



CENTRALE EOLICA OFFSHORE BRINDISI
PARCO EOLICO MARINO ANTISTANTE LE COSTE DI BRINDISI -
SAN PIETRO VERNOTICO E TORCHIAROLO

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

<p>ELABORATO</p> <p>SIA-12</p>	<p>TITOLO</p> <p>PROPOSTA DI PROGETTO DI CARATTERIZZAZIONE AREE SIN</p>
---------------------------------------	--

Responsabile Progetto: Prof. Giuseppe Cesario Calò

Committente



TG Energie rinnovabili S.r.l.
 Ravenna via Zuccherificio n.10
 P.IVA 02260730391



Gruppo di progettazione



COORDINAMENTO DEL SIA
 ARKE' INGEGNERIA S.r.l.
 Via Imperatore Traiano n. 4
 TEL/FAX 080/2022423
 e-mail: segreteria@arkeingegneria.it

PROF.ING. ALBERTO FERRUCCIO PICCINNI
(Ordine degli Ingegneri della Provincia di Bari n. 7288)

ING. GIOACCHINO ANGARANO
(Ordine degli Ingegneri della Provincia di Bari n. 5970)



GESTIONE DOCUMENTO

	Prot. n.	
	Data Prot.	
23-03-2013	N° edizione	
	Data edizione	

INDICE

1	PREMESSA	3
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	5
2.1	Bonifiche suolo, sottosuolo e acque di falda.....	5
2.2	Rifiuti.....	8
3	CRITERI GENERALI PER LA CARATTERIZZAZIONE DEI SITI CONTAMINATI.....	10
3.1	Ricostruzione storica delle attività produttive svolte nel sito.....	11
3.2	Modello Concettuale Preliminare.....	11
3.3	Piano delle Indagini	11
4	RACCOLTA E SISTEMAZIONE DEI DATI ESISTENTI.....	13
4.1	Inquadramento territoriale e analisi storica degli utilizzi del sito	13
4.2	Geologia e idrogeologia del sito.....	22
4.2.1	Inquadramento geologico	22
4.2.2	Idrogeologia.....	30
4.3	Inquadramento climatico e ambientale	36
4.3.1	Clima anemometrico	36
4.3.2	Analisi del moto ondoso sottocosta.....	39
4.4	Analisi dei risultati desunti dai piani di caratterizzazione delle aree prossime a quelle di interesse	41
4.4.1	Aree adiacenti l'asse attrezzato e la Centrale Enel Cerano – piano di caratterizzazione delle aree pubbliche della zona agricola del SIN	41
4.4.2	Stato di contaminazione delle acque di falda presso gli arenili.....	47
5	MODELLO CONCETTUALE PRELIMINARE.....	52
5.1	Individuazione delle sorgenti di contaminazione primarie e secondarie.....	53
5.2	Individuazione dei meccanismi di trasporto e percorsi potenziali di esposizione.....	55
5.3	Individuazione dei potenziali recettori.....	57

6	DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ' DI INDAGINE.....	58
6.1	Ricerca di sottoservizi e masse ferrose nel sottosuolo.....	59
6.2	Ubicazione dei punti di indagine.....	59
6.2.1	Aree a terra.....	59
6.2.2	Aree a mare.....	67
6.3	Modalità di campionamento delle matrici ambientali.....	69
6.3.1	Suolo e sottosuolo.....	69
6.3.2	Acque sotterranee.....	71
6.3.3	Sedimenti dell'area marina.....	72
6.4	Modalità di prelievo, conservazione e trasporto dei campioni.....	73
6.4.1	Suolo e sottosuolo.....	73
6.4.2	Acqua di falda.....	75
6.4.3	Sedimenti dell'area marina.....	77
6.5	Analisi chimiche di laboratorio.....	80
6.5.1	Analisi dei suoli e delle acque sotterranee.....	80
6.5.2	Analisi dei sedimenti dell'area marina.....	82

1 PREMESSA

Il presente documento costituisce il Piano della Caratterizzazione redatto, ai sensi del D. Lgs. n. 152 del 3 Aprile 2006 (Parte IV, Capo V, Titolo V), nell'ambito degli studi propedeutici alla realizzazione di un impianto eolico offshore al largo del paraggio di Cerano, lungo il litorale a Sud della città di Brindisi. Nello specifico, lo studio riguarda la caratterizzazione delle matrici ambientali (suolo, sottosuolo, acque di falda e sedimenti marini) interessate dalla realizzazione del cavidotto MT interrato per le porzioni ricadenti all'interno del Sito di Interesse Nazionale di Brindisi (SIN aree a terra e a mare, Legge 426/98) (Figura 1.1).

