1 dell'allegato 4 del DPR120/17, né nella Tabella 1 allegato 5 al Titolo V del DL 152/06 e ss.mm.ii., quindi dovrà essere eseguito uno **studio eco tossicologico** per valutare l'impatto potenziale delle sostanze chimiche sulla flora e sulla fauna, da fornire all'ISS e all'ISPRA (Allegato 4 del DPR120/17).

Nel Piano di Utilizzo sono, inoltre, dettagliati anche i siti di cava dove saranno inviate le terre in esubero.

Rifiuti di cantiere

I rifiuti di cantiere appartengono generalmente al codice CER 17. Altre tipologie di rifiuti, generalmente nel campo base, possono derivare dalla presenza del personale ed essere assimilabili agli urbani.

Per la corretta gestione dei rifiuti l'esercizio del cantiere dovrà essere corredato da un Piano di obiettivo di massimizzare il loro recupero attraverso ditte specializzate. La corretta modalità operativa in accordo al suddetto Piano e alla normativa vigente renderà trascurabile l'impatto.

Approvvigionamento inerti

Il cantiere si caratterizza per un esubero di materiali che pertanto saranno gestiti attraverso il recupero degli inerti. Gli esuberanti saranno inviati ai siti estrattivi da ripristinare, indicati nel Piano di Utilizzo predisposto ai sensi del D.Lgs 120/2017.

Gestione terreno vegetale al fine del recupero della capacità d'uso agricolo e forestale

Il terreno vegetale (strato più superficiale, orientativamente di 30 - 40 cm) sarà asportato e accantonato in cumuli con pendenze limitate e/o con sistemazioni idrauliche per rallentare i deflussi superficiali e quindi per evitarne il dilavamento. In caso di accantonamento di lungo periodo, sia per evitare il dilavamento, sia per evitare fenomeni di alterazione biochimica del terreno, i cumuli dovranno essere rinverditi mediante un miscuglio di specie erbacee costituito da graminacee e leguminose. Anche gli altri strati, più profondi, saranno accumulati separatamente. Le precauzioni relative al terreno fertile e, comunque, l'accantonamento separato di ciascuno strato, è necessario affinché, ricollocando tali strati per effettuare i ripristini di suolo, si riuscirà a mantenere la medesima seriazione naturale del terreno. Le aree su cui va ricollocato il terreno fertile, preferibilmente le superfici sulle quali verranno effettuati gli "interventi di inserimento e integrazione" e gli "interventi di recupero e ripristino ambientale", saranno preventivamente bonificate da ogni tipo di rifiuto di cantiere e lavorate. Le aree di cantiere che saranno restituite ai proprietari saranno seminate con una coltura leguminosa da sovescio in modo da far riprendere l'attività biologica dei microrganismi, utile per la fertilità del suolo.

5. USO DEL SUOLO E PATRIMONIO AGROALIMENTARE

In fase di cantiere la sottrazione di suolo è di carattere temporaneo e reversibile al termine dei lavori. Nella tabella che segue si riporta la sottrazione di suolo per ogni unità di suolo analizzato nel corso dell'indagine di dettaglio (c.fo Scenario base - T001A01AMBRE02B)

DESCRIZIONE	INGOMBRO AREE DI CANTIERE		
	mq	Ha	%
AREE SEMINABILI	446726	44,67	94,36
COLTIVAZIONI ARBOREE SPECIALIZZATE	/	/	
OLIVETI	/	/	
VIGNETI	4381	0,44	0,93
AREE A VEGETAZIONE ARBUSTIVA	4968	0,50	1,05
AREE BOSCHIVE	9364	0,94	1,98
CORSI D'ACQUA, INVASI E PICCOLI BACINI	/	/	
AREE VERDI URBANE	/	/	
CANTIERI	/	/	
EDIFICATO RESIDENZIALE	/	/	
FABBRICATI ISOLATI	489	0,05	0,10
SERRE	168	0,02	0,04
INFRASTRUTTURE DI TRASPORTO	7326	0,73	1,55
AREE INDUSTRIALI E COMMERCIALI	/	/	
AREE ESTRATTIVE	/	/	
TOTALE	473422	47,3422	100

Tabella 5-1

La riduzione maggiore, con il 94,36% è a carico dei seminativi. Il dato interessante per la valutazione dell'impatto sulla matrice è la scarsa incidenza del tracciato sugli oliveti e i vigneti, che come illustrato nello scenario base (Parte 2) ricadono in aree dove vigono disciplinari di produzione di qualità ai sensi del D.LGS 18 maggio 2001, n. 228, al CAPO IV, Art. 21. In totale si ha la sottrazione di poco più di circa 1/2 ettaro di vigneto. L'impatto dell'opera sul patrimonio agroalimentare, considerato che si tratta anche di una sottrazione temporanea, si può pertanto ritenere poco significativo.

6. BIODIVERSITÀ

I fattori che possono determinare impatti potenziali in fase di cantiere sulla matrice in esame sono riassunti nella tabella che segue, con i relativi fattori di perturbazione:

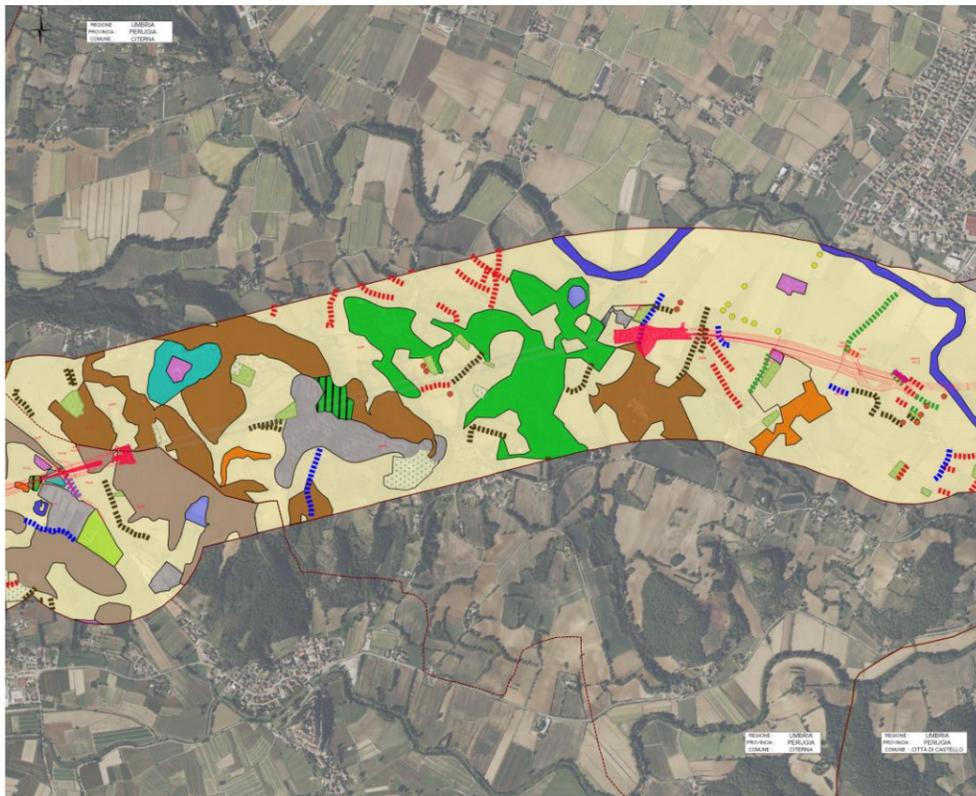
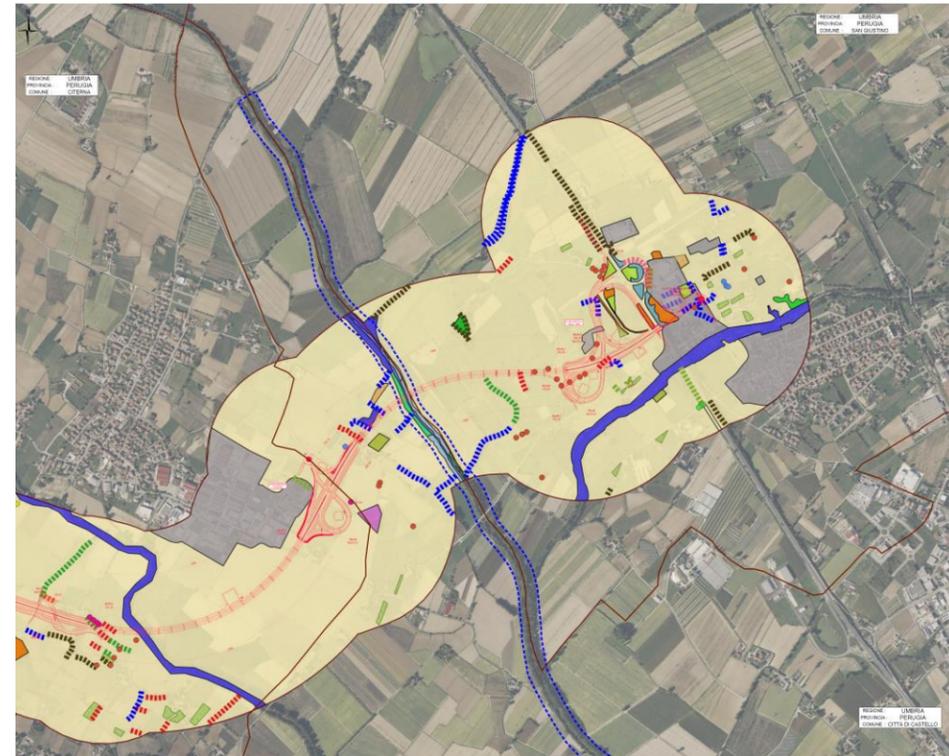
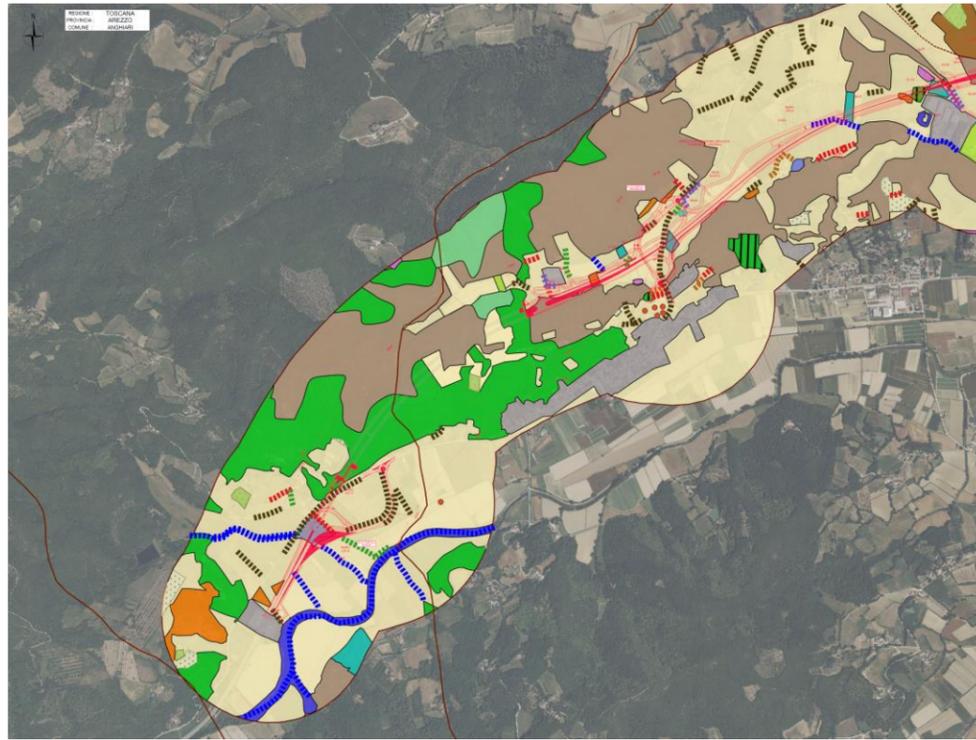
Azione di progetto	Fattori di perturbazione	Interventi di mitigazione per la sostenibilità ambientale dell'azione di progetto
Cantiere		
Approntamento aree di cantiere (Base, Operativi e Aree tecniche specifiche per le opere)	Taglio della vegetazione	Variazione uso del suolo e copertura vegetale, Sottrazione di habitat Le aree di occupazione temporanea saranno ripristinate e recuperata l'originaria destinazione d'uso; E' prevista la piantumazione delle superfici di esproprio permanente non occupate dall'infrastruttura viaria; E' prevista la compensazione ambientale che prevede il reimpianto delle siepi e di un numero doppio delle piante isolate o in filare sottratte; Le superfici boscate sottratta, pari sarà compensata nel rispetto delle normative vigenti nella regione Toscana e nella regione Umbria.
	Scotico, scavi e accantonamento terreno	Alterazione delle caratteristiche pedologiche Verifica rispetto delle CSC e massimizzazione del recupero in sito; Separazione dello strato superficiale da quello sottostante; Inerbimento dei cumuli di terreno accantonati nelle aree di stoccaggio per mantenere la fertilità del suolo; Ripristino delle aree di cantiere rispettando l'ordine di scavo. L'impatto sarà temporaneo in quanto le aree saranno ripristinate al termine dei lavori.
	Gestione cantiere	Tipologia e quantità rifiuti Adozione di protocolli di gestione delle acque per evitare di impattare sui corpi idrici superficiali.
Opere civili	Realizzazione opere d'arte maggiori	Attraversamento corsi d'acqua con viadotto Il viadotto garantisce la permeabilità per il passaggio della fauna. Il disturbo durante il periodo dei lavori è temporaneo e l'elevato indice

			di naturalità del conteso di area vasta fa si che l'impatto sia poco significativo.
		Occupazione di suolo e di habitat	Il disturbo durante il periodo dei lavori è temporaneo. Si sottolinea che rispetto al contesto di area vasta analizzato, le aree interessate dai cantieri e dalle piste sono prevalentemente seminativi.
	Realizzazione piattaforma, rilevati, trincee e opere d'arte minori	Effetto barriera per la fauna	I cantieri delimitano aree più o meno grandi in ambiti a bassa naturalità (prevalentemente seminativi). Sono comunque sottrazioni di suolo puntuali che mantengono la permeabilità faunistica. Effetto barriera si può avere con le piste di cantiere. Ad ogni modo il tracciato si caratterizza per la realizzazione di ampi tratti in galleria dove è maggiore al superficie boscata, mantenendo importanti corridoi ecologici. Infine si sottolinea che il disturbo delle piste è circoscritto al periodo dei lavori è temporaneo e reversibile.
Movimento mezzi	Movimento macchine operatrici	Emissioni in atmosfera e rumore	Le emissioni in atmosfera sono mitigate con la bagnatura delle piste e delle aree cantiere ove necessario e soprattutto con la pavimentazione delle superfici dove è previsto il passaggio dei mezzi d'opera (piste e aree cantiere). L'impatto acustico determina allontanamenti temporanei e reversibili

6.1. IMPATTI SULLA COMPONENTE BOTANICO VEGETAZIONALE

Ai fini della valutazione dell'impatto sulla componente vegetazionale è stata eseguita l'indagine botanico vegetazionale di dettaglio e l'indagine forestale. Questa ultima ha permesso di stabilire l'esatta superficie delle superfici boscate coinvolte e delle piante protette con la realizzazione dell'opera stradale. Per quanto riguarda gli aspetti botanico vegetazionale, come anticipato nella tabella di sintesi e come risulta dalle tavole allegate, le aree a maggiore naturalità sono attraversate in galleria.

Nella figura che segue si riporta lo stralcio della carta della vegetazione di dettaglio



Legenda

Formazioni vegetali areali

- Acque dolci (laghi, stagni, corsi d'acqua)
- Aggruppamento di neoformazione a pioppi (Populus nigra, Populus alba)
- Arbusteti a sanguinella (Cornus sanguinea), rovi (Rubus sp. pl.), prugnolo (Prunus spinosa) (All. Pruno spinosae - Rubion ulimifolia O. BOLÒS 1954)
- Aree con vegetazione scarsa o nulla (Centri abitati, infrastrutture, attività produttive)
- Boscaglia di robinia (Robinia pseudoacacia)
- Boschi a dominanza di Quercus ilex con Quercus pubescens, Fraxinus ornus, Ostrya carpinifolia (All. Quercion ilicis Br-Bl. ex Molinier 1934 em. Rivas-Martinez 1975)
- Boschi mesofili misti a dominanza di Quercus cerris con Fraxinus ornus, Ostrya carpinifolia, Acer opalus subsp. obtusatum (Ass Cephalanthero longifoliae-Quercetum cerridis Scopola et Filesi 1997, Aceri obtusati-Quercetum cerridis Ubaldi e Speranza 1982)
- Boschi ripariali a Populus alba, Fraxinus angustifolia, Ulmus minor, Salix alba, Alnus glutinosa (All. Populon albae Br-Bl. 1931 ex Tchou 1948)
- Boschi termofili di Quercus pubescens, con Quercus cerris, Fraxinus ornus, Ostrya carpinifolia, Quercus petraea (Ass. Roso sempervirentis-Quercetum pubescens Biondi 1986)
- Bosco a salice bianco (Salix alba) (Ass. Salicetum albae)
- Carrette termofili a Quercus cerris, Quercus pubescens, Quercus petraea, Erica arborea, Cytisus scoparius (Ass. Erica arborea-Quercetum cerridis Arrigoni 1990)
- Culture di tipo estensivo e sistemi agricoli complessi
- Frutteti
- Ginestreti a Spartium junceum (All. Cytision sessilifolii Biondi et al. 1988)
- Oliveti
- Orti e sistemi agricoli complessi
- Plantagione di latifoglie (noci)
- Plantagioni di latifoglie
- Praterie secondarie postculturali (C. Stellarietea mediae Tüxen, Lohmeyer & Preising ex von Rochow 1951, Ord. Agropyretalia repentis Oberdorfer 1967)
- Rimboschimenti di conifere
- Vegetazione ornamentale di Parchi, giardini e aree verdi
- Vigneti

Formazione vegetali lineari

- Filare a dominanza di querce (Q. pubescens, Q. cerris, Q. petraea)
- Filare di Acer campestre
- Filare di cipressi (Cupressus sp. pl.)
- Filare di latifoglie miste (Quercus pubescens, Acer campestre, Ulmus minor, Cornus sanguinea)
- Filare di noci (Juglans regia)
- Filare di pioppi (Populus sp. pl.)
- Filare di robinia (Robinia pseudoacacia)
- Filare ornamentale a dominanza di conifere (Pinus sp. pl.)
- Siepe mista di latifoglie (Ulmus minor, Cornus sanguinea, Prunus spinosa, Acer campestre)

Formazioni vegetali puntiformi

- Acer campestre
- Juglans regia
- Populus nigra
- Populus nigra ssp italica
- Quercus pubescens
- Tilia sp.
- Perimetro ZSC
- Buffer dettaglio
- Tracciato

Figura 6-1 Stralcio carta della vegetazione di dettaglio T00IA07AMBPL02-04

Come risulta dallo stralcio della carta della vegetazione di dettaglio T00IA07AMBPL02B/ T00IA07AMBPL03B/ T00IA07AMBPL04B. I tratti stradali a cielo aperto e le aree di cantiere interessano principalmente seminativi, spesso con elementi vegetali a carattere diffuso (alberi singoli, filari e siepi).

Analizzando i risultati dell'indagine forestale, che considera anche le aree e le piste di cantiere da ripristinare una volta ultimati i lavori, risulta quanto segue:

Regione Toscana

➤ Superfici boscate: 4.87.91 Ha

➤ Alberi:

- Alberi isolati: 26
- Alberi in filare: 489, dei quali 208 sono di *Robinia pseudoacacia*;
- Alberi in gruppo: 28

In base alla normativa

In base all'art. 48 dell'art. 55 del regolamento 8 agosto 2003, n. 48/R risulta che gli alberi tutelati coinvolti dal progetto sono 17, divisi come segue.

PIANTE TUTELATE AI SENSI DELL'ART. 55 DEL REGOLAMENTO 48/R		
LOCALIZZAZIONE	SPECIE	DIAMETRO CM.
PIANTA 10	Quercus pubescens	73
FILARE 7	Acer campestre	41

L'art. 55 citato definisce quanto segue:

- Ambito di applicazione

1. Le norme della presente sezione si applicano esclusivamente ai terreni non boscati ricadenti nelle zone agricole, individuate negli strumenti urbanistici, ancorché situati in zone non sottoposte a vincolo idrogeologico, ove siano presenti le piante o formazioni forestali di seguito indicate:
 - a. piante appartenenti alle seguenti specie ed aventi le seguenti misure:
 - i. diametro maggiore di 40 centimetri per: Quercus sp. pl. Fagus sylvatica L. Acer sp.pl. aceri Tilia sp.pl. Ulmus sp.pl. Fraxinus excelsior L. Pinus pinea L. Castanea sativa Mill.
 - ii. diametro maggiore di 30 centimetri per: Cupressus sempervirens L.
 - iii. diametro maggiore di 10 centimetri per: Taxus baccata L.
 - b. singole piante specificamente individuate, per tipologia e localizzazione, dall'ente competente ai sensi della legge forestale
 - c. siepi, filari o altre formazioni forestali che non presentano le dimensioni, la densità o la copertura del suolo di cui all'articolo 3 della legge forestale, specificamente individuate, per tipologia e localizzazione, dall'ente competente ai sensi della legge forestale.

Regione Umbria

➤ Superfici boscate: 0.45.69 Ha

➤ Alberi

- Alberi isolati: 40
- Alberi in filare: 414, dei quali 111 sono di *Robinia pseudoacacia*;
- Alberi in gruppo: 80.

Nella tabella che segue si riporta la sintesi delle piante protette coinvolte dal progetto in base all'art.12 e 13 L.R 19 novembre 2001 n. 28.

RIEPILOGO PIANTE TUTELATE				
	PIANTE ISOLATE	PIANTE IN FILARE	PIANTE IN GRUPPO	TOTALE
Piante non tutelate	30	246	80	356
Piante tutelate	10	168		178
Piante tutelate e censite	3	24		27
Piante da compensare	10	168		178

Nel complesso, considerando che il tracciato è lungo circa 12 km e che le superfici dei cantieri base e operativo occupano un'area di circa 25 ha, la superficie boscata coinvolta è di 5,3 Ha e le piante protette coinvolte sono 195.

La prevista piantumazione del progetto di mitigazione paesaggistica e ambientale compensa ampiamente le piante protette abbattute.

6.2. FAUNA, ECOSISTEMI E CONNESSIONI ECOLOGICHE

La valutazione dei possibili impatti sulla comunità faunistica è stata condotta analizzando le interferenze dirette e indirette dell'opera sulle connessioni ecologiche.

L'analisi si riferisce esclusivamente alla componente faunistica; le unità ecosistemiche della Rete Ecologica sono assimilate agli habitat faunistici descritti nello stesso elaborato e riportati nella Parte 2 dello Studio di Impatto Ambientale.

Il lavoro è lo stralcio della Relazione faunistica e verifica di coerenza con la Rete ecologica (T00IA07AMBRE02B) dove si caratterizza la comunità faunistica, il livello delle connessioni ecologiche e l'incidenza del progetto, considerate anche le mitigazioni previste.

Di seguito si riporta lo stralcio per la fase di cantiere.

6.2.1.1. Modifica del suolo - Impatti temporanei

Le tabelle che seguono mostrano le superfici di habitat faunistici e le lunghezze di siepi e filari interessati dalle aree e dalle piste di cantiere escluse quelle parti che coincidono con il tracciato e che quindi sono state trattate nel paragrafo precedente non potendo essere trattate come temporanee.

Habitat	Superficie
Boschi collinari	1,4175
Boschi ripariali	0,2515
Rimboschimenti e piantagioni	0,0470
Arbusteti e boscaglie	0,5375
Praterie secondarie	0,2046
Parchi e giardini	0,0023
Coltivi	34,2137
Superfici artificiali	0,7375
Totale	37,4116

Tabella 6-1 Superficie degli habitat faunistici alterati temporaneamente dalle aree e dalle piste di cantiere (ha)

Tipologia	Lunghezza
Filare a dominanza di querce	90
Filare di acero campestre	61
Filare di latifoglie miste	549
Filare di pioppi	189
Filare ornamentale a dominanza di conifere	37
Totale complessivo	926

Tabella 6-2 Siepi e filari alterati temporaneamente dalle aree e dalle piste di cantiere (ml)

Come si può osservare, la quasi totalità delle aree interessate sono coltivi (oltre il 97%) e in quanto tali ripristinabili. Più significativo è 1,4 Ha di boschi collinari che si concentrano quasi esclusivamente in prossimità degli accessi alle gallerie naturali previste. Nel complesso si tratta piccoli frammenti posti ai margini di aree forestali relativamente ampie per cui, seppure il loro recupero al termine dei lavori più lento di quello dei coltivi, l'impatto del progetto non sembra significativo. Lo stesso ragionamento può essere fatto per gli elementi lineari. Il cantiere interferisce con circa 900 ml di siepi e filari ed anche nell'ipotesi che si sia costretti ad eliminarli tutti, in tempi relativamente brevi (alcuni anni) lo stato antecedente l'intervento dovrebbe essere ristabilito.

6.2.1.2. Inquinamento acustico

Al fine di valutare i possibili impatti delle emissioni acustiche sulle comunità faunistiche, come fatto anche per la fase di esercizio, si è proceduto in due fasi. La prima si è concentrata sull'individuazione e analisi di eventuali aree particolarmente sensibili come habitat di particolare valore (es. aree umide), siti di concentrazione delle specie (es. garzaie, potenziali siti rifugio per i chiroteri ecc.) o aree protette (sia ai sensi della L. 394/91 che della Rete Natura 2000) che quindi necessita di un livello di attenzione maggiore. La seconda ha preso in considerazione tutte le aree interessate dal progetto. La carta allegata mostra le aree interessate.

Emissioni aree e piste di cantiere

La tabella sottostante mostra le superfici di habitat faunistico comprese in una fascia di 250 m dalle aree e piste di cantiere in cui quindi l'impatto delle emissioni può essere considerato temporaneo. In realtà gran parte di esse interessano aree nelle quale viene realizzato il tracciato o immediatamente adiacenti e per questo coincidenti con quelle descritte al punto precedente. Di seguito saranno quindi analizzati i possibili impatti sulle aree sensibili e quelli derivanti dalle aree di cantiere più distanti dal tracciato.

Habitat	Superficie (ha)
Acque dolci	0,86
Arbusteti e boscaglie	5,73
Boschi collinari	97,51
Boschi ripariali	14,00
Coltivi	448,72
Parchi e giardini	1,58
Praterie secondarie	3,52
Rimboschimenti e piantagioni	3,32
Superfici artificiali	56,52

Tabella 6-3 Superfici comprese in una fascia di 250 m dalle aree e piste di cantiere

PROGETTAZIONE ATI:

Aree sensibili

Relativamente al sito IT5210003, l'unica area sensibile individuata lungo il tracciato valgono le considerazioni fatte per la fase d'esercizio. L'area viene interessata dai lavori esclusivamente per la realizzazione di due piloni e per la messa in opera del tratto di ponte tra di essi, quindi un tempo limitato, che non si ritiene tale, anche se dovesse coincidere con la stagione riproduttiva, da non avere effetti significativi anche per le caratteristiche di gran parte delle specie ornitiche presenti, le uniche sensibili, di avere più riproduzioni nella medesima stagione.

Aree cantieri base non coincidenti con il tracciato

Sono le aree dei cantieri base che rimangono operativi per tutta la durata dei lavori, circa 3 anni, dove è situata la logistica, la manutenzione delle macchine e il deposito delle terre da scavo. Come si può osservare nella tavola allegata "aree di cantiere" essi sono realizzazione dell'opera sono tre e insistono nei seguenti ambiti territoriali:

L'area CO.01c si sviluppa lungo la SP 42 in un contesto già antropizzato per la presenza di alcuni insediamenti produttivi. Le emissioni prodotte sono relativamente intense con valori che nella porzione sinistra della valle, dove si sviluppano boschi collinari termofili di cerro, oscillano tra 50 e 60 dB(A). Il livello è tale da poter far presumere un impatto sulle comunità ornitiche (uno gruppo sensibile presente nell'area) che potrebbe portare ad una riduzione locale dell'abbondanza che tuttavia sarebbe temporanea, confinata ad una superficie modesta e interesserebbe, viste le caratteristiche dell'habitat, specie generaliste e abbondanti con effetti complessivi non significativi sulla comunità faunistica e che scomparirebbero al termine dei lavori.

L'area CO.02c è collocata lungo il fondovalle del T Sovara in sponda destra ed interessa esclusivamente aree coltivate con la sola eccezione di un breve tratto della sua fascia ripariale distante dal cantiere dai 150 ai 200 m. I livelli di emissioni previsti per questo unico lembo di vegetazione naturale sono dell'ordine di 45-50 dB(A), ai limiti quindi della soglia d'attenzione. L'area risulta già disturbata per la presenza in prossimità della sponda sinistra (a circa 150 m) degli insediamenti produttivi di Pistrino. Visti i livelli di emissione, la loro temporaneità e la scarsa qualità faunistica dell'habitat ripariale si ritiene che la pressione non sia significativa.

L'Area CO.03a si trova nelle aree agricole del fondovalle del F. Tevere in prossimità dell'area produttiva di Pistrino e a circa 400 m dalla fascia ripariale del corso d'acqua. Vista la sua collocazione in aree coltivate in modo intensivo e data la distanza dalla vegetazione ripariale, per altro compresa nella ZSC IT5210003, si ritiene che la pressione non sia significativa.

6.2.1.3. Sintesi degli impatti sulla fauna

Come analizzato sopra, l'impatto in fase di cantiere è legato alla sottrazione di superfici con vegetazione naturale e al disturbo legato al rumore prodotto durante le varie operazioni di cantiere. Dato che il cantiere cessa i suoi effetti con la chiusura dei lavori, il disturbo che ne deriva è di carattere temporaneo e di scarsa rilevanza in quanto l'elevata naturalità del contesto di area vasta, unita alla realizzazione di ampi tratti in galleria e in viadotto, permette alle specie faunistiche di adattarsi alla pressione antropica che si viene a creare. Nel complesso si può ritenere l'impatto in fase di cantiere sostenibile.

Si aggiunge che le recinzioni necessarie per delimitare le aree cantiere non determinano impatti significativi alla componente biodiversità poiché sono collocate nei cantieri prossimi alla viabilità principale, in aree già soggette alla pressione antropica. Al fine di impedire il passaggio della fauna la recinzione dovrà essere bene ammassata nel terreno per una idonea profondità.

7. RUMORE

7.1. SELEZIONE DEI TEMI DI APPROFONDIMENTO

Per quanto concerne il fenomeno “Rumore”, come già anticipato nella Parte P2 del presente Studio di Impatto Ambientale è stato redatto un apposito Studio Acustico a cui si rimanda per gli approfondimenti specifici. Di seguito si riportano gli elementi di sintesi di detto studio con particolare riferimento alla dimensione costruttiva.

Rispetto alla tematica dell’inquinamento acustico le potenziali sorgenti emmissive che interferiscono sul clima acustico territoriale sono quelle connesse alla cantierizzazione, ovvero le lavorazioni, i macchinari e gli impianti presenti nelle seguenti aree, considerate all’interno di un unico scenario di simulazione:

- i cantieri operativi CO.01a e CO.01b, posti rispettivamente in corrispondenza del fronte ovest ed est di scavo della galleria naturale “Le Ville” e CO.02a, CO.02b, in corrispondenza del fronte ovest ed est di scavo della galleria naturale “Citerna”;
- le aree di stoccaggio CO.01b2, CO.01c, CO.02c CO.02d e CO.03a a sostegno rispettivamente dei cantieri operativi CO.01 e CO.02 per lo stoccaggio temporaneo del materiale di scavo della galleria naturale;
- cantiere di base CB.01 e CB.02, posti all’inizio e alla fine del tracciato di progetto a sostegno dell’intera opera di progetto
- aree di deposito intermedio CO.AT00 e CO.AT.01

Sulla scorta quindi delle azioni di progetto riferite alla dimensione costruttiva individuate nel capitolo iniziale, per la componente rumore la matrice di correlazione azioni-fattori causali – impatti è di seguito riportata:

Azioni di progetto	Fattori causali	Impatti potenziali
Approntamento aree di cantiere	Produzione emissioni acustiche	Compromissione del clima acustico
Scotico terreno vegetale		
Scavo e scotico		
Scavo meccanizzato con martello pneumatico		
Demolizione pavimentazione esistente		
Demolizione manufatti		
Rinterri		
Realizzazione rilevati		
Realizzazione elementi gettati in opera		
Posa in opera di elementi prefabbricati		
Inalveazioni		
Movimentazione materie		
Traffico di cantiere		
Gestione acque di cantiere		
Realizzazione pavimentazione stradale		
Realizzazione finiture		

Tabella 7-1 Rumore: Matrice di causalità – dimensione Costruttiva

7.2. METODOLOGIA DI VALUTAZIONE DEI LIVELLI ACUSTICI INDOTTI DALLA FASE DI CANTIERE

La metodologia assunta per l’analisi delle interferenze rispetto al clima acustico riferita alla fase di cantierizzazione si basa sulla teoria del “Worst Case Scenario”. Tale metodo individua la condizione operativa di cantiere più gravosa in termini di emissioni acustiche sul territorio in modo che verificandone le condizioni di esposizione del territorio al rumore indotto rispetto ai limiti acustici territoriali possano essere individuate le eventuali soluzioni di mitigazione più opportune al fine di contenere il disturbo sui ricettori più esposti. L’analisi tiene conto dell’insieme delle diverse attività di cantiere in funzione della localizzazione delle diverse aree di lavoro.

Per ciascuno scenario, le attività sopra citate sono considerate contemporanee tra loro in termini temporali e spaziali al fine di simulare la configurazione di cantiere peggiore in termini di impatto acustico.

Per ciascuno scenario è stata considerata la condizione operativa potenzialmente più impattante definita sulla scorta delle lavorazioni previste, impianti e macchinari presenti, caratteristiche emmissive e maggior frequenza di esecuzione. In tal senso gli scenari riferiti ai cantieri operativi in prossimità degli imbocchi alla galleria di progetto tiene conto di una modalità di scavo mediante escavatore.

Altresì lo scenario riferito all’area di deposito temporaneo tiene conto del funzionamento in continuo dell’impianto di frantumazione, oltre che alle attività di stoccaggio inerti, che certamente costituiscono una condizione di maggior interferenza in virtù della loro operatività in continuo durante il periodo di attività diurna. Tutti gli scenari si limitano al solo periodo diurno, in quanto in tutti i casi non sono previste attività o lavorazioni nel periodo notturno. Si è assunta perciò una operatività di un turno lavorativo pari a 8 ore, sia per i cantieri fissi che mobili, nel solo periodo diurno nell’arco temporale tra le 6:00 – 22:00.

In virtù di quanto detto lo scenario assunto nelle simulazioni acustiche previsionali è rappresentato dalle seguenti aree di cantiere e relativi macchinari:

Area di cantiere	Attività	Macchine di cantiere
Cantiere base CB.01/ CB.02	Stoccaggio materiali e supporto dell’intera opera di progetto	Autocarro
		Escavatore
		Pala meccanica
		Gruppo elettrogeno
Aree di stoccaggio CO.01b2/CO.01c/CO.02c/ CO.02d/ CO03a	Stoccaggio temporaneo del materiale di scavo della galleria naturale	Autocarro
		Escavatore
		Pala meccanica
		Gruppo elettrogeno
Cantieri operativi CO.01a/CO.01b/CO.02a/CO.02b	Scavo della galleria naturale	Autocarro
		Escavatore con martello demolitore
		Escavatore
		Sistema aerazione
		Gruppo elettrogeno
		Pala meccanica
		Impianto drenaggio acque
		Impianto aria compressa
		Betoniere
		Autogru

Tabella 7-2 Caratterizzazione degli scenari oggetto di studio riferiti alla fase di Corso d’Opera individuati secondo la metodologia del “worst case scenario”

7.3. DATI DI INPUT

7.3.1. PARAMETRI TERRITORIALI

Il primo step della modellizzazione acustica consiste nella ricostruzione della morfologia del territorio interessato dalle attività di cantiere. Attraverso i dati cartografici territoriali è stata modellata l'orografia dell'area di studio mediante interpolazione delle linee di elevazione, punti quota, infrastrutture, etc.

7.3.2. MODELLAZIONE ACUSTICA

Le sorgenti acustiche connesse ai macchinari operativi sono state considerate come puntiformi, poste ad un'altezza relativa sul terreno pari a 1,5 metri e con spettro in frequenza adeguato, in mancanza di spettro idoneo sarà utilizzato il metodo della frequenza centrale pari a 500Hz.

Per ogni lavorazione precedentemente indicata è stato individuato il numero e la tipologia di macchinari presenti e le relative grandezze di riferimento per la loro caratterizzazione acustica, quali il livello di potenza sonora e lo spettro di emissione in bande di ottava. In Tabella 7-3 sono riportate le caratteristiche emissive associate ai mezzi d'opera presenti nelle aree di cantiere desunte dalla letteratura di settore.

Cantiere Base CB.01 e CB.02			
Macchine di cantiere	Tot. dB(A)	N° Mezzi	% effettiva di impiego
Autocarro	101,9	2	50,0
Escavatore	107,0	2	60,0
Pala meccanica	103,1	1	60,0
Gruppo elettrogeno	99,4	2	30,0

Cantieri deposito e stoccaggio CO.01b2, CO.01c, CO.02c e CO.03a			
Macchine di cantiere	Tot. dB(A)	N° Mezzi	% effettiva di impiego
Autocarro	101,9	2	50,0
Escavatore	107,0	1	60,0
Pala meccanica	103,1	2	60,0
Gruppo elettrogeno	99,4	1	30,0

Cantieri operativi CO.01a, CO.01b e CO.02a, CO.02b			
Macchine di cantiere	Tot. dB(A)	N° Mezzi	% effettiva di impiego
Autocarro	101,9	2	50,0
Escavatore con martello demolitore	115,0	2	60,0
Escavatore	107,0	1	60,0
Sistema aerazione	99,4	2	30,0
Gruppo elettrogeno	99,4	1	30,0
Pala meccanica	113,0	2	60,0
Impianto drenaggio acque	99,4	1	30,0
Impianto aria compressa	99,4	1	30,0
Betoniere	100	2	50,0
Autogru	103	1	50,0

Tabella 7-3 Livello di potenza sonora e spettro emissivo calcolato per lo scenario di riferimento dei cantieri fissi

Per quanto riguarda l'orario di lavoro, si assume una operatività, nel solo periodo diurno e nell'arco temporale tra le 8:00 – 16:00, per un totale di 8 ore lavorative.

Infine, per quanto concerne il traffico di cantiere, in virtù dei materiali da movimentare, sono stati considerati i seguenti flussi in entrata e uscita dalla relativa area di cantiere:

- area di cantiere: 5 veic/h.

7.4. DATI DI OUTPUT

7.4.1. MAPPATURA ACUSTICA

Il modello di simulazione restituisce i livelli acustici in $L_{eq}(A)$ in termini di mappature acustiche, calcolate ad un'altezza di 4 metri dal suolo. La griglia di calcolo è stata impostata con passo pari a 3 metri, mentre l'ordine di riflessione è stato assunto pari a 3.
Le curve di isolivello acustico sono rappresentate nelle tavole "Book Mappe di propagazione acustica fase di cantiere" (Codice elaborato T00IA08AMBPL07A).