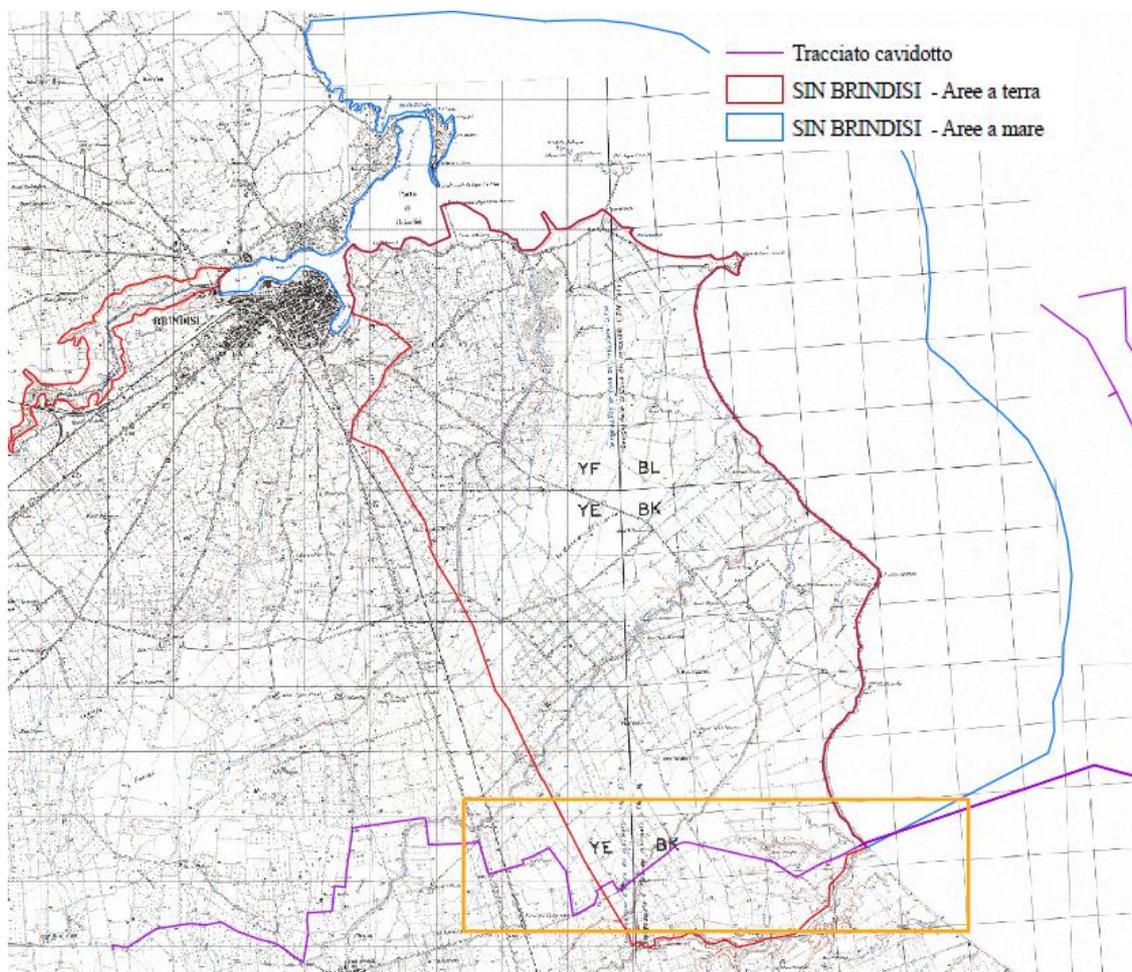


Figura 1.1 – Inquadramento territoriale intervento

In riferimento alla normativa suddetta il presente Piano della Caratterizzazione:

- descrive dettagliatamente il sito e tutte le attività che si sono svolte o che ancora si svolgono nell'area;
- individua le correlazioni tra le attività svolte ed il tipo, la localizzazione e l'estensione della possibile contaminazione;
- descrive le caratteristiche delle componenti ambientali sia all'interno del sito che nell'area da questo influenzata;
- presenta un piano delle indagini da attuare per definire tipo, grado ed estensione della potenziale contaminazione delle aree.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

2.1 Bonifiche suolo, sottosuolo e acque di falda

- Legge n. 426 del 9 dicembre 1998 “Nuovi interventi in campo ambientale”
- Decreto Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio 10 gennaio 2000- Perimetrazione del Sito di Interesse Nazionale di Taranto (G.U. n. 45 del 24/02/2000).
- Decreto Ministeriale n.471 del 25 ottobre 1999 “Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati”;
- Decreto Legislativo n. 152 del 3 aprile 2006, “Norme in materia ambientale” e successive modifiche ed integrazioni

La Legge 426 del 9/12/98 “Nuovi interventi in campo ambientale” ha individuato, per la prima volta, all’interno di aree industriali e ad alto rischio ambientale, quei siti che, in virtù dello stato di contaminazione, risultavano di *“interesse nazionale”*. Tra questi rientra anche il sito di Brindisi.

I Siti di Interesse Nazionale (SIN), secondo quanto esplicito dal Decreto Ministeriale 471/99, sono individuati tra la globalità dei siti contaminati in relazione alle *“caratteristiche del sito inquinato, alle quantità e pericolosità degli inquinanti presenti nel sito medesimo, al rilievo dell’impatto sull’ambiente circostante al sito inquinato in termini di rischio sanitario ed ecologico nonché di pregiudizio per i beni culturali ed ambientali”*.

In particolare, l’area industriale di Brindisi è stata inclusa nell’elenco dei SIN, secondo quanto stabilito dall’art.15, comma1, lettera c del suddetto Decreto, a ragione sia della densità della popolazione insediata nella zona, sia dell’estensione dell’area interessata.

Il D.M. 10 Gennaio 2000, in attuazione di quanto indicato in particolare dall’Art.1 della Legge 426/98, ha decretato un perimetro provvisorio (concordato presso il Ministero dell’Ambiente con i rappresentanti dei Comuni) per i SIN, tra cui quello di Brindisi.

La delimitazione dell’area del SIN è stata condotta in una fase, preliminare alle caratterizzazioni, nella quale non si disponeva di informazioni dettagliate circa l’entità e

l'estensione dell'inquinamento; pertanto è stata basata sull'individuazione di quelle zone sicuramente utilizzate, attualmente o in passato, per attività potenzialmente inquinanti quali *“aree occupate dagli insediamenti industriali, zone di discarica, aree della fascia costiera in cui sono stati realizzati riempimenti o rilevati, le aree marine i cui fondali siano stati oggetto di sversamento abusivo di rifiuti o nella quale abbiano recapitato o recapitano scarichi industriali”*. In aggiunta a tali aree il Ministero ha ritenuto opportuno includere nell'area del SIN anche altre zone quali, ad esempio le aree agricole, *“che, in quanto confinanti o interconnesse, possono essere state esposte a fattori inquinanti”*.

La perimetrazione adottata, non ha comunque un carattere definitivo, in quanto si ribadisce la possibilità di inserire nel SIN anche aree inizialmente escluse, laddove, in fase di caratterizzazione, le matrici ambientali indagate risultassero contaminate.

Le aree interne al perimetro sono pertanto da sottoporre ad interventi di caratterizzazione e, in caso di inquinamento, ad attività di messa in sicurezza, bonifica, ripristino ambientale e monitoraggio.

Il sito di Brindisi, data la criticità ambientale in cui versa, è stato ulteriormente citato tra i Siti di Interesse Nazionale prioritari di cui all'Allegato A del D.M. n.468 del 2001 *“Programma nazionale di bonifica e ripristino ambientale dei siti inquinati”* e completamente descritto nell'Allegato B dello stesso Decreto.

Con il D.Lgs. 152/06 sono state definite le procedure, i criteri e le modalità di svolgimento delle operazioni necessarie per l'eliminazione delle sorgenti dell'inquinamento dai siti inquinati e comunque per la riduzione delle concentrazioni delle sostanze inquinanti riscontrate nelle matrici ambientali (suolo, sottosuolo e acque sotterranee).

In particolare, il decreto definisce *“sito potenzialmente contaminato”* quel *“sito nel quale uno o più valori di concentrazione delle sostanze inquinati rilevati nelle matrici ambientali risultano superiori ai valori di concentrazione soglia di contaminazione (CSC)...”* nonché *“sito contaminato”* quel *“sito nel quale i valori della concentrazione soglia di rischio (CRS) risultano superati”*, ossia quel sito che presenta livelli di contaminazione o alterazioni chimiche, fisiche o biologiche delle matrici ambientali tali da determinare un pericolo per la salute pubblica o per l'ambiente naturale.

A tal fine il D.Lgs. 152/06 disciplina:

- i limiti di accettabilità della contaminazione dei suoli, delle acque superficiali e delle acque sotterranee in relazione alla specifica destinazione d'uso dei siti;

- le procedure per il prelievo e l'analisi dei campioni;
- i criteri generali per la messa in sicurezza, la bonifica ed il ripristino ambientale dei siti inquinati;
- i criteri per le operazioni di bonifica dei suoli e delle falde acquifere che facciano ricorso a batteri, a ceppi batterici mutanti, a stimolanti di batteri naturalmente presenti nel suolo.