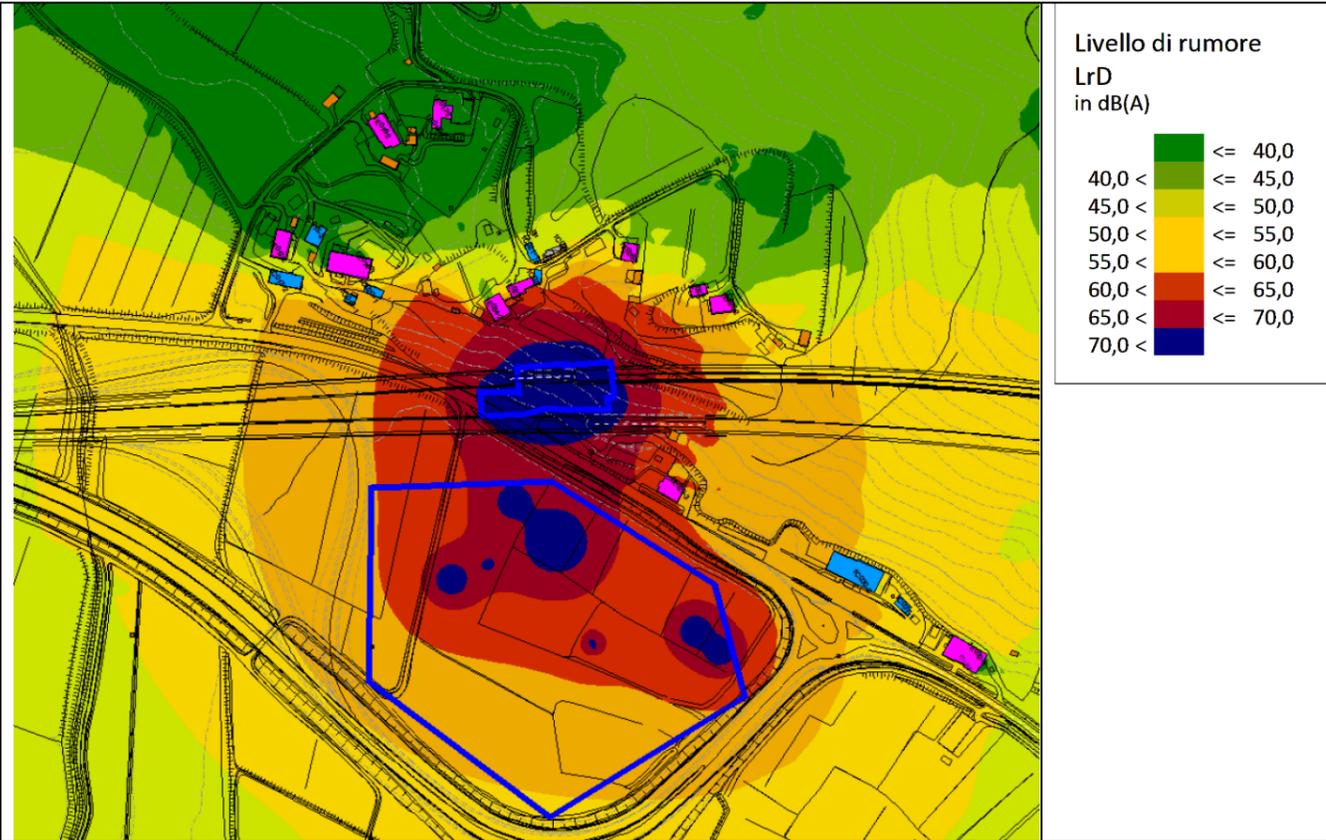


Figura 7-1 Scenario corso d'opera: mappa della rumorosità cantiere CO.01a e CB.01

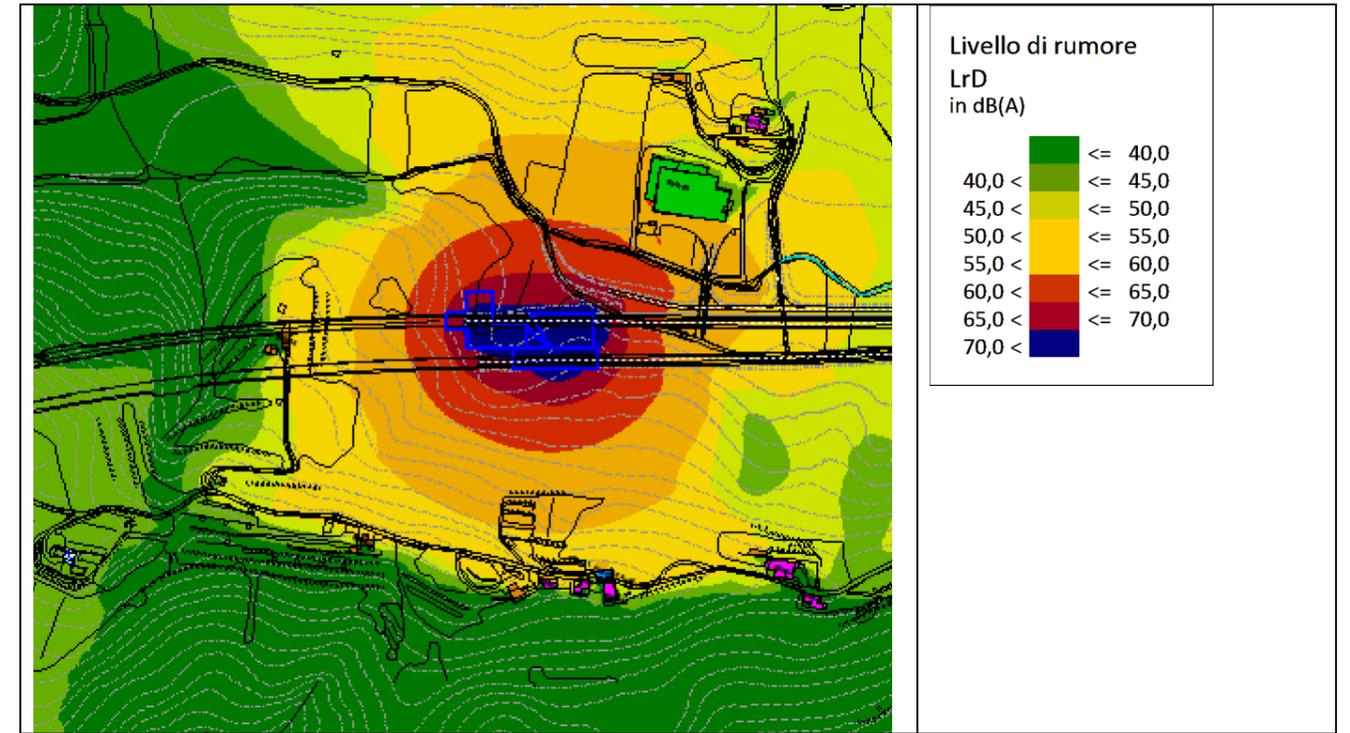


Figura 7-2 Scenario corso d'opera: mappa della rumorosità cantieri CO.01b e CO.01b.2

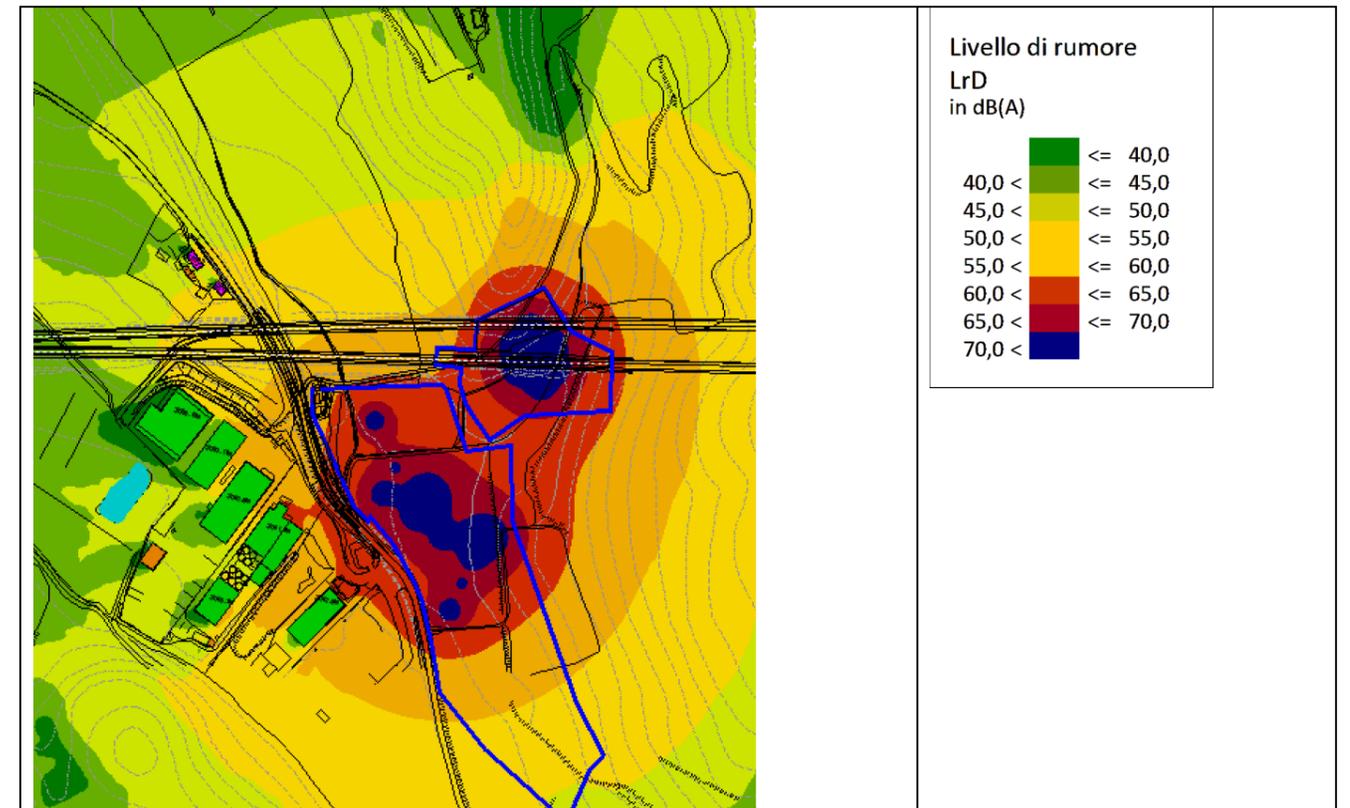


Figura 7-3 Scenario corso d'opera: mappa della rumorosità cantieri CO.01c e CO.02.a

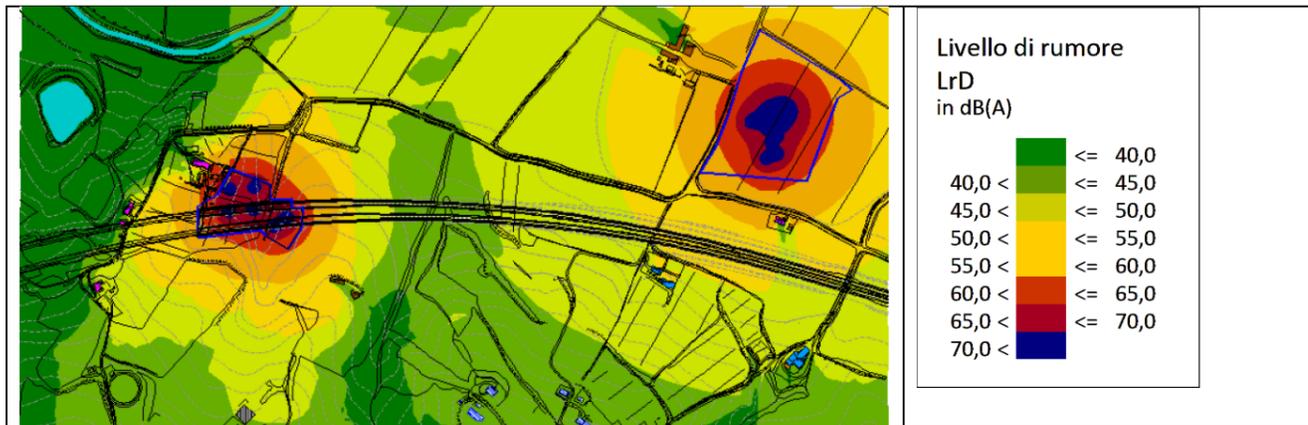


Figura 7-4 Scenario corso d'opera: mappa della rumorosità cantieri CO.02b e CO.02.c

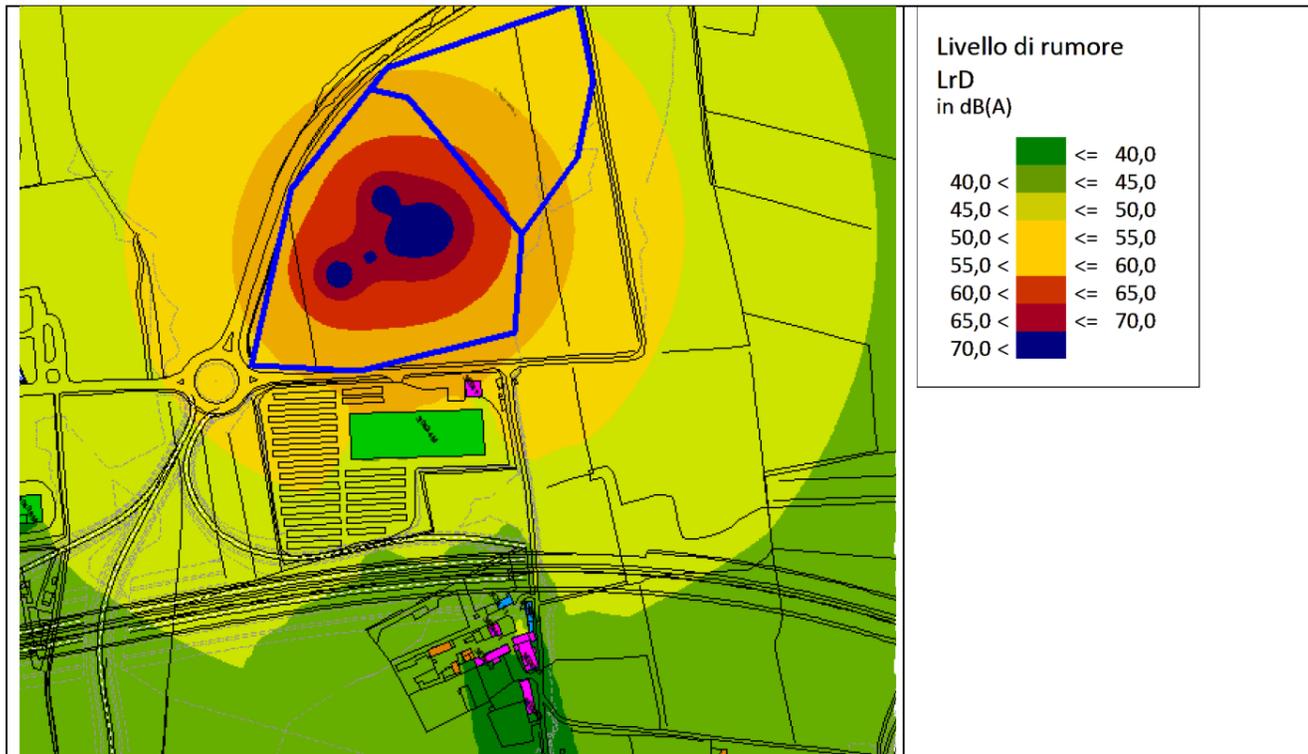


Figura 7-5 Scenario corso d'opera: mappa della rumorosità cantiere CO.03.a

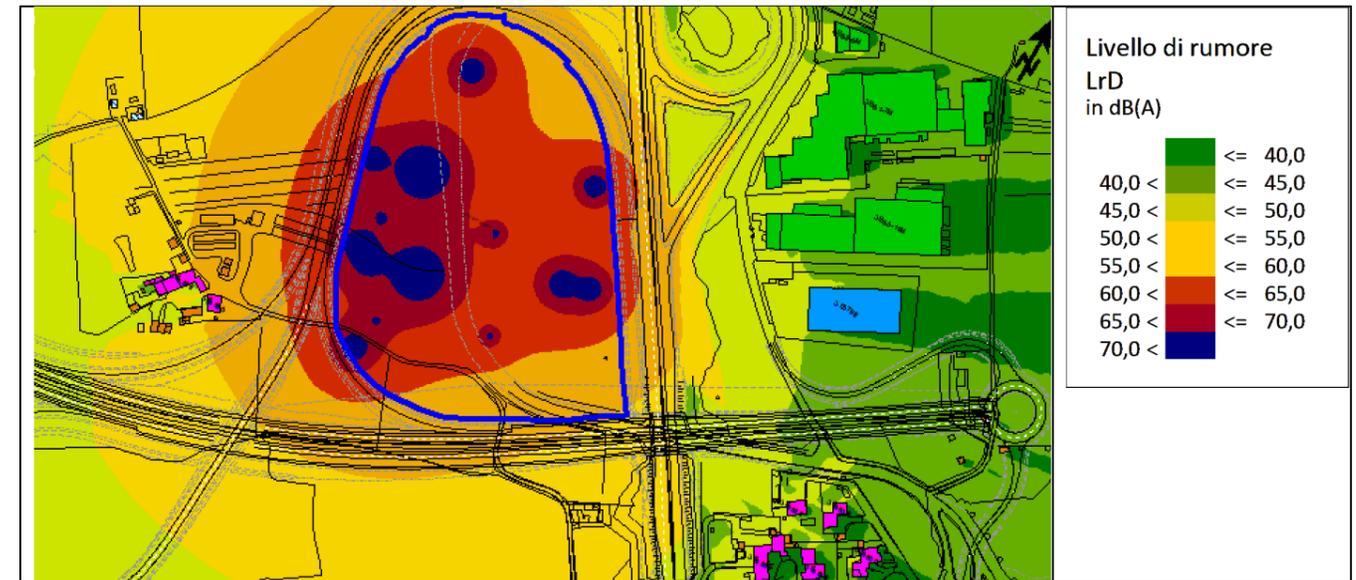


Figura 7-6 Scenario corso d'opera: mappa della rumorosità cantiere CB.02

7.4.2. VALORI ACUSTICI IN CORRISPONDENZA DEI RICETTORI

Per ogni edificio situato nei pressi delle aree di lavorazione è stato calcolato il livello acustico ad 1 metro dalla facciata per ciascun piano e facciata. Il calcolo è stato limitato ai soli edifici residenziali che ricadono in prossimità dei ricettori. I limiti di riferimento sono quelli previsti dai relativi piani di zonizzazione. I valori massimi determinati in corrispondenza della facciata più esposta sono riportati per ciascun ricettore considerato.

I risultati ottenuti hanno evidenziato superamenti dei valori limite previsti dalla normativa presso alcuni ricettori.

Ricevitore	Piano	Direzione	LrD,lim dB(A)	LrD dB(A)	LrD,diff dB
1E012-2	GF	SE	60	44,1	---
1E012-2	F 1	SE	60	48,7	---
1E014-3	GF	SE	60	54	---
1E014-3	F 1	SE	60	55,3	---
1E014-3	GF	SE	60	53	---
1E014-3	F 1	SE	60	56,5	---
1E016-2	GF	E	60	36,2	---
1E016-2	F 1	E	60	36,5	---
1E016-2	GF	E	60	36,4	---
1E016-2	F 1	E	60	36,9	---
1E017-2	GF	SE	60	36,7	---
1E017-2	F 1	SE	60	37	---
1E017-2	GF	NE	60	37,9	---
1E017-2	F 1	NE	60	37,6	---
1E017-2	GF	SE	60	36,1	---
1E017-2	F 1	SE	60	36,7	---
1E023-2	GF	E	60	58,8	---
1E023-2	F 1	E	60	61,7	1,7

1E023-2	GF	E	60	60,9	0,9
1E023-2	F 1	E	60	63,7	3,7
1E024-2	GF	E	60	65,1	5,1
1E024-2	F 1	E	60	65	5
1E026-2	GF	SE	60	52,9	---
1E026-2	F 1	SE	60	55,6	---
1E027-?	GF	E	60	54,8	---
1E028-2	GF	E	60	54,7	---
1E028-2	F 1	E	60	57,2	---
1E029-3	GF	SE	60	58,7	---
1E029-3	F 1	SE	60	58,9	---
1E029-3	F 2	SE	60	59,1	---
1E029-3	GF	SW	60	58,1	---
1E029-3	F 1	SW	60	61,1	1,1
1E029-3	F 2	SW	60	62,2	2,2
1E029-3	GF	NW	60	54,9	---
1E029-3	F 1	NW	60	58,9	---
1E029-3	F 2	NW	60	60,1	0,1
1E032-3	GF	NW	60	43,3	---
1E032-3	F 1	NW	60	46,5	---
1E032-3	F 2	NW	60	51,1	---
1E032-3	GF	SE	60	48,9	---
1E032-3	F 1	SE	60	49	---
1E032-3	F 2	SE	60	51	---
1E032-3	GF	SW	60	50,8	---
1E032-3	F 1	SW	60	51,4	---
1E032-3	F 2	SW	60	51,8	---
2E003-2	GF	N	60	53	---
2E003-2	F 1	N	60	53	---
2E004-1	GF	N	60	48,6	---
2E004-1	F 1	N	60	52,9	---
2E005-3	GF	NW	60	32,6	---
2E007-2	GF	S	60	47,3	---
2E007-2	F 1	S	60	51,3	---
2E008-2	GF	N	60	48,7	---
2E008-2	F 1	N	60	49,4	---
2E009-3	GF	N	60	32,3	---
2E009-3	F 1	N	60	34,6	---
2E009-3	F 2	N	60	38,1	---
2E030-3	GF	SW	60	37,3	---
2E030-3	F 1	SW	60	46,8	---
2E030-3	GF	SW	60	38,4	---
2E030-3	F 1	SW	60	47,4	---
2E030-3	GF	SE	60	46,8	---
2E030-3	F 1	SE	60	48,3	---
2E031-2	GF	SW	60	47,2	---
2E031-2	F 1	SW	60	51,3	---
2E031-2	GF	SE	60	51,2	---
2E031-2	F 1	SE	60	51,4	---

3e060-3	GF	NW	60	38,6	---
3e060-3	F 1	NW	60	42,6	---
3e060-3	F 2	NW	60	44,2	---
3e060-3	GF	NW	60	44,9	---
3e060-3	F 1	NW	60	46,2	---
3e060-3	F 2	NW	60	46,9	---
3E001-3	GF	NE	55	47,3	---
3E001-3	F 1	NE	55	47,3	---
3E001-3	F 2	NE	55	47,3	---
3E001-3	GF	NW	55	40,4	---
3E001-3	F 1	NW	55	44,6	---
3E001-3	F 2	NW	55	47,3	---
3E002-1	GF	SE	55	41,1	---
3E003-3	GF	NE	55	47,5	---
3E003-3	F 1	NE	55	49,8	---
3E003-3	F 2	NE	55	50,4	---
3E003-3	GF	SE	55	47,5	---
3E003-3	F 1	SE	55	49,9	---
3E003-3	F 2	SE	55	51,1	---
3E003-3	GF	SE	55	46,3	---
3E003-3	F 1	SE	55	47,9	---
3E003-3	F 2	SE	55	50,1	---
3E004-2	GF	SE	55	59,2	4,2
3E004-2	F 1	SE	55	59,2	4,2
3E004-2	GF	SW	55	57,9	2,9
3E004-2	F 1	SW	55	58,6	3,6
3E005-3	GF	NW	60	55,9	---
3E005-3	F 1	NW	60	55,9	---
3E005-3	F 2	NW	60	56	---
3E005-3	GF	NE	60	56,5	---
3E005-3	F 1	NE	60	56,6	---
3E005-3	F 2	NE	60	56,1	---
3E005-3	GF	NE	60	55,6	---
3E005-3	F 1	NE	60	55,7	---
3E005-3	F 2	NE	60	55,8	---
3E041-1	GF	NE	60	42,9	---
3E041-1	GF	SE	60	48,4	---
3E041-1	GF	SW	60	56	---
3E041-1	GF	NW	60	54,9	---
3E043-2	GF	NW	60	36,7	---
3E043-2	F 1	NW	60	41,4	---
3E043-2	GF	NE	60	32,6	---
3E043-2	F 1	NE	60	41,3	---
3E044-1	GF	W	60	44,5	---
3E045-3	GF	W	60	42,8	---
3E045-3	F 1	W	60	44,2	---
3E045-3	F 2	W	60	43,1	---
3E045-3	GF	N	60	33,5	---
3E045-3	F 1	N	60	41,1	---

PROGETTAZIONE ATI:

3E045-3	F 2	N	60	43,1	---
3E046-2	GF	W	60	42	---
3E046-2	F 1	W	60	42,3	---
3E050-3	GF	NE	60	55,7	---
3E050-3	F 1	NE	60	56,1	---
3E050-3	F 2	NE	60	56,2	---
3E050-3	GF	SE	60	50,5	---
3E050-3	F 1	SE	60	49,3	---
3E050-3	F 2	SE	60	55,6	---
3E051-2	GF	NE	60	55,4	---
3E051-2	F 1	NE	60	56,2	---
3E051-2	GF	SE	60	45,2	---
3E051-2	F 1	SE	60	50,2	---
3E051-2	GF	SE	60	47	---
3E051-2	F 1	SE	60	50,5	---
3E051-2	GF	SW	60	35,7	---
3E051-2	F 1	SW	60	49,3	---
3E055-2	GF	NW	60	45,1	---
3E055-2	F 1	NW	60	46,7	---
3E055-2	GF	NW	60	39,4	---
3E055-2	F 1	NW	60	44,8	---
3E055-2	GF	SW	60	43,7	---
3E055-2	F 1	SW	60	44,6	---
3E059-2	GF	NE	60	28,7	---
3E059-2	F 1	NE	60	31	---
3E059-2	GF	NW	60	42,5	---
3E059-2	F 1	NW	60	44,2	---
3E062-2	GF	NE	60	36	---
3E062-2	F 1	NE	60	36,9	---
3E062-2	GF	SW	60	43,5	---
3E062-2	F 1	SW	60	47,1	---
3E062-2	GF	NW	60	44,4	---
3E062-2	F 1	NW	60	45,2	---
3E063-2	GF	NW	60	43,4	---
3E063-2	F 1	NW	60	45	---
3E063-2	GF	NE	60	28,1	---
3E063-2	F 1	NE	60	41,6	---
3E063-2	GF	SW	60	44,6	---
3E063-2	F 1	SW	60	45,6	---

Tabella 7-4 Scenario Corso d'Opera: livelli acustici calcolati in prossimità dei ricettori (1 metro dalla facciata)

7.5. SCENARIO POST MITIGAZIONE

7.5.1. TIPOLOGIA DI INTERVENTI DI MITIGAZIONE

Quale mitigazione acustica per il contenimento della rumorosità indotta dalle attività di cantiere, si è individuata l'installazione di barriere antirumore di tipo mobile lungo le aree di lavoro.

Per la modellazione delle barriere acustiche è stato considerato un coefficiente di assorbimento acustico relativo a pannelli di medie prestazioni il cui spettro delle frequenze risulta il seguente:

Frequenza [Hz]	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000
Coefficiente di assorbimento	0,3	0,45	0,6	0,6	0,7	0,75	0,8	0,8	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,8	0,75	0,7

Tabella 7-5 Coefficiente di assorbimento in funzione dello spettro delle frequenze per le barriere fonoassorbenti considerate

All'interno del modello di calcolo, le barriere antirumore di tipo mobile sono state computate con un'altezza di 3 m e posizionate lungo la recinzione delle aree di lavorazione con una estensione totale pari a 1700 metri e, per ogni cantiere, così suddivise:

- CO.01a 180 metri
- CB.01 324 metri
- CO.01b 76 metri
- CO.01b.2 100 metri
- CO.01c 118 metri
- CO.02b 88 metri
- CO.02.c 435 metri
- CO.03.a 119 metri
- CB.02 248 metri.

7.5.2. OUTPUT DEL MODELLO

7.5.2.1. Mappatura acustica

Il modello di simulazione restituisce i livelli acustici in Leq(A) in termini di mappature acustiche in planimetria, calcolate ad un'altezza di 4 metri dal suolo.

Per le mappature acustiche in planimetria, la griglia di calcolo è stata impostata con passo pari a 3 metri con ordine di riflessione pari a 3.

Di seguito si riportano le mappature in planimetria per le aree di cantiere di tipo mobile in presenza di barriere antirumore.

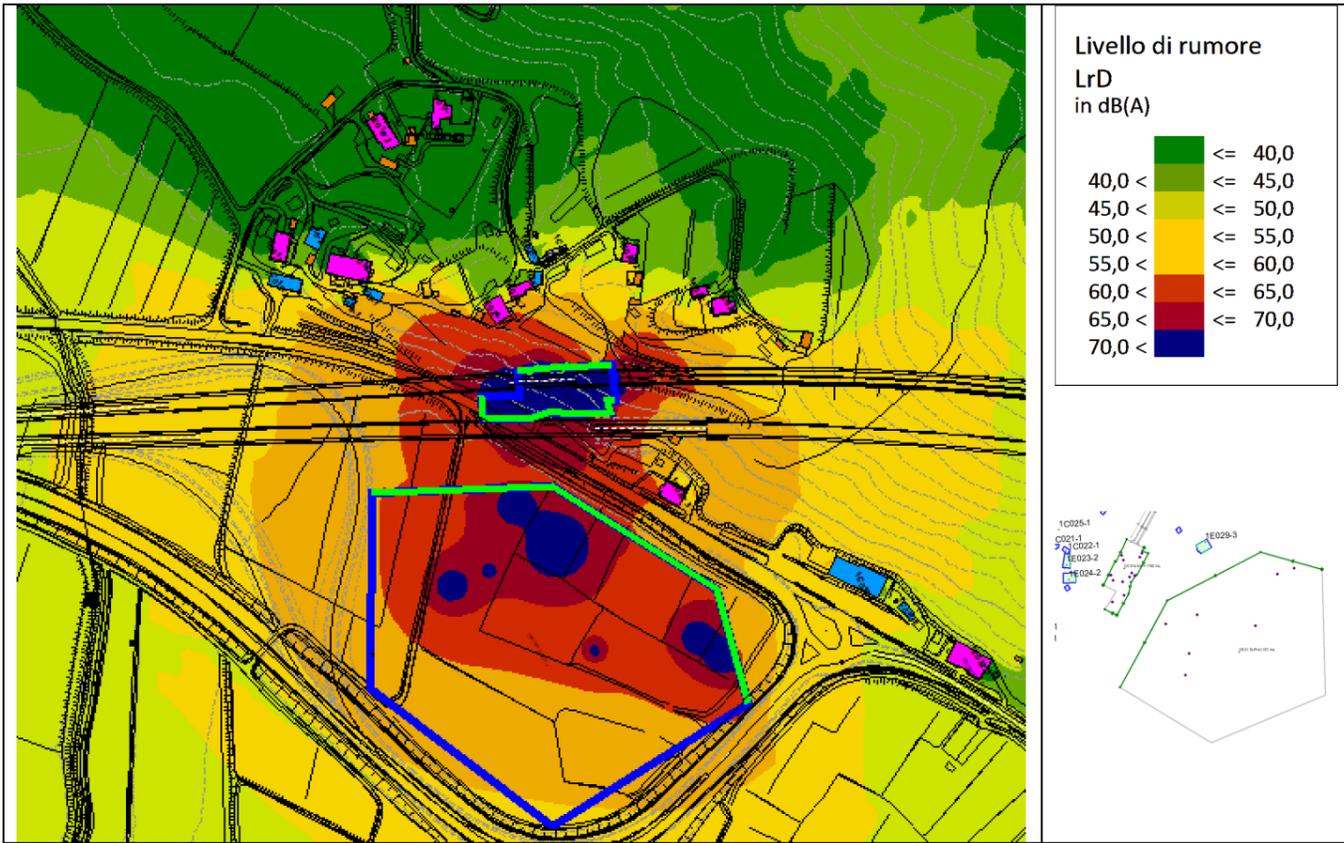


Figura 7-7 Scenario corso d'opera post mitigazioni: mappa della rumorosità cantieri CO.01a e CB.01

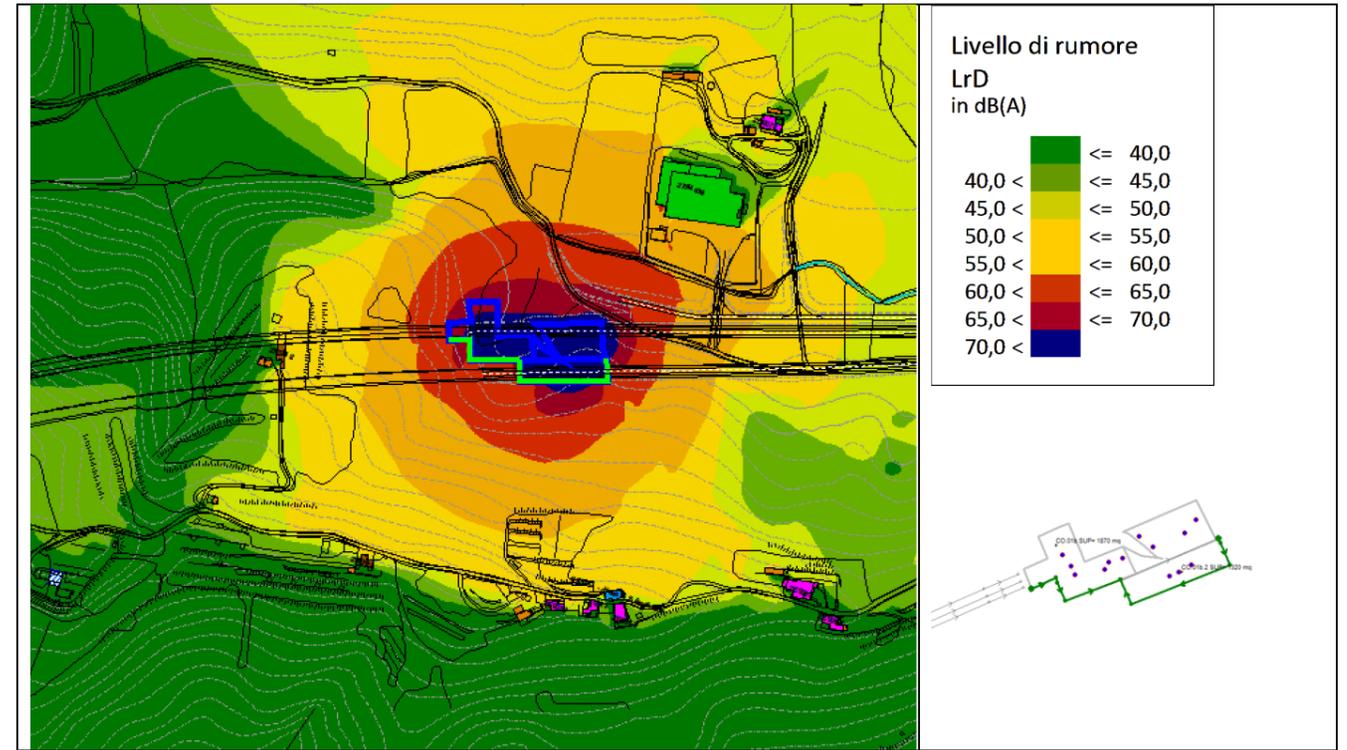


Figura 7-8 Scenario corso d'opera post mitigazioni: mappa della rumorosità cantieri CO.01b e CO.01b.2

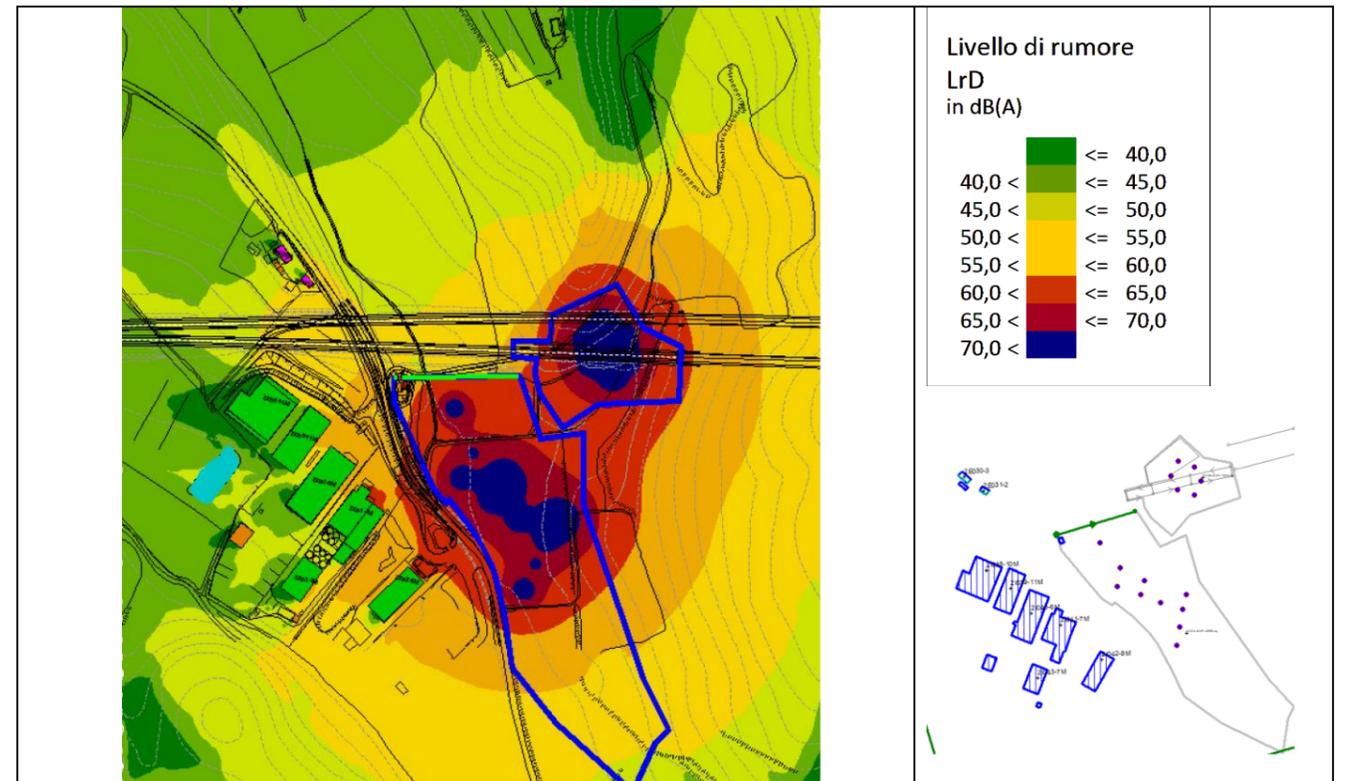


Figura 7-9 Scenario corso d'opera post mitigazioni: mappa della rumorosità cantieri CO.01c e CO.02.a

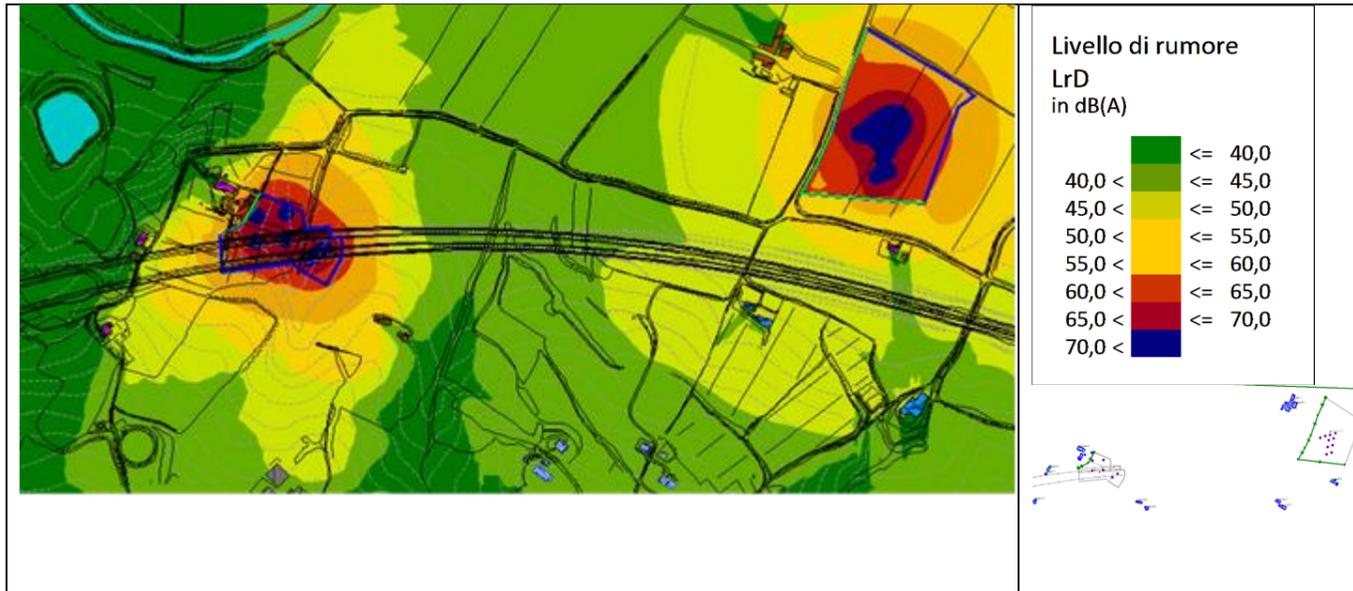


Figura 7-10 Scenario corso d'opera post mitigazioni: mappa della rumorosità cantieri CO.02b e CO.02.c

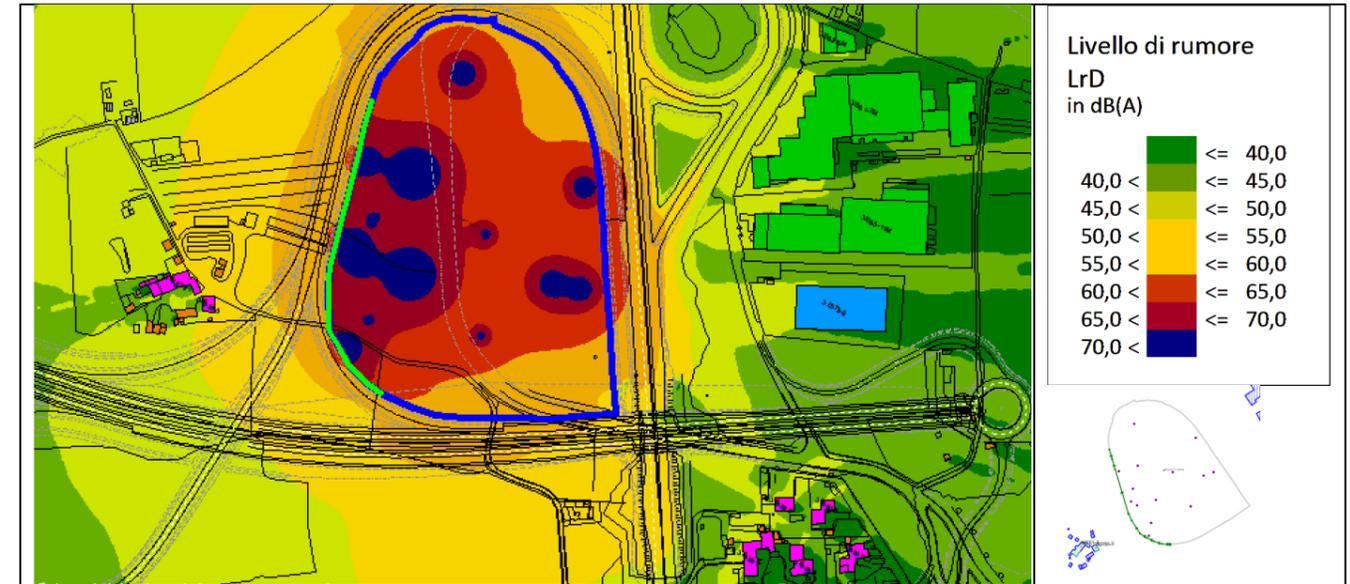


Figura 7-12 Scenario corso d'opera post mitigazioni: mappa della rumorosità cantiere CB.02