La normativa stabilisce tra l'altro che, qualora gli esiti della procedura di analisi di rischio, dimostrino che la concentrazione dei contaminanti presenti nel sito è inferiore alla concentrazione soglia di rischio, è possibile dichiarare concluso positivamente il procedimento di analisi del sito, previa Conferenza dei Servizi. Questa, può prescrivere lo svolgimento di un'attività di monitoraggio sul sito al fine di valutare l'eventuale stabilizzazione della situazione riscontrata in relazione agli esiti dell'analisi di rischio e all'attuale destinazione d'uso del sito. Nel caso in cui le stesse attività di monitoraggio rilevino il superamento di una o più delle concentrazioni soglia di rischio, il soggetto responsabile dovrà avviare la procedura di bonifica.

Qualora, invece, gli esiti della procedura dell'analisi di rischio dimostrino che la concentrazione dei contaminanti presenti nel sito è superiore ai valori di concentrazione soglia di rischio, il soggetto responsabile è tenuto a sottoporre alla Regione il progetto operativo degli interventi di bonifica o di messa in sicurezza, operativa o permanente e, ove necessario, le ulteriori misure di riparazione e di ripristino ambientale, al fine di minimizzare e ricondurre ad accettabilità il rischio derivante dallo stato di contaminazione presente nel sito.

In data 18 dicembre 2007 è stato sottoscritto, tra Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), Commissario di Governo per l'Emergenza Ambientale, Regione Puglia, Provincia di Brindisi, Comune di Brindisi e Autorità Portuale di Brindisi, un Accordo di Programma *“Per la definizione degli interventi di messa in sicurezza e bonifica delle aree comprese nel Sito di Interesse Nazionale di Brindisi”* che prevede all'Art. 5 *“Messa in sicurezza e bonifica delle aree private”*, il seguente comma 2:

Al fine di accertare gli interventi di caratterizzazione, di messa in sicurezza e bonifica dei suoli e delle acque di falda in aree private inquinate, i soggetti obbligati – qualora non l'avessero già fatto – debbono:

- *definire il Piano di Caratterizzazione sulla base di un Protocollo Operativo – predisposto da APAT e ISS entro 60 giorni dalla sottomissione del presente*

- accordo e ratificato alla prima Conferenza dei Sevizi che consenta ai soggetti titolari delle aree di predisporre le pertinenti attività secondo criteri condivisi, anche in assenza di specifiche autorizzazioni;*
- *inviare il Piano di Caratterizzazione al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare;*
 - *procedere alla caratterizzazione dei suoli e delle acque di falda decorsi 10 giorni dall'invio del Piano al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare;*
 - *completare la caratterizzazione entro 100 giorni dall'invio del Piano al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare;*
 - *comunicare all'ARPA Puglia, con un preavviso di giorni 10, il calendario delle attività di caratterizzazione e i laboratori – accreditati SINAL – scelti per le indagini;*
 - *trasmettere all'ARPA Puglia i risultati della caratterizzazione entro 10 giorni dal completamento delle analisi;*
 - *presentare i risultati della caratterizzazione al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare per l'approvazione entro 10 giorni dalla validazione dell'ARPA Puglia*

Il comma 3 prevede inoltre che il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare certifica – mediante Decreto Direttoriale – la restituzione agli usi legittimi delle aree, nel caso ricorrano congiuntamente le seguenti condizioni:

- *i suoli presentino livelli di inquinamento inferiori a quelli stabiliti dalla norma, in funzione dell'uso che si intende dare all'area;*
- *la falda presenti livelli di inquinamento inferiori ai limiti della Tabella 2, Allegato 5 Parte IV del D.Lgs. 152/06*
- *sono fatti salvi eventuali valori di fondo naturale definiti da ARPA Puglia.*

2.2 Rifiuti

- Decreto Ministeriale 05 febbraio 1998 - "Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli art. 31 e 33 del D.L. 05 febbraio 1997, n.22"

- Decreto Legislativo n.36 del 13 gennaio 2003, - "Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti"
- Decreto Legislativo n.152 del 03 aprile 2006, - "Norme in materia ambientale" e successive modifiche ed integrazioni
- Direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 19 novembre 2008, relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive.
- Decreto Ministeriale del 27/09/2010 "Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica, in sostituzione di quelli contenuti nel decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio 3 agosto 2005".
- Decreto Legislativo n. 205 