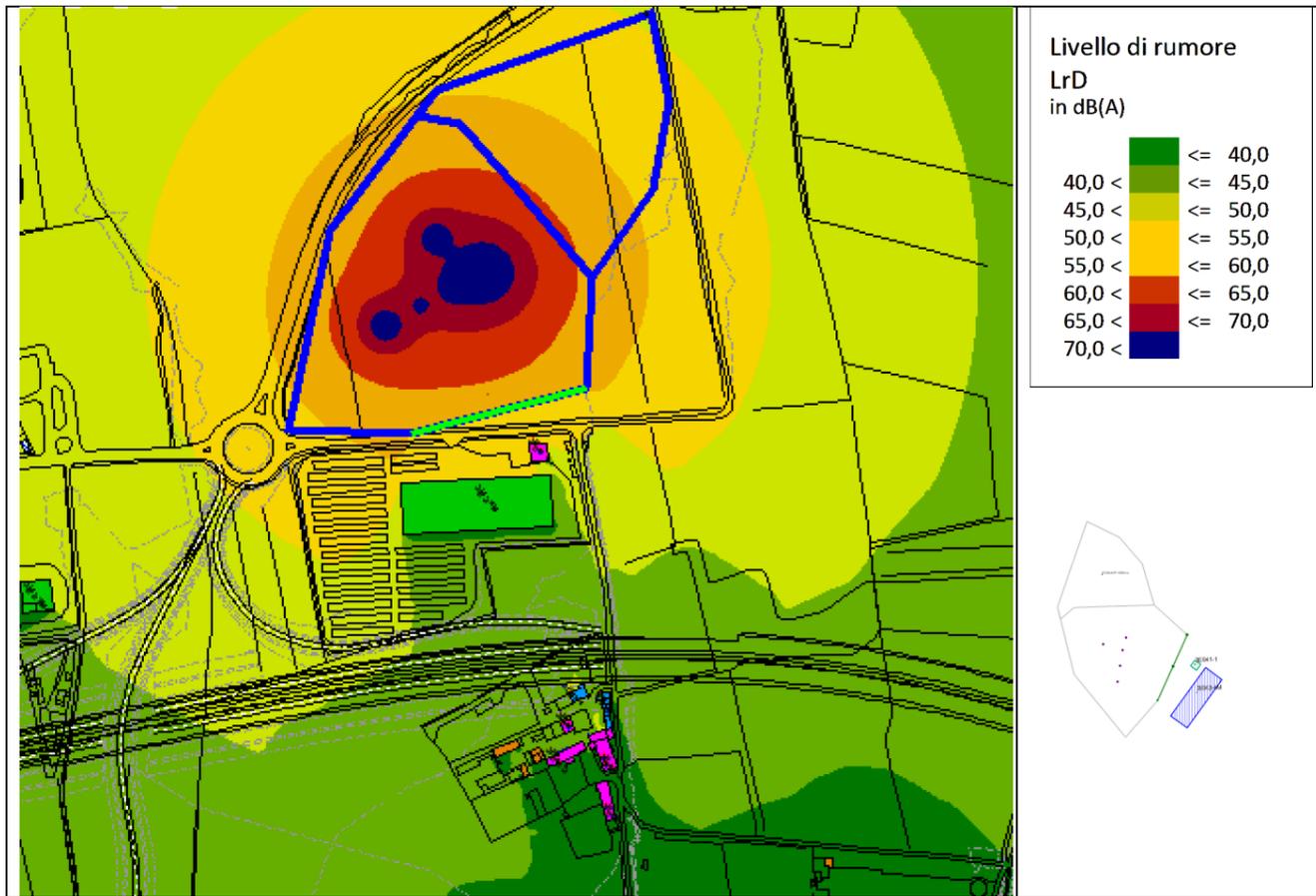


Figura 7-11 Scenario corso d'opera post mitigazioni: mappa della rumorosità cantiere CO.03.a

Valori acustici in corrispondenza dei ricettori

Nella seguente tabella si riportano i valori presso i ricettori in presenza di barriere antirumore

Ricevitore	Piano	Direzione	LrD,lim dB(A)	LrD dB(A)	LrD,diff dB
1E012-2	GF	SE	60	43,9	---
1E012-2	F 1	SE	60	47,9	---
1E014-3	GF	SE	60	53,7	---
1E014-3	F 1	SE	60	54,5	---
1E014-3	GF	SE	60	52,1	---
1E014-3	F 1	SE	60	55,6	---
1E016-2	GF	E	60	35,8	---
1E016-2	F 1	E	60	36,1	---
1E016-2	GF	E	60	36	---
1E016-2	F 1	E	60	36,4	---
1E017-2	GF	SE	60	35,6	---
1E017-2	F 1	SE	60	35,9	---
1E017-2	GF	NE	60	36,7	---
1E017-2	F 1	NE	60	36,6	---
1E017-2	GF	SE	60	34,8	---
1E017-2	F 1	SE	60	35,4	---
1E023-2	GF	E	60	54,5	---
1E023-2	F 1	E	60	56,7	---
1E023-2	GF	E	60	56,5	---
1E023-2	F 1	E	60	59	---
1E024-2	GF	E	60	61,5	1,5
1E024-2	F 1	E	60	62,4	2,4
1E026-2	GF	SE	60	49,5	---
1E026-2	F 1	SE	60	51,1	---

1E027-?	GF	E	60	53,5	---
1E028-2	GF	E	60	54,1	---
1E028-2	F 1	E	60	55,9	---
1E029-3	GF	SE	60	57,1	---
1E029-3	F 1	SE	60	58,5	---
1E029-3	F 2	SE	60	58,7	---
1E029-3	GF	SW	60	53,4	---
1E029-3	F 1	SW	60	57,4	---
1E029-3	F 2	SW	60	58,7	---
1E029-3	GF	NW	60	50,5	---
1E029-3	F 1	NW	60	52,9	---
1E029-3	F 2	NW	60	55,5	---
1E032-3	GF	NW	60	41,6	---
1E032-3	F 1	NW	60	43,5	---
1E032-3	F 2	NW	60	49	---
1E032-3	GF	SE	60	44,9	---
1E032-3	F 1	SE	60	46,7	---
1E032-3	F 2	SE	60	49,1	---
1E032-3	GF	SW	60	47,3	---
1E032-3	F 1	SW	60	49,1	---
1E032-3	F 2	SW	60	49,7	---
2E003-2	GF	N	60	52,5	---
2E003-2	F 1	N	60	52,6	---
2E004-1	GF	N	60	48,6	---
2E004-1	F 1	N	60	52,4	---
2E005-3	GF	NW	60	32,3	---
2E007-2	GF	S	60	47,5	---
2E007-2	F 1	S	60	51,6	---
2E008-2	GF	N	60	48,2	---
2E008-2	F 1	N	60	48,6	---
2E009-3	GF	N	60	32,2	---
2E009-3	F 1	N	60	34,4	---
2E009-3	F 2	N	60	37,7	---
2E030-3	GF	SW	60	37,1	---
2E030-3	F 1	SW	60	46,8	---
2E030-3	GF	SW	60	38,2	---
2E030-3	F 1	SW	60	47,4	---
2E030-3	GF	SE	60	46,6	---
2E030-3	F 1	SE	60	48,2	---
2E031-2	GF	SW	60	47	---
2E031-2	F 1	SW	60	51,2	---
2E031-2	GF	SE	60	50,9	---
2E031-2	F 1	SE	60	51,4	---
3e060-3	GF	NW	60	39	---
3e060-3	F 1	NW	60	42,9	---
3e060-3	F 2	NW	60	44,6	---
3e060-3	GF	NW	60	45,3	---
3e060-3	F 1	NW	60	46,6	---
3e060-3	F 2	NW	60	47,5	---

3E001-3	GF	NE	55	47,2	---
3E001-3	F 1	NE	55	47,3	---
3E001-3	F 2	NE	55	47,3	---
3E001-3	GF	NW	55	40,4	---
3E001-3	F 1	NW	55	44,6	---
3E001-3	F 2	NW	55	47,3	---
3E002-1	GF	SE	55	40,9	---
3E003-3	GF	NE	55	46,9	---
3E003-3	F 1	NE	55	48,8	---
3E003-3	F 2	NE	55	49	---
3E003-3	GF	SE	55	46,9	---
3E003-3	F 1	SE	55	48,8	---
3E003-3	F 2	SE	55	49,9	---
3E003-3	GF	SE	55	45,8	---
3E003-3	F 1	SE	55	47,8	---
3E003-3	F 2	SE	55	48,8	---
3E004-2	GF	SE	55	57	2
3E004-2	F 1	SE	55	58,5	3,5
3E004-2	GF	SW	55	55,3	0,3
3E004-2	F 1	SW	55	57,3	2,3
3E005-3	GF	NW	60	51,9	---
3E005-3	F 1	NW	60	55,3	---
3E005-3	F 2	NW	60	55,8	---
3E005-3	GF	NE	60	52,5	---
3E005-3	F 1	NE	60	55,8	---
3E005-3	F 2	NE	60	55,9	---
3E005-3	GF	NE	60	51,6	---
3E005-3	F 1	NE	60	55	---
3E005-3	F 2	NE	60	55,6	---
3E041-1	GF	NE	60	37	---
3E041-1	GF	SE	60	44,3	---
3E041-1	GF	SW	60	51,8	---
3E041-1	GF	NW	60	50,8	---
3E043-2	GF	NW	60	36,3	---
3E043-2	F 1	NW	60	41,3	---
3E043-2	GF	NE	60	30,8	---
3E043-2	F 1	NE	60	41,1	---
3E044-1	GF	W	60	44,4	---
3E045-3	GF	W	60	42,6	---
3E045-3	F 1	W	60	44,1	---
3E045-3	F 2	W	60	43	---
3E045-3	GF	N	60	31,8	---
3E045-3	F 1	N	60	40,8	---
3E045-3	F 2	N	60	42,9	---
3E046-2	GF	W	60	42	---
3E046-2	F 1	W	60	42,2	---
3E050-3	GF	NE	60	51,4	---
3E050-3	F 1	NE	60	51,9	---
3E050-3	F 2	NE	60	54	---

PROGETTAZIONE ATI:

3E050-3	GF	SE	60	43,7	---
3E050-3	F 1	SE	60	45,4	---
3E050-3	F 2	SE	60	53,5	---
3E051-2	GF	NE	60	51,3	---
3E051-2	F 1	NE	60	52	---
3E051-2	GF	SE	60	41,8	---
3E051-2	F 1	SE	60	49,6	---
3E051-2	GF	SE	60	43,6	---
3E051-2	F 1	SE	60	49,6	---
3E051-2	GF	SW	60	34,1	---
3E051-2	F 1	SW	60	48,8	---
3E055-2	GF	NW	60	45,5	---
3E055-2	F 1	NW	60	47,1	---
3E055-2	GF	NW	60	39,6	---
3E055-2	F 1	NW	60	45,3	---
3E055-2	GF	SW	60	44,1	---
3E055-2	F 1	SW	60	45	---
3E059-2	GF	NE	60	28,8	---
3E059-2	F 1	NE	60	31,1	---
3E059-2	GF	NW	60	42,8	---
3E059-2	F 1	NW	60	44,4	---
3E062-2	GF	NE	60	36,2	---
3E062-2	F 1	NE	60	37	---
3E062-2	GF	SW	60	43,8	---
3E062-2	F 1	SW	60	47,3	---
3E062-2	GF	NW	60	44,9	---
3E062-2	F 1	NW	60	45,6	---
3E063-2	GF	NW	60	43,7	---
3E063-2	F 1	NW	60	45,3	---
3E063-2	GF	NE	60	28,2	---
3E063-2	F 1	NE	60	41,9	---
3E063-2	GF	SW	60	45	---
3E063-2	F 1	SW	60	45,9	---

Tabella 7-6 Scenario Corso d'opera – Post mitigazione: livelli acustici calcolati in prossimità dei ricettori (1 metro dalla facciata)

Attraverso l'adozione degli interventi di mitigazione descritti la quasi totalità dei ricettori residenziali, per i quali nello scenario corso d'opera presentavano un superamento dei limiti normativi, risultano completamente mitigati, rimane un impatto residuo presso 2 ricettori.

7.6. RAPPORTO OPERA-AMBIENTE E MISURE DI PREVENZIONE E MITIGAZIONE

Per lo scenario di "Corso D'Opera" è stata applicata la metodologia del Worst Case Scenario. Questo permette di valutare le condizioni di esposizione al rumore indotto dalle attività di cantiere e di verificare il rispetto dei limiti acustici territoriali nelle condizioni operative più gravose sul territorio, che nel caso positivo, permettono di accertare una condizione di rispetto anche nelle situazioni meno critiche.

Nel modello è stato quindi imputato il layout delle diverse aree di cantiere, ovvero quelle relative alle aree operative di lavoro per la realizzazione della galleria di progetto, le aree stoccaggio temporaneo del materiale di scavo della galleria ed il campo base con finalità di stoccaggio materiale e sostegno dell'intera opera di progetto.

PROGETTAZIONE ATI:

Le aree di cantiere e le relative aree di deposito sono state localizzate secondo quanto indicato dagli elaborati progettuali.

Per ciascuno scenario è stata considerata la condizione operativa potenzialmente più impattante definita sulla scorta delle lavorazioni previste, impianti e macchinari presenti, caratteristiche emissive e maggior frequenza di esecuzione.

Tutti gli scenari si limitano al solo periodo diurno, in quanto in tutti i casi non sono previste attività o lavorazioni nel periodo notturno. Si è assunta perciò una operatività di un turno lavorativo pari a 8 ore nel solo periodo diurno nell'arco temporale tra le 6:00 – 22:00.

Per quanto concerne le sorgenti acustiche caratterizzanti le aree di cantiere, l'analisi consiste nella verifica dei livelli di immissione previsti dal Comune territorialmente competente attraverso il Piano di classificazione acustica. La verifica dei livelli di immissione è stata effettuata considerando esclusivamente i livelli acustici indotti dal cantiere.

Le sorgenti emissive presenti all'interno dei cantieri fissi sono state schematizzate all'interno del modello di calcolo come sorgenti di tipo puntuale, poste ad un'altezza di 1,5 metri.

Sulla base delle precedenti valutazioni si sono indentificati gli opportuni interventi di mitigazione acustica, ovvero barriere antirumore mobili di altezza pari a 3 metri.

L'analisi evidenzia come l'inserimento di barriere di cantiere sia parzialmente efficace a mitigare gli impatti facendo rientrare i livelli in facciata entro i limiti previsti dal P.C.C.A.

Per limitare ancora il disturbo indotto dalle attività di cantiere, la ditta appaltatrice, nella fase di realizzazione delle opere di progetto dovrà adottare i seguenti accorgimenti:

1. Corretta scelta delle macchine e delle attrezzature da utilizzare, attraverso:
 - la selezione di macchinari omologati, in conformità alle direttive comunitarie e nazionali;
 - l'impiego di macchine per il movimento di terra ed operatrici gommate, piuttosto che cingolate;
 - l'installazione di silenziatori sugli scarichi;
 - l'utilizzo di impianti fissi schermati;
 - l'uso di gruppi elettrogeni e compressori insonorizzati di recente fabbricazione.
2. Manutenzione dei mezzi e delle attrezzature, nell'ambito delle quali provvedere:
 - all'eliminazione degli attriti, attraverso operazioni di lubrificazione;
 - alla sostituzione dei pezzi usurati;
 - al controllo e al serraggio delle giunzioni, ecc.
3. Corrette modalità operative e di predisposizione del cantiere, quali ad esempio:
 - l'orientamento degli impianti che hanno un'emissione direzionale (quali i ventilatori) in posizione di minima interferenza;
 - la localizzazione degli impianti fissi più rumorosi alla massima distanza dai ricettori critici;
 - l'utilizzo di basamenti antivibranti per limitare la trasmissione delle vibrazioni;
 - l'imposizione all'operatore di evitare comportamenti inutilmente rumorosi e l'uso eccessivo degli avvisatori acustici, sostituendoli ove possibile con quelli luminosi;
 - l'obbligo, ai conducenti, di spegnere i mezzi nei periodi di mancato utilizzo degli stessi;
 - la limitazione, allo stretto necessario, delle attività più rumorose nelle prime/ultime ore del periodo di riferimento diurno indicato dalla normativa (vale a dire tra le ore 6 e le ore 8 del mattino e tra le 20 e le 22).

Infine, allo scopo di monitorare le attività di cantiere rispetto alla componente "Rumore" si prevede una attività di monitoraggio mediante due postazioni. Per un approfondimento in tal senso si rimanda all'elaborato T00IA10AMBRE01A relativo al Piano di Monitoraggio Ambientale.

7.6.1. DEROGA

In fase di costruzione, dopo avere messo in atto tutti i provvedimenti possibili, costituiti dalle barriere e dagli altri accorgimenti riportati nel successivo paragrafo, qualora non risulti possibile ridurre il livello di rumore al

di sotto della soglia prevista, l'Appaltatore potrà richiedere al Comune una deroga ai valori limite dettati dal D.P.C.M. 14 dicembre 1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore".

Il valore del livello di rumore da definire nella richiesta di deroga dovrà essere stabilito dall'Appaltatore a seguito di ulteriori approfondimenti in fase esecutiva, in funzione delle caratteristiche dei propri macchinari, delle modalità di lavoro, del programma lavori e dell'effettiva organizzazione interna dei cantieri.

8. VIBRAZIONI

8.1. SELEZIONE DEI TEMI DI APPROFONDIMENTO

Per quanto riguarda il tema delle vibrazioni, se come visto per lo stato attuale e la fase di esercizio, tale tematica risulta poco significativa, nella fase "costruttiva", in ragione della tipologia di lavorazioni che prevede lo scavo in galleria, si ritiene la necessità di uno studio previsionale vibrazionale al fine di valutare l'entità del disturbo sui ricettori contermini l'area di lavoro.

Sulla scorta quindi delle azioni di progetto riferite alla dimensione costruttiva individuate nel capitolo iniziale, per la componente vibrazioni la matrice di correlazione azioni-fattori causali – impatti è di seguito riportata:

Azioni di progetto	Fattori causali	Impatti potenziali
scavo galleria	Produzione di emissioni vibrazionali	Modifica dell'esposizione alle vibrazioni

Tabella 8-1 Vibrazioni: Matrice di causalità – dimensione Costruttiva

8.2. METODOLOGIA DI VALUTAZIONE DEI LIVELLI VIBRAZIONALI INDOTTI DALLA FASE DI CANTIERE

Il fenomeno con cui un prefissato livello di vibrazioni imposto sul terreno si propaga nelle aree circostanti è correlato alla natura del terreno, alla frequenza del segnale ed alla distanza fra il punto di eccitazione e quello di valutazione dell'effetto. Il metodo previsionale dei livelli di vibrazione indotti ai ricettori dalle attività di cantiere, ha impiegato simulazioni numeriche; di seguito, si illustrano i principali step procedurali seguiti.

Sono state inizialmente individuate le lavorazioni ritenute più impattanti dal punto di vista vibrazionale (per caratteristiche e numero di macchine impiegate) al fine di definire gli scenari di cantiere da valutare in relazione altresì alla eventuale presenza di ricettori.

Ciascun mezzo appartenente agli scenari di cantiere individuati, è stato caratterizzato in termini di spettro di emissione tramite la rappresentazione della variazione in frequenza del livello di accelerazione generato ad una distanza di riferimento nota dalla sorgente vibratoria. Gli spettri impiegati (dati di letteratura) sono riferiti alla componente verticale (asse Z).

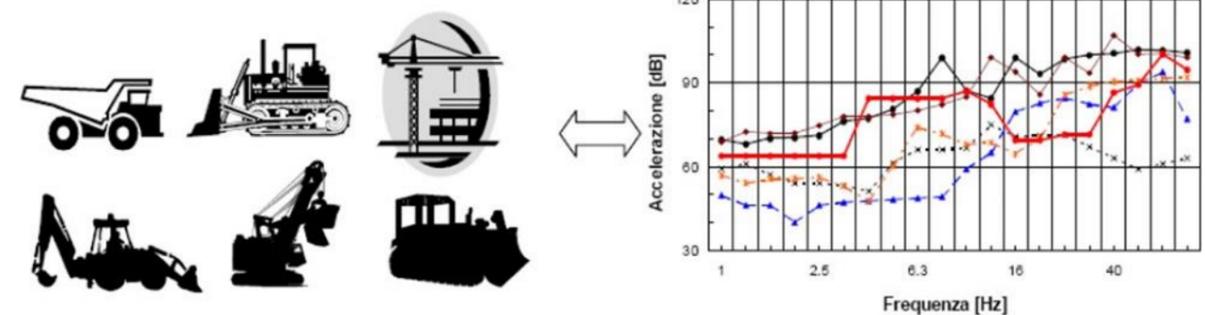


Figura 8-1 Relazione tra i mezzi d'opera e spettro di emissione di vibrazioni

Dagli spettri delle sorgenti (mezzi di cantiere) si ottiene il livello di accelerazione non ponderato a distanze crescenti dalla sorgente mediante l'applicazione di una opportuna legge di propagazione. L'espressione con cui si esprime l'accelerazione ad una certa distanza d è basata sulla seguente formulazione.

I livelli complessivi di accelerazione ponderati per singola frequenza (in dB), a distanze crescenti dalla sorgente, corrispondenti agli scenari analizzati sono dati dalla somma di tutti i contributi, frequenza per frequenza, degli spettri di vibrazione relativi alle singole macchine previste.

Come legge di combinazione degli spettri è stata adottata la regola SRSS (Square-Root-of-the-Sum-of-the-Squares) che consiste nell'eseguire la radice quadrata della somma dei quadrati delle ordinate spettrali relative alle singole macchine. Per ciascuna frequenza si è quindi ottenuto quindi un valore complessivo non pesato di tutte le macchine attive ($A_{TOT,f}$) sotto forma di matrice.

$$A_{TOT,f} = \sqrt{A_1(f,d)^2 + A_2(f,d)^2 + K + A_N(f,d)^2} \quad (SRSS)$$

Per ciascuna frequenza si è quindi ottenuto un valore complessivo di tutte le macchine attive sotto forma di matrice (vedi esempio seguente figura).

d (m)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	
frequenza [Hz]	LIVELLO PONDERATO DI ACCELERAZIONE [dB]																					
1	68,13	61,67	57,70	54,76	52,37	50,35	48,56	46,96	45,49	44,13	42,86	41,66	40,52	39,43	38,39	37,38	36,41	35,47	34,56	33,67	32,80	
1,25	72,00	65,42	61,34	58,29	55,80	53,66	51,76	50,05	48,47	47,00	45,61	44,30	43,05	41,85	40,70	39,58	38,50	37,45	36,42	35,42	34,44	
1,6	70,02	63,29	59,06	55,85	53,20	50,90	48,85	46,98	45,25	43,62	42,08	40,62	39,21	37,85	36,54	35,27	34,03	32,83	31,65	30,49	29,36	
2	69,00	62,10	57,68	54,30	51,47	49,00	46,77	44,72	42,81	41,01	39,29	37,64	36,06	34,53	33,04	31,59	30,17	28,79	27,43	26,10	24,78	
2,5	71,53	64,40	59,76	56,15	53,10	50,41	47,96	45,69	43,55	41,53	39,59	37,72	35,92	34,16	32,45	30,78	29,14	27,53	25,95	24,40	22,86	
3,15	78,00	70,58	65,65	61,76	58,42	55,43	52,69	50,14	47,71	45,40	43,17	41,01	38,92	36,87	34,88	32,92	30,99	29,09	27,22	25,38	23,55	
4	83,00	75,20	69,91	65,63	61,91	58,55	55,43	52,50	49,70	47,00	44,40	41,86	39,39	36,97	34,59	32,26	29,95	27,68	25,43	23,21	21,00	
5	85,00	76,76	71,01	66,29	62,13	58,33	54,76	51,38	48,14	45,00	41,95	38,97	36,05	33,19	30,37	27,58	24,84	22,12	19,43	16,76	14,11	
6,3	88,00	79,18	72,86	67,56	62,82	58,44	54,30	50,34	46,52	42,80	39,17	35,62	32,12	28,68	25,28	21,92	18,59	15,30	12,03	8,78	5,56	
8	95,00	85,42	78,35	72,29	66,80	61,66	56,77	52,05	47,47	43,00	38,62	34,31	30,06	25,86	21,70	17,59	13,50	9,45	5,43	1,43	-2,55	
10	88,01	77,55	69,58	62,64	56,26	50,23	44,45	38,84	33,38	28,02	22,74	17,54	12,40	7,32	2,27	-2,73	-7,70	-12,64	-17,56	-22,45	-27,31	
12,5	85,10	73,52	64,44	56,39	48,90	41,76	34,86	28,15	21,57	15,10	8,72	2,40	-3,85	-10,05	-16,20	-22,32	-28,40	-34,45	-40,47	-46,48	-52,45	
16	90,00	76,87	66,24	56,63	47,58	38,88	30,43	22,16	14,03	6,00	-1,94	-9,80	-17,61	-25,36	-33,07	-40,74	-48,38	-55,99	-63,57	-71,13	-78,66	
20	95,46	80,55	68,14	56,76	45,93	35,46	25,23	15,18	5,27	-4,53	-14,25	-23,89	-33,48	-43,01	-52,50	-61,95	-71,36	-80,75	-90,10	-99,44	-108,75	
25	98,37	81,24	66,61	53,00	39,95	27,26	14,81	2,54	-9,60	-21,62	-33,56	-45,43	-57,23	-68,99	-80,70	-92,37	-104,01	-115,61	-127,19	-138,75	-150,28	
31,5	100,00	79,98	62,46	45,96	30,02	14,44	-0,90	-16,06	-31,08	-45,99	-60,82	-75,58	-90,27	-104,91	-119,51	-134,07	-148,60	-163,09	-177,56	-192,01	-206,43	
40	101,10	77,30	56,00	35,73	16,01	-3,35	-22,46	-41,40	-60,20	-78,89	-97,50	-116,03	-134,50	-152,92	-171,30	-189,64	-207,94	-226,21	-244,46	-262,68	-280,88	
50	99,00	70,76	45,02	20,30	-3,86	-27,67	-51,23	-74,61	-97,85	-120,99	-144,04	-167,02	-189,93	-212,80	-235,62	-258,40	-281,15	-303,86	-326,55	-349,22	-371,87	
63	98,00	63,98	32,46	1,96	-27,97	-57,56	-86,89	-116,05	-145,07	-173,99	-202,81	-231,57	-260,26	-288,90	-317,50	-346,06	-374,59	-403,08	-431,55	-459,99	-488,42	
80	97,50	55,93	16,85	-21,20	-58,69	-95,83	-132,72	-169,44	-206,02	-242,48	-278,87	-315,18	-351,42	-387,62	-423,77	-459,89	-495,97	-532,02	-568,04	-604,04	-640,02	
Livelli previsti - totale	107,75	90,32	81,68	75,75	70,90	66,72	63,05	59,83	57,00	54,50	52,28	50,30	48,51	46,88	45,37	43,98	42,67	41,44	40,27	39,15	38,08	

Figura 8-2 Matrice dei livelli ponderati di accelerazione complessiva per singola frequenza e distanza

Relativamente ad ogni scenario modellizzato, si è applicato alla matrice citata la curva di attenuazione definita per postura non nota (o asse generico) dalla UNI 9614. Si ricorda infatti che la popolazione si troverà esposta indifferentemente su uno dei tre assi, a seconda della giacitura dei soggetti, che è ovviamente non predeterminale e variabile nel corso delle 24 ore; in tali casi, la norma UNI 9614 prevede l'impiego di una curva di ponderazione per asse generico (o meglio, per asse non definibile), che viene riportata nella seguente figura.

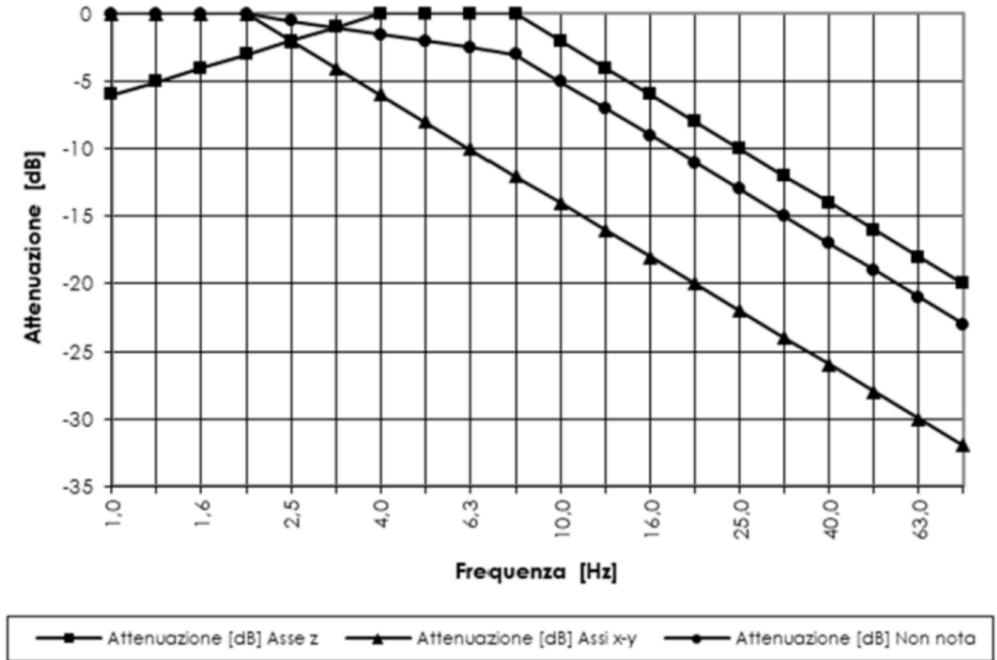


Figura 8-3 Curva di ponderazione asse generico

Si è quindi ottenuta la matrice dei livelli ponderati di accelerazione complessiva per singola frequenza e distanza, con cui è stato possibile realizzare specifici grafici di propagazione dello spettro della somma delle sorgenti analizzate.

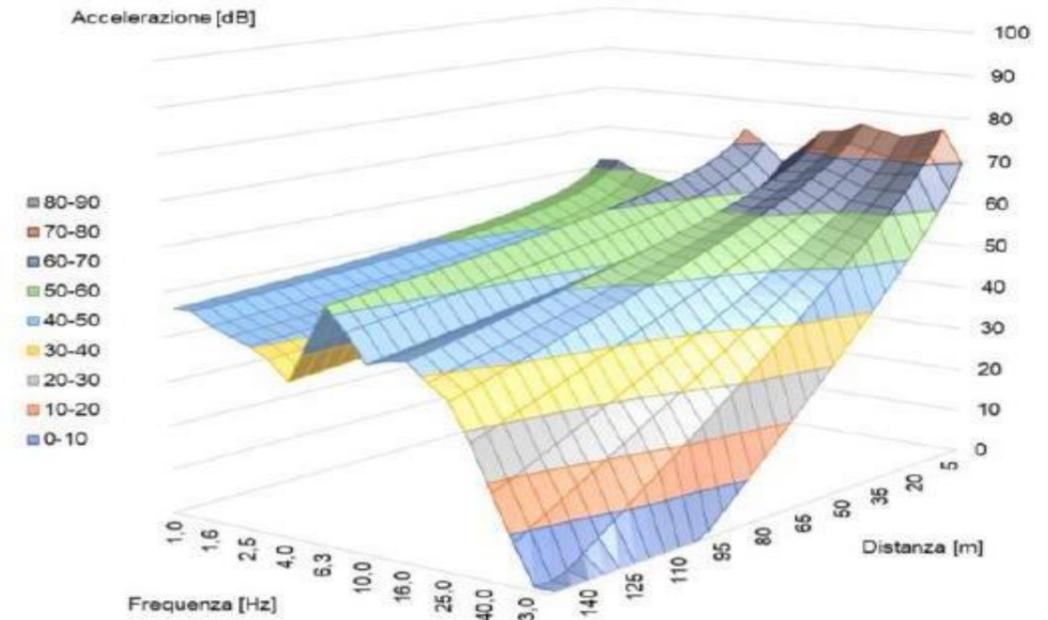


Figura 8-4 Propagazione dello spettro di vibrazione

I livelli totali di accelerazione ponderata in funzione della distanza $L_{a,w,d}$ espressi in dB sono rappresentativi dell'accelerazione complessiva ponderata su asse Z ad una determinata distanza; per ciascuno degli scenari di cantiere considerati, è stato quindi possibile predisporre il profilo di attenuazione

dell'accelerazione ponderata e complessiva di tutti le sorgenti su asse Z (a titolo di esempio, si veda la figura riportata di seguito). Ai fini del confronto con i livelli di riferimento della norma UNI 9614, si stabilisce di prendere in esame il valore massimo fra i valori di accelerazione ponderata misurati lungo i tre assi; poiché nella pressoché totale generalità dei casi, questo porta a considerare l'accelerazione misurata in senso verticale, si valuteranno i livelli di accelerazione ponderata "per asse generico" lungo l'asse Z con la tabella dei valori di riferimento per gli assi X e Y [cfr. ultima colonna "Valori e livelli limite per la valutazione del disturbo delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza validi per l'asse z e gli assi x e y e scala gerarchica di sensibilità decrescente assegnata agli edifici in base alla destinazione d'uso" (UNI 9614)].

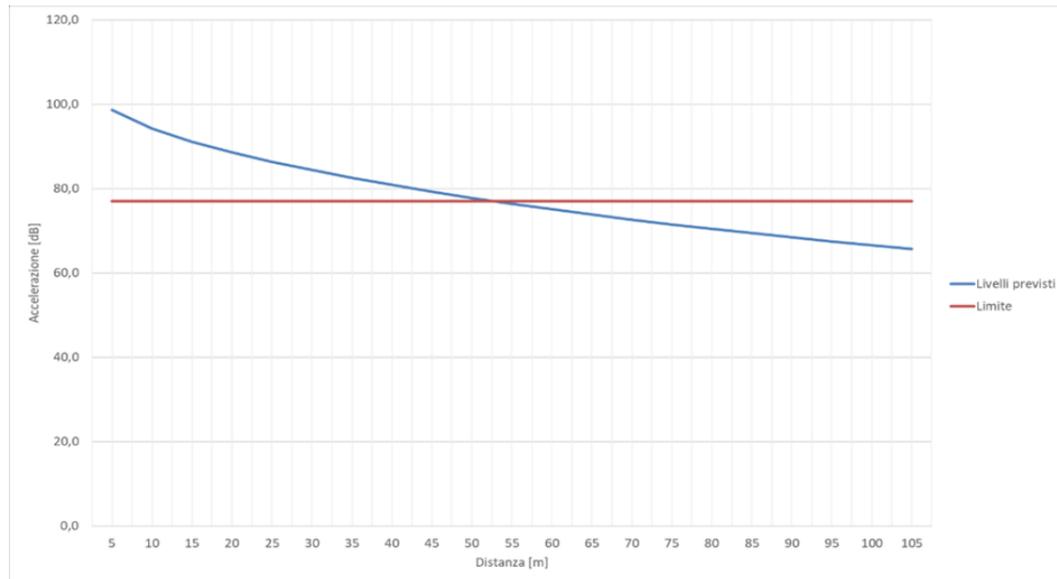


Figura 8-5 Valutazione della propagazione del livello di vibrazioni a diverse distanze

8.3. MODELLO DI CALCOLO

Al fine dell'esecuzione del calcolo della propagazione delle vibrazioni saranno presi in considerazione due posizioni che possono assumere le sorgenti: sarà identificato il caso in cui le sorgenti sono in superficie (sorgenti superficiali) ed in profondità (sorgenti profonde).

8.3.1. SORGENTI SUPERFICIALI

In ordine alla trasmissione di vibrazioni nel terreno, è necessario distinguere tra tre tipi principali di onde che trasportano energia vibrazionale: onde di compressione (onda P), onde di taglio (onda S) e onde di superficie (orizzontali, onde R, e verticali, onde L), le quali hanno velocità di propagazione differente in funzione del modulo di Poisson del terreno.

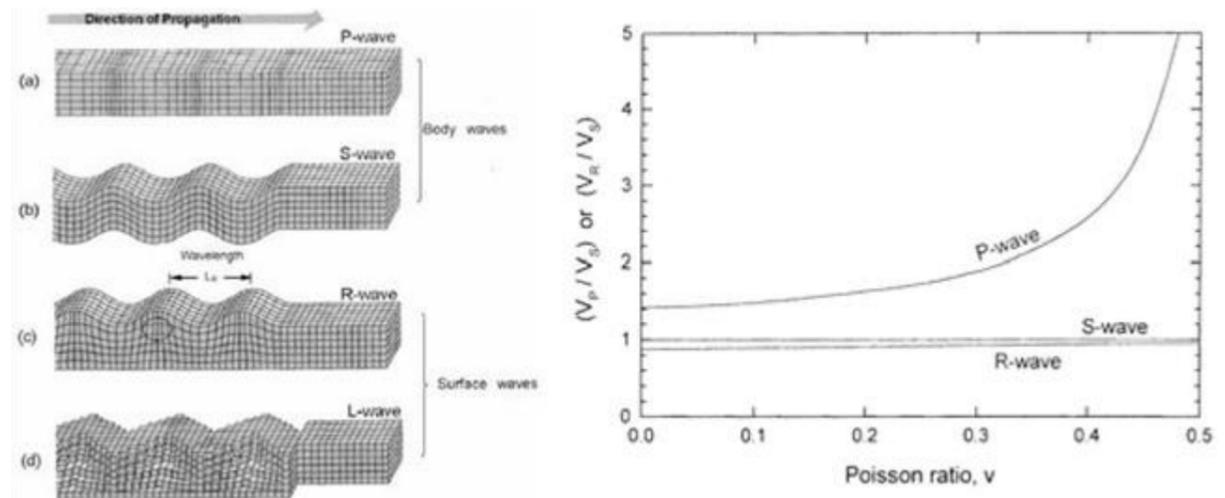


Figura 8-6 Tipi di onda di volume e di superficie (a sinistra) e velocità relative delle onde P, R rispetto onde S (a destra)

L'espressione con cui si esprime l'accelerazione ad una certa distanza d, per tutte le tre tipologie di onde considerate (P, S, R), è basata sulla seguente formulazione:

$$a(d, f) = a(d_0, f) \cdot \left(\frac{d_0}{d}\right)^n \cdot e^{-2\pi \cdot f(\eta/c) \cdot (d-d_0)}$$

dove η è il fattore di perdita del terreno, c la velocità di propagazione in m/s, f la frequenza in Hz, d la distanza in m, e d_0 la distanza di riferimento a cui è noto lo spettro di emissione, assunta pari a 5 m. L'esponente n varia a seconda del tipo di onda e di sorgente di vibrazioni; ai fini dell'analisi dei livelli massimi, si è proceduto prendendo a riferimento una sorgente concentrata, fissando l'esponente n a 0.5 per le onde di superficie (predominanti in caso di sorgente posta in superficie), e ad 1 per le onde di volume (predominanti in caso di sorgente profonda). Risulta pertanto evidente come la propagazione a partire da una sorgente posta in profondità sia dotata, anche nel caso di terreno omogeneo, di molta più rapida attenuazione al crescere della distanza dalla sorgente.

Tipo di sorgente	Onda	Strato	n
Linea	Superficie	Superficie	0
	Volume	Superficie	1.0
Punto	Rayleigh	Superficie	0.5
	Volume	Superficie	2.0
Linea sotterranea	Volume	Profondo	0.5
Punto sotterraneo	Volume	Profondo	1.0

Tabella 8-2 Definizione dell'esponente n in base al tipo di sorgente e onda

Il termine esponenziale rappresenta i fenomeni di dissipazione di energia meccanica in calore, che, come è possibile riscontrare, va crescendo proporzionalmente alla frequenza. Ciò fa sì che le alte frequenze si estinguano dopo un breve percorso, mentre le frequenze più basse si propagano a distanze maggiori. Il rapporto η/c (indicato anche come ρ) dipende, infine, dal particolare tipo di terreno considerato, ed assume

valori elevati nel caso di terreno coltivato soffice, mentre assume valori molto modesti nel caso di pavimentazioni rigide.

Classe	Descrizione del materiale	Coefficiente di attenuazione	ρ
I	Cedevole o tenero (terreno che può essere scavato facilmente)	0.003-0.01	$2 \times 10^{-4} - 6 \times 10^{-4}$
II	Consolidato (terreno che può essere scavato utilizzando una pala)	0.001-0.003	$6 \times 10^{-5} - 2 \times 10^{-4}$
III	Duro (terreno che non può essere scavato con una pala ma necessità di un piccone)	0.0001-0.001	$6 \times 10^{-6} - 6 \times 10^{-5}$
IV	Duro consolidato (terreno che scavato difficilmente utilizzando un martello)	<0.0001	< 6×10^{-6}

Tabella 8-3 Coefficiente di attenuazione

Il modello semplificato di propagazione illustrato considera i soli fenomeni previsti in un terreno supposto omogeneo ed isotropo, nel caso si abbia propagazione in presenza di edifici dalla struttura complessa, collegati al terreno mediante sistemi di fondazione, è evidente che i livelli di accelerazione riscontrabili all'interno risultino "filtrati" dalla funzione di trasferimento del sistema struttura edilizia.

In particolare, diversi sistemi di fondazione producono una attenuazione più o meno pronunciata dei livelli di accelerazione misurabili sulla fondazione stessa rispetto a quelli nel terreno circostante; tale aspetto è legato al fatto che l'interfaccia terreno-struttura non è perfettamente solidale, e pertanto genera fenomeni dissipativi o di amplificazione.

8.3.2. SORGENTI DI PROFONDITÀ

Nel caso dell'attività di cantiere ove intervenga necessità di realizzazioni di opere in profondità (trivellazioni, ecc.), la valutazione della legge di propagazione delle vibrazioni con la distanza è più complessa, in quanto non si ha più la semplice legge di propagazione delle onde superficiali, ma si ha a che fare con una sorgente posta in profondità, che dà luogo alla propagazione di onde di volume. Si consideri ora lo schema di emissione illustrato nella seguente figura:

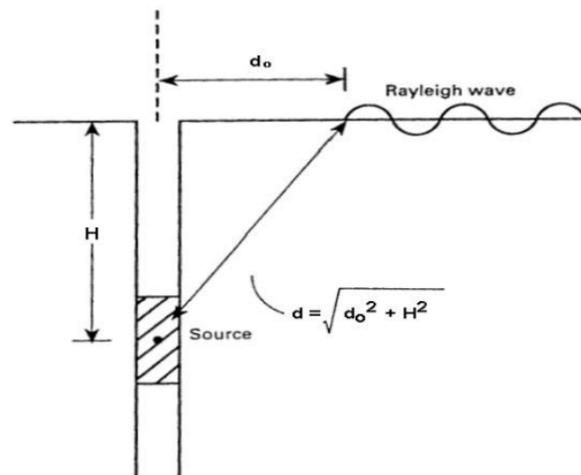


Figura 8-7 Schema di propagazione a partire da una sorgente profonda

Si può notare che, rispetto all'emissione di onde di superficie da parte di una sorgente concentrata posta sulla sommità del suolo, al recettore arrivano onde che hanno compiuto un percorso più lungo, e che si sono maggiormente attenuate lungo tale percorso a causa della legge di divergenza volumetrica anziché superficiale.

Considerando che l'epicentro di emissione si collochi circa ad 1/2 della lunghezza dell'elemento infisso, ovvero, per un palo di 9 m, a circa 5 m di profondità, si ha la seguente espressione relativa alla propagazione delle vibrazioni con cui è possibile calcolare il livello di accelerazione sulla superficie del suolo in funzione della distanza d0 (misurata in orizzontale, sulla superficie) fra l'asse del palo ed il recettore.

$$a(d_0, f) = a(d_0, f) \cdot \left[\frac{d_0}{\sqrt{D^2 + H^2}} \cdot e^{-2\pi \cdot f \cdot \frac{D}{c} (\sqrt{D^2 + H^2} - d_0)} \right]$$

Il calcolo verrà eseguito assumendo che:

- il recettore si trovi ad una profondità di 3 m sotto il piano di campagna, poiché questa è la quota a cui si trovano in media le basi delle fondazioni degli edifici;
- rispetto a tale posizione, poiché l'epicentro di emissione è posto a 5 m di profondità, H assume un valore pari a 2 m;
- la distanza D a cui si è rilevato strumentalmente lo spettro di vibrazioni dovuto alla lavorazione in profondità è 5 m.

8.3.3. DATI DI INPUT

8.3.3.1. Individuazione degli scenari

Le sorgenti di vibrazioni per le fasi di cantiere sono costituite dai mezzi e dalle attrezzature utilizzati per l'esecuzione delle opere. La definizione degli scenari di cantiere è stata eseguita in base ad ipotesi cautelative sulle modalità di svolgimento delle lavorazioni, agendo in particolare sul numero di macchinari contemporaneamente in azione.

Di seguito, si riporta la definizione dei mezzi per ogni scenario considerato sia per i campi base ed aree tecniche sia per il cantiere in linea (fronte di cantiere). I cinque scenari individuati sono rappresentativi delle lavorazioni che potenzialmente sono in grado di generare maggiore impatto in termini di energia vibratoria prodotta, con particolare riferimento alle opere di scavo le quali, per loro natura, possono costituire la maggiore fonte di sollecitazioni meccaniche. Nelle aree di cantiere dove sono presenti gli impianti fissi, le emissioni di vibrazioni risultano usualmente più contenute rispetto a quelle presenti sul cantiere in linea poiché la natura stessa delle lavorazioni determina minori sollecitazioni meccaniche sul terreno e, di conseguenza, minore trasmissione di energia meccanica verso i potenziali ricettori. Si evidenzia che lo scenario 1, con specifico riferimento alle attività di frantumazione e vagliatura, è stato considerato a favore di sicurezza, ancorché prima di procedere con le attività di demolizione, in particolare quelle relative ai viadotti, saranno eseguiti dei tagli selettivi longitudinali e trasversali dell'impalcato al fine di ottenere elementi con pezzatura direttamente trasportabile a discarica per la successiva frantumazione, vagliatura e recupero dell'acciaio di armatura; il taglio con disco diamantato può essere applicato su qualsiasi tipo di materiale, anche sul cemento fortemente armato, e risulta essere un sistema tecnicamente valido per velocità d'esecuzione, precisione, limitazione del rumore, nonché assenza di vibrazioni.

Scenario	Descrizione attività	Mezzi attivi (n)
1	Campo base / area tecnica: deposito materiale, betonaggio	Escavatore (1) – Autocarro (2) – Impianto di betonaggio (1)
2	Realizzazione paratia di pali	Trivella pali (1) – Betoniera (1) – Escavatore (1)
3	Scavo in tradizionale galleria naturale	Martellone idraulico (1) – Pala cingolata (1) – Autocarro (1)

Tabella 8-4 Definizione degli scenari di cantieri esaminati: elenco dei macchinari in funzione delle attività previste

8.3.4. DEFINIZIONE TIPO DI SORGENTE

Analizzando le principali sorgenti previste in funzione delle attività lavorative, si conviene come esse siano sostanzialmente raggruppabili in macchine operatrici, impianti fissi ed in mezzi adibiti al trasporto, ma se le prime hanno una distribuzione spaziale abbastanza prevedibile e delimitata, i secondi si distribuiscono lungo l'intero percorso che collega il fronte di avanzamento lavori ai luoghi di approvvigionamento o di deposito.

Le vibrazioni emesse dai mezzi di trasporto durante il tragitto sulla viabilità ordinaria (non durante le operazioni di cantiere, quali lo scarico o il ribaltamento del cassone) sono le stesse emesse dai normali veicoli stradali e non meritano quindi particolari attenzioni, in quanto il loro impatto è analogo a quello prodotto dal traffico già esistente sulla rete viaria.

Gli scenari in esame sono stati definiti avendo come prima finalità quella di fornire risultati sufficientemente cautelativi. Si sottolinea, tuttavia, come le situazioni esaminate non possano comunque rappresentare tutti i macchinari potenzialmente presenti in contemporanea all'interno dell'area di cantiere.

La valutazione dei livelli vibrazionali è stata quindi condotta a fronte dell'acquisizione degli spettri di emissione dei macchinari di cantiere utilizzando dati bibliografici. Gli spettri impiegati sono riferiti a misure eseguite ad una distanza di circa 5 m dalla sorgente vibratoria e sono afferenti alla sola componente verticale, considerata quella che fornisce il contributo maggiore.

Si precisa infine che stante l'indisponibilità di dati sperimentali per tutti i macchinari presenti nel cantiere in esame, si è proceduto utilizzando quelli di macchine in grado di trasmettere al terreno sollecitazioni di simile entità, ma di cui sia noto lo spettro; le assunzioni fatte in tal senso sono schematizzate nella tabella seguente.

Mezzi	Dati disponibili	Assimilazioni
Escavatore cingolato (tipo Fiat/Hitachi Mod. FH300 o similari)	X	
Pala cingolata	X	
Autocarro (tipo Mercedes Benz 2629 o similari)	X	
Martello idraulico (Hitachi H50 o similari)	X	
Rullo (tipo Dynapac FD25 o similari)	X	
Impianto di betonaggio / Betoniera		Autocarro
Trivella pali		Martello idraulico

Di seguito, i dati di caratterizzazione delle sorgenti di vibrazioni individuate negli scenari di riferimento (spettri di accelerazione in mm/s^2).

Frequenza [Hz]	Escavatore cingolato	Pala cingolata	Autocarro	Martello	Impianto di betonaggio / Betoniera	Trivella	Rullo
1	0,32	0,71	0,89	2,55	0,89	2,55	2,24
1,25	0,2	0,5	1,12	3,98	1,12	3,98	3,98
1,6	0,19	0,63	0,71	3,17	0,71	3,17	3,55
2	0,12	0,67	0,5	2,82	0,5	2,82	3,76
2,5	0,2	0,6	0,47	3,77	0,47	3,77	5,62
3,15	0,26	0,45	0,45	7,94	0,45	7,94	7,94
4	0,24	0,24	0,33	14,13	0,33	14,13	7,94
5	0,25	1,12	1,26	17,78	1,26	17,78	9,44
6,3	0,28	5,62	2,11	25,12	2,11	25,12	10,59
8	0,3	3,98	2	56,23	2	56,23	12,59
10	0,98	2,51	2,04	25,16	2,04	25,16	16,79
12,5	1,88	2,99	5,75	17,98	5,75	17,98	100
16	9,89	1,58	3,76	31,62	3,76	31,62	53,09
20	13,34	3,98	3,55	59,31	3,55	59,31	19,95
25	16,79	19,95	3,55	82,91	3,55	82,91	89,13
31,5	12,59	29,85	2,24	100	2,24	100	50,12
40	12,02	35,48	1,5	113,48	1,5	113,48	251,19
50	28,84	37,58	0,89	89,13	0,89	89,13	141,25
63	51,88	39,81	1,06	79,43	1,06	79,43	125,89
80	8,41	42,17	1,33	74,99	1,33	74,99	112,2

Tabella 8-5 Sorgenti di vibrazioni negli scenari di riferimento (spettri di accelerazione in mm/s^2)

8.4. DATI DI OUTPUT

Ai fini dell'applicazione del modello di propagazione descritto nei paragrafi precedenti, sono state assunte le seguenti ipotesi.

- Il modello di propagazione illustrato fa riferimento ai soli fenomeni che avvengono nel terreno supposto omogeneo ed isotropo (perlomeno all'interno di ogni strato), senza tenere in considerazione la presenza di edifici dalla struttura complessa, collegati al terreno mediante sistemi di fondazione che possono comportare variazioni dei livelli di accelerazione riscontrabili all'interno degli edifici stessi. I sistemi fondazione in generale producono, in modo condizionato alla tipologia, un'attenuazione più o meno pronunciata dei livelli di accelerazione misurabili sulla fondazione stessa rispetto a quelli nel terreno circostante. Pertanto, nel presente studio è stato considerato quale spettro al ricevitore (persona o edificio) quello calcolato in campo libero non tenendo conto dell'effetto indotto dalle strutture di fondazione, verticali e di piano sul livello di vibrazione all'interno degli edifici.

Tale assunzione è stata presa sulla base delle due considerazioni seguenti:

- la mancanza di informazioni dettagliate sulle caratteristiche degli edifici, quali tipologia fondazionale, presenza di piani interrati, tipologia costruttiva (muratura, cemento armato ecc.) e dimensione della

luce dei solai, che consentano di determinare le modalità di propagazione della sorgente vibratoria nell'edificio;

2. la specificità di risposta di ogni edificio in termini di amplificazione o attenuazione del livello di vibrazione, nel campo di frequenze di interesse. Tale specificità rende difficile estendere il risultato ottenuto su di un edificio agli edifici circostanti, tranne nel caso di evidente somiglianza (tipologia di struttura verticale, numero di piani, tipologia di orizzontamento, anno di costruzione, stato di conservazione).

Nelle fasi successive di progettazione, a valle di un eventuale censimento dettagliato delle caratteristiche degli edifici circostanti l'area di cantiere, ed in presenza di particolari criticità, potrà essere eventualmente preventivata l'esecuzione di prove mirate alla caratterizzazione del comportamento strutturale su di un campione rappresentativo di edifici tenendo conto anche del comportamento fondazionale (in termini di attenuazione del segnale vibratorio). Quando gli edifici siano localizzati a notevole distanza da sorgenti vibrazionali, potranno essere usati metodi alternativi di eccitazione quali martelli battenti, vibrocompattatori, passaggi di veicoli gommati su ostacoli, ecc. azionati nelle vicinanze dell'edificio sede delle misure.

- Nell'espressione con cui si esprime l'accelerazione ad una certa distanza d , l'esponente η varia a seconda del tipo di onda e di sorgente di vibrazioni; ai fini dell'analisi dei livelli massimi, si è proceduto prendendo a riferimento una sorgente concentrata, fissando l'esponente n a 0.5 per le onde di superficie (predominanti in caso di sorgente posta in superficie), e ad 1 per le onde di volume (predominanti in caso di sorgente profonda).
- Relativamente ai parametri legati alle caratteristiche geodinamiche del terreno interessato dal progetto (terreno di tipo consolidato), il fattore di perdita del terreno (fattore di smorzamento) è posto uguale a 0.04, mentre per la velocità di propagazione delle onde si è assunto il valore medio di quelli misurati nell'ambito delle prove sismiche effettuate per la progettazione, pari a 307 m/s (categoria di sottosuolo C) (cfr. documentazione geologica, geotecnica e sismica redatta per il progetto definitivo).
- Il modello semplificato di propagazione illustrato considera i soli fenomeni previsti in un terreno supposto omogeneo ed isotropo.
- Le macchine da cantiere sono assunte come sorgenti puntuali e come relativi livelli di riferimento sono stati utilizzati quelli misurati a distanza di 5 m dal centro della sorgente.
- Relativamente al limite da non superare per non indurre disturbo, si assume il valore di 77 dB per il giorno e di 74 dB per la notte (la realizzazione delle opere avverrà nel periodo diurno, ma alcune lavorazioni, come per esempio quelle riguardanti le gallerie o il varo dei viadotti, potrebbero svolgersi in caso di necessità anche di notte).

Si procede nel seguito ad analizzare la propagazione spaziale del valore complessivo ponderato dell'accelerazione per gli scenari individuati; per ciascuno di questi ultimi, si riporta sia il profilo di attenuazione dell'accelerazione ponderata sia il grafico di propagazione dello spettro della somma delle sorgenti considerate.

Per lo scenario 1, che identifica le attività di lavoro previste nei campi base e nelle aree tecniche (deposito materiale, frantumazione, vagliatura e betonaggio), il limite di 77 dB è raggiunto ad una distanza di 15 m (il limite notturno a circa 25 m).

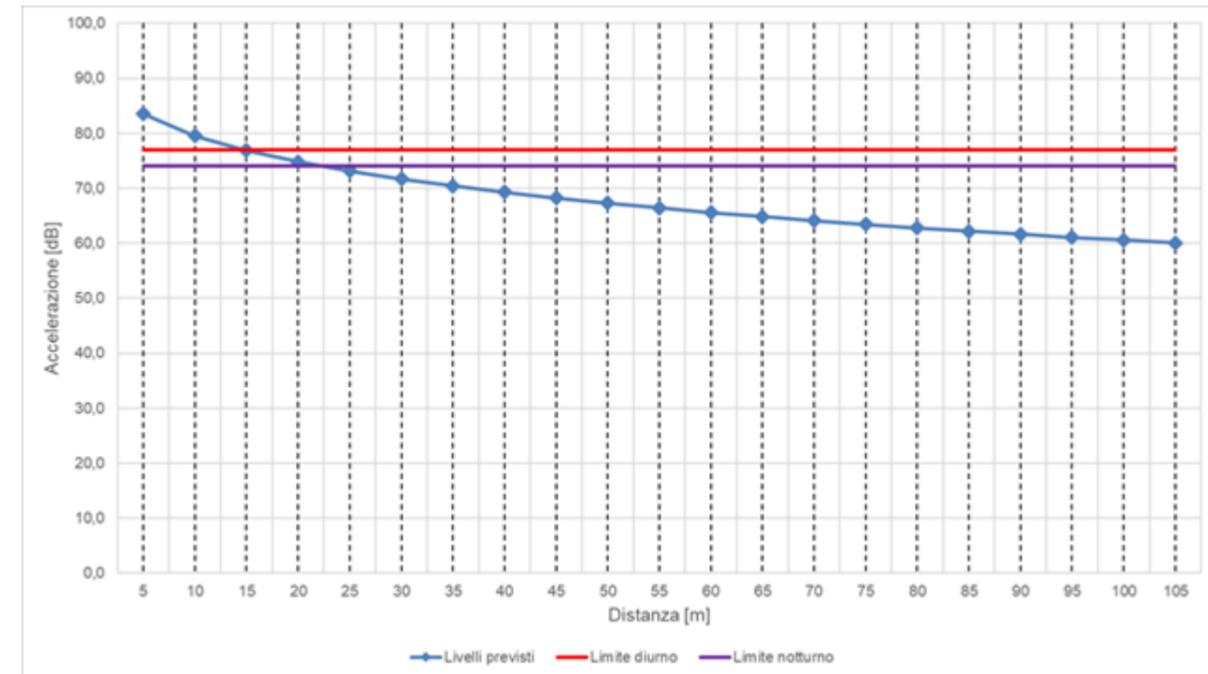


Figura 8-8 Propagazione dei livelli di accelerazione stimati per lo scenario 1

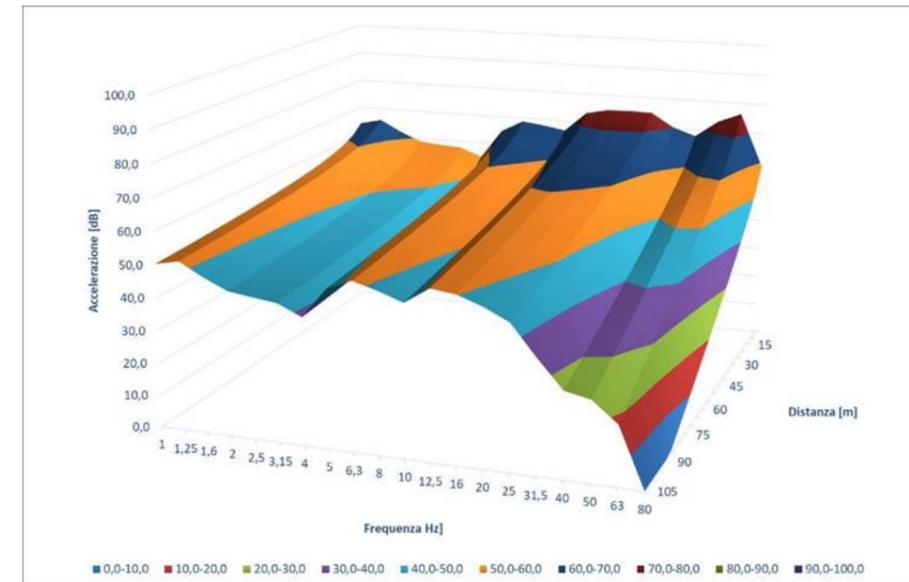


Figura 8-9 Livelli di accelerazione in dB per singola frequenza stimati durante le attività di cui allo scenario 1

Per lo scenario 2, che identifica le attività riguardanti la realizzazione della paratia di pali prevista per la realizzazione delle Opere di sostegno e la realizzazione dei nove viadotti, il limite di 77 dB è raggiunto ad una distanza di 35 m (il limite notturno a 45).

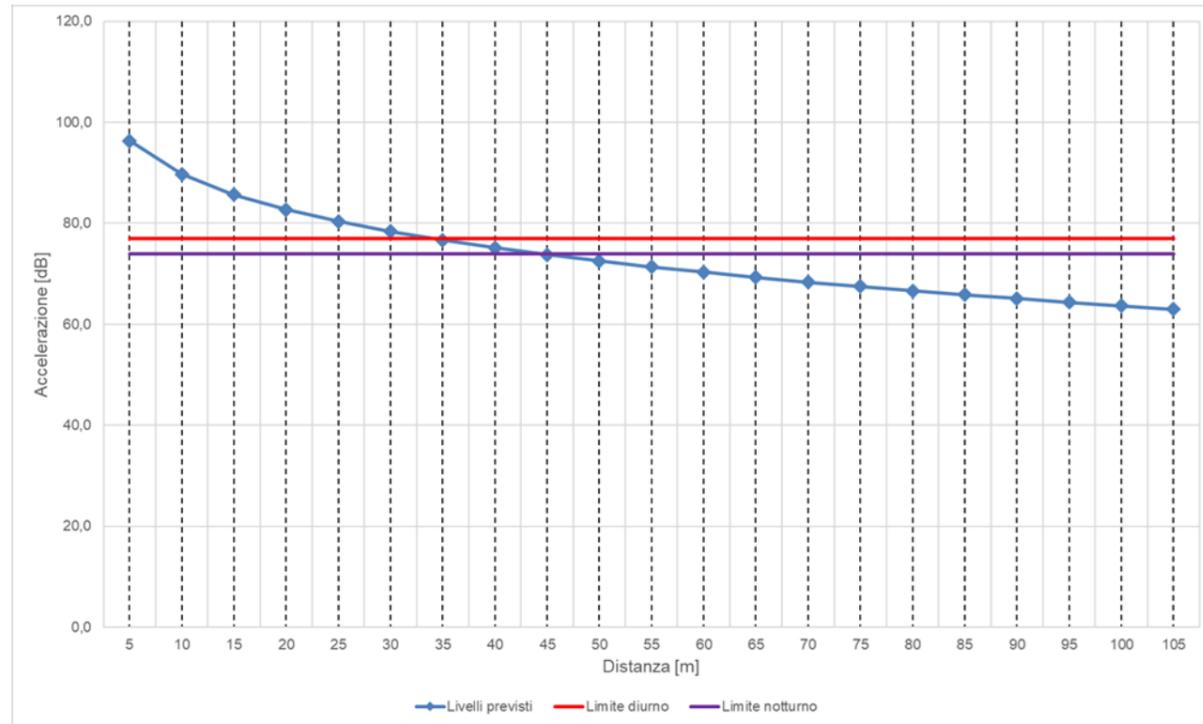


Figura 8-10 Propagazione dei livelli di accelerazione stimati per lo scenario 2

Per lo scenario 3, che identifica le fasi di scavo in tradizionale delle gallerie (tratto in naturale), il limite di 77 dB è raggiunto ad una distanza di circa 35 m (il limite notturno a 45 m).

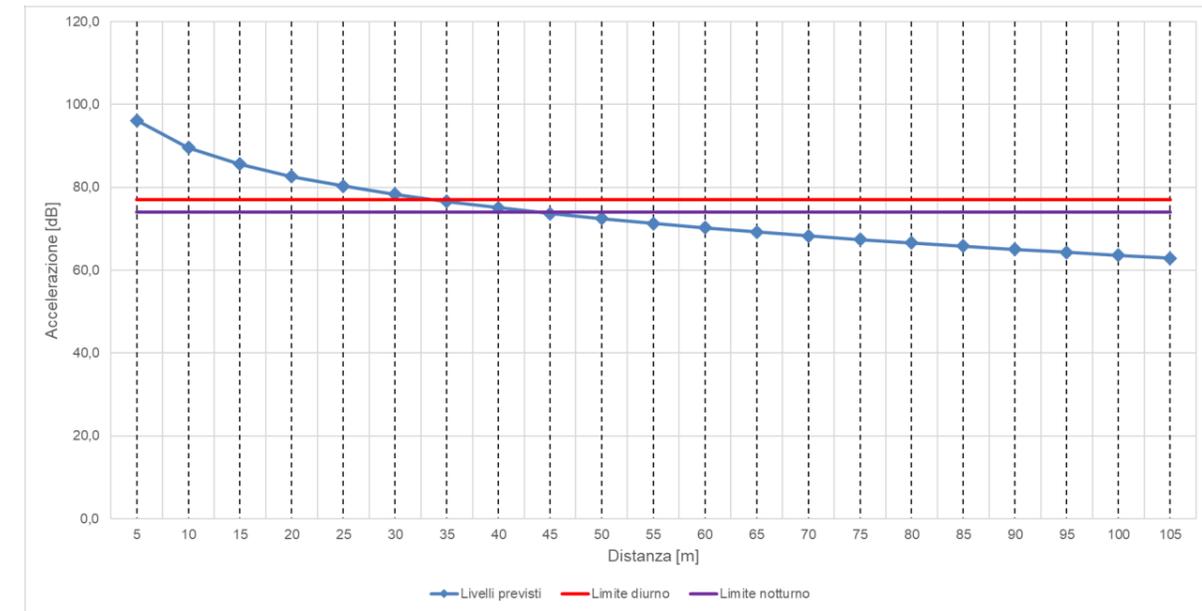


Figura 8-12 - Propagazione dei livelli di accelerazione stimati per lo scenario 3

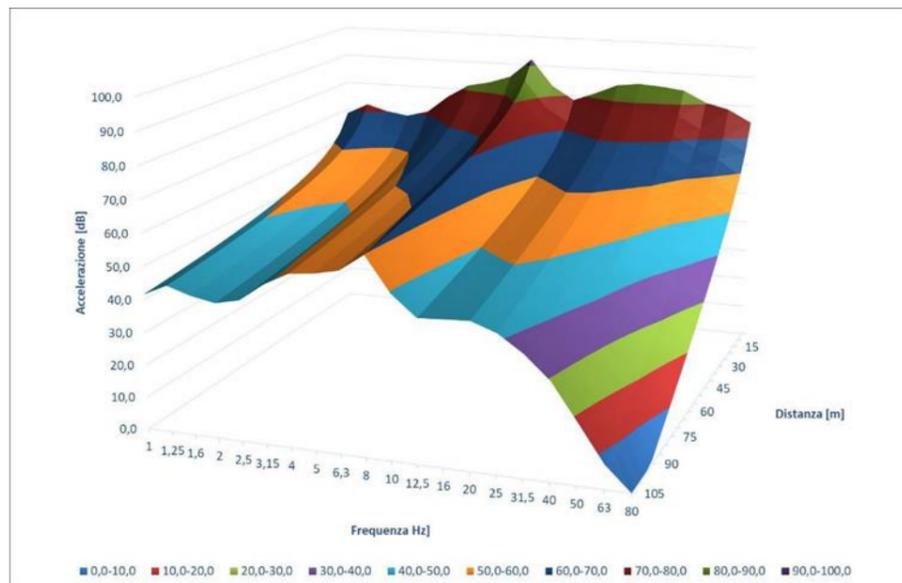


Figura 8-11 Livelli di accelerazione in dB per singola frequenza stimati durante le attività di cui allo scenario 2

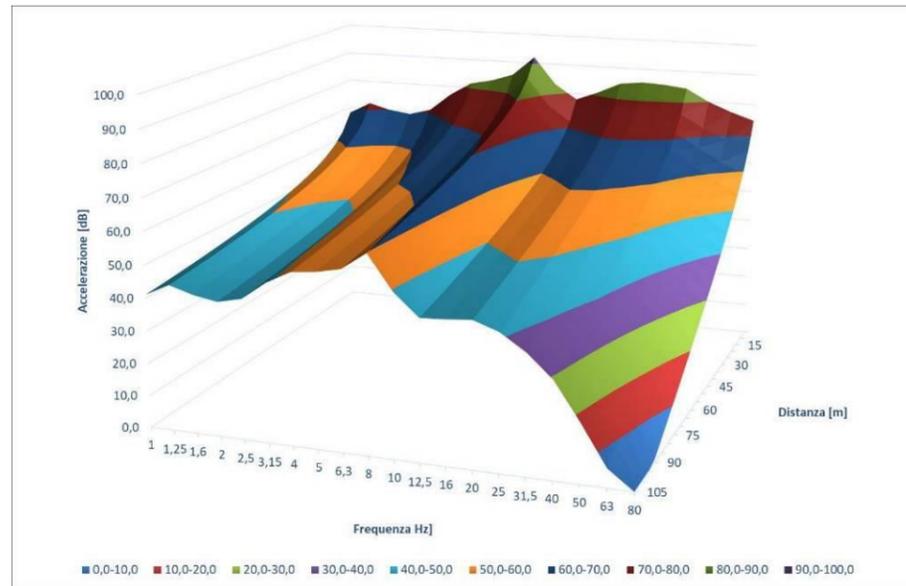


Figura 8-13 - Livelli di accelerazione in dB per singola frequenza stimati durante le attività di cui allo scenario 3

A distanze inferiori rispetto a quanto sopra indicato, potranno quindi verificarsi superamenti dei limiti relativi al disturbo alle persone secondo la norma UNI 9614; di seguito la tabella di sintesi dei risultati.

Scenario	Descrizione attività	Limite diurno per abitazioni (77 dB)	Limite notturno per abitazioni (74 dB)
1	Campo base/ area tecnica: deposito materiale, betonaggio	15 m	25 m
2	Realizzazione paratia di pali	35 m	45 m
3	Scavo in tradizionale galleria naturale	35 m	45 m

Tabella 8-6 Distanze entro cui è presente il disturbo vibratorio, per le diverse ipotesi di lavorazioni considerate

La tabella seguente fornisce il quadro sinottico del numero di ricettori abitativi potenzialmente interessati dal disturbo vibratorio, per ciascuno degli scenari di cantiere esaminati.

Scenario	Descrizione	Localizzazione	Limite diurno per abitazioni (77 dB)	Limite notturno per abitazioni (74 dB)	Numero ricettori abitativi impattati giorno	Numero ricettori abitativi impattati notte	Numero totale ricettori impattati
1	Cantiere base Deposito materiale, e betonaggio	Campo Base 1 CO-A Campo Base CO_B Aree stoccaggio e deposito: CO.01b2/CO.01c/CO.02c/CO03a	15 m	25 m	0	0	0

2	Realizzazione di paratie di pali	OS.01 L=45 m OS.02 L=155 m OS.05 L=52.51 OS.06 =122 m OS.10= 150 m OS.11= 55 m OS.12 = 65 m	35 m	45 m	2	2	4
3	Scavo in tradizionale della galleria	GN."Le Ville" L= 1244m	35 m	45 m	-	1	2

Tabella 8-7 Sintesi dei ricettori impattati

8.5. RAPPORTO OPERA AMBIENTE E MISURE DI MITIGAZIONE

In base alle conclusioni del modello previsionale delle vibrazioni sviluppato per la fase di cantiere si riscontrano alcuni ricettori per i quali si potrebbe determinare il superamento del limite previsto dalla UNI 9614:2017. In particolare, si individuano cinque ricettori a destinazione residenziale in concomitanza delle lavorazioni per la realizzazione delle paratie OS.01 e OS.06 e lo scavo in tradizionale della galleria "Le Ville".

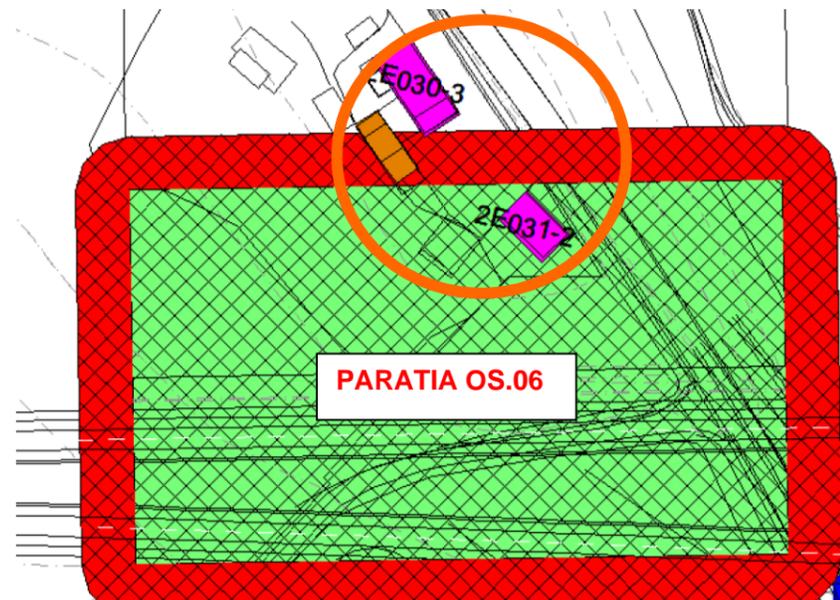
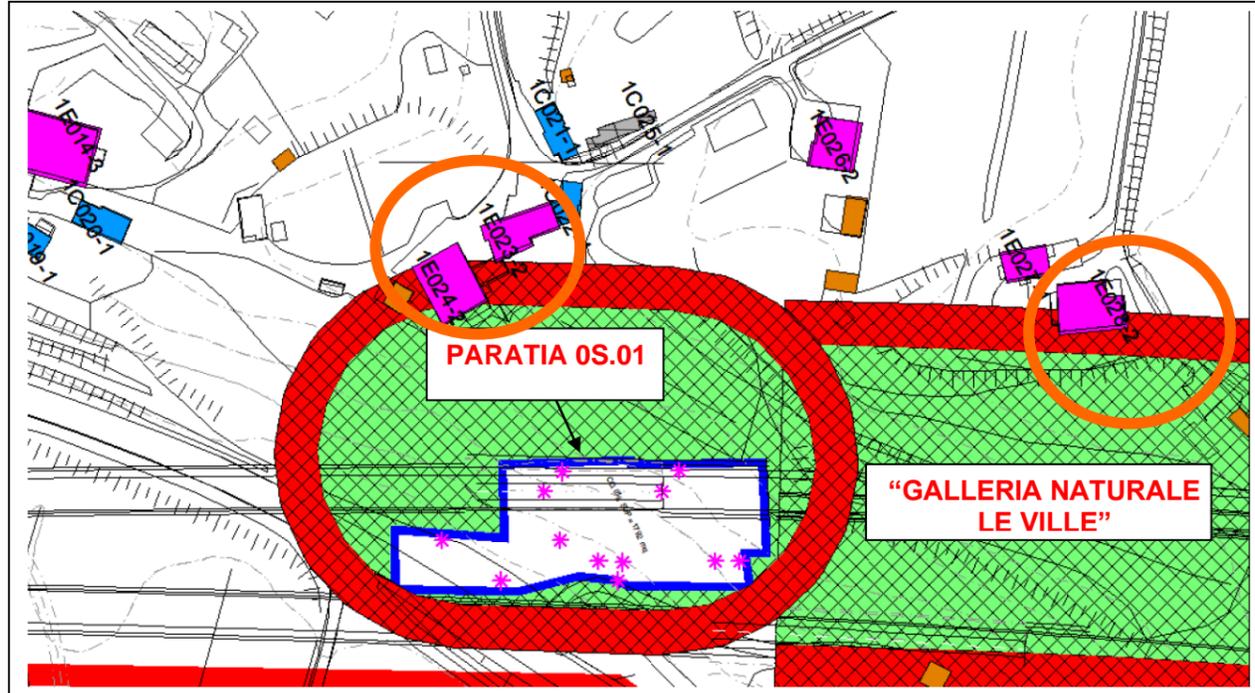


Figura 8–14 Ricettori con superamento dei limiti (Fascia verde limite diurno, Fascia rossa limite notturno)

8.5.1. MITIGAZIONI IN FASE DI CANTIERE

Per la componente in esame non sono prevedibili interventi di mitigazione propriamente detti, dal momento che le attività previste non determineranno un impatto significativo diffuso nel territorio, ma solo significativo nel momento in cui le lavorazioni siano molto prossime agli edifici. Per questo sarà utile predisporre un'adeguata comunicazione con i residenti al fine di informare sul possibile disagio legato alle attività.

Al fine di contenere i livelli vibrazionali generati dai macchinari, è necessario agire sulle modalità di utilizzo dei medesimi e sulla loro tipologia ed adottare semplici accorgimenti, quali quelli di tenere i mezzi in stazionamento a motore acceso il più possibile lontano dai ricettori.

Nel caso in cui, per alcuni ricettori, le attività legate alle lavorazioni più impattanti siano incompatibili con la loro fruizione, dovrà essere attuata una procedura operativa che consenta di evitare lavorazioni impattanti negli orari e nei tempi di utilizzo dei ricettori.

La mitigazione delle vibrazioni può solo essere eseguita alla fonte, owerosia intervenendo, quando possibile, sulla scelta delle attrezzature utilizzate, ad esempio preferendo macchine a rotazione rispetto a macchine a percussione o vibropercussione, utilizzando macchinari di recente omologazione ed in buono stato di manutenzione, organizzando le lavorazioni in orari meno disturbanti.

Per tutte le fasi di costruzione che non possono prescindere dall'impiego di attrezzature ad elevato impatto o dallo svolgimento di attività caratterizzate da un elevato carico emissivo vibrazionale, quali ad esempio le attività di consolidamento con uso di sonde o le attività di demolizione di parti di strutture in cemento armato con martelli demolitori (scapitozzatura), le attività saranno sempre accompagnate da una preventiva comunicazione agli abitanti e alle strutture sensibili presenti sul territorio.

Pertanto, gli interventi di mitigazione applicabili nelle aree esposte a livelli di impatto oggettivamente disturbanti sono riferibili alle seguenti possibilità operative:

- ottimizzazione dei tempi di lavorazione in relazione alle condizioni di fruizione in particolare di laboratori e studi medici sensibili;
- utilizzo di attrezzature o tecniche caratterizzate da minime emissioni di vibrazioni (martelli pneumatici a potenza regolabile, sistemi a rotazione anziché a percussione, ...);
- previsione di misure di vibrazioni in fase di avanzamento dei lavori al fine di segnalare il superamento di soglie di attenzione;
- avviso periodico della popolazione residente e delle strutture sensibili sui tempi e sulle modalità con cui verranno condotte le lavorazioni più significative in termini vibrazionali;
- circoscrizione delle attività maggiormente impattanti nell'ambito degli orari di minor disturbo per la popolazione, evitando quindi le prime ore della mattina, la pausa pranzo e le ore serali.

9. PAESAGGIO

I fattori che possono determinare impatti potenziali in fase di cantiere sulla matrice in esame sono riassunti nella tabella che segue, con i relativi fattori di perturbazione.

Azione di progetto	Fattori di perturbazione	Interventi di mitigazione per la sostenibilità ambientale dell'azione di progetto	
Cantiere			
Approntamento aree di cantiere (Base, Operativi e Aree tecniche specifiche per le opere)	Taglio della vegetazione	Variazione uso del suolo e copertura vegetale; Sottrazione di habitat	Le aree di occupazione temporanea saranno ripristinate e recuperata l'originaria destinazione d'uso; Al termine del cantiere è prevista la piantumazione delle superfici di esproprio permanente non occupate dall'infrastruttura viaria.
	Stoccaggi temporanei	Variazione uso del suolo; Alterazione morfologica; Alterazioni estetiche e cromatiche;	Inerbimento dei cumuli di terreno accantonati nelle aree di stoccaggio per mitigare l'impatto paesaggistico e mantenere la fertilità del suolo; L'impatto sarà temporaneo in quanto le aree saranno ripristinate al termine dei lavori.
	Gestione cantiere	Presenza macchine, manufatti e attrezzature	Filari arborei per mitigare gli impatti paesaggistici verso la viabilità adiacente i Cantieri Operativi e il cantiere base.
Opere civili	Realizzazione opere d'arte maggiori	Alterazioni morfologiche; Attraversamento corsi d'acqua con viadotto; Variazione uso del suolo e sottrazione di vegetazione; Alterazioni estetiche e cromatiche.	Mitigazione opere d'arte; Ripristino aree di cantiere; Piantumazione di specie arbustive e arboree.
	Realizzazione piattaforma, rilevati, trincee e opere d'arte minori	Alterazioni morfologiche; Attraversamento corsi d'acqua con viadotto; Variazione uso del suolo e sottrazione di vegetazione; Alterazioni estetiche e cromatiche.	Mitigazione opera d'arte; Inerbimenti scarpate rilevati e trincee; Piantumazione specie arboree e arbustive per favorire l'inserimento ambientale e paesaggistico dell'opera.

Gli impatti in fase di cantiere della fase di cantiere sono prevalentemente di carattere temporaneo e reversibile con il ripristino della aree.

L'impatto sul paesaggio di maggiore entità è determinato dai Cantieri Base e dai Cantieri Operativi CO.01c (43.790 mq), CO.02c (36.330 mq) e CO.03a (43.393 mq), dove ci sono diverse superfici di deposito delle terre e strutture logistiche.

Per alcune aree prossime a contesti abitati saranno messe a dimora specie arboree.

Col materiale proveniente dallo scotico verranno creati degli accumuli temporanei di altezza non superiore ad 2 mt d'altezza con sezione trapezoidale avente la base minore non superiore a 3 mt al fine di evitare alterazioni nelle caratteristiche del terreno e qualora la base abbia dimensioni maggiori di 3 mt l'altezza dei cumuli verrà contenuta entro 1 mt.

A seconda poi della durata della fase di cantierizzazione sarà prevista sullo strato edafico la realizzazione di un inerbimento temporaneo, con specie erbacee annuali e perenni pioniere autoctone allo scopo di garantire una rapida stabilizzazione della massa movimentata e per favorire i processi di ricolonizzazione microbiologica del suolo.

Alle azioni che determina fattori di impatto negativi seguono attività di progetto con impatti positivi legati allo smantellamento, al ripristino della destinazione d'uso delle aree e alla realizzazione delle opere di mitigazioni architettoniche e a verde.

Nel complesso, data la temporaneità dei cantieri, si può affermare che l'impatto sia sostenibile, inoltre le recinzioni necessarie, predisposte per i cantieri, non determinano impatti alla componente paesaggio poiché sono collocate nei cantieri prossimi alla viabilità principale, in aree già soggette alla pressione antropica.

10. POPOLAZIONE E SALUTE PUBBLICA

Per quanto riguarda la salute pubblica, come approfondito per la valutazione degli impatti in fase di esercizio (Parte 6), l'impatto è legato essenzialmente alle emissioni di polveri e rumore.

Per tali aspetti si rimanda alle valutazioni fatte nei capitoli dedicati da dove risulta la sostenibilità, prevedendo le mitigazioni indicate dal progetto (Barriere acustiche e pavimentazione delle piste e delle aree di cantiere per evitare la diffusione delle polveri. A tale misura si associa l'eventuale bagnatura delle aree di lavoro durante la stagione secca).

PROGETTAZIONE ATI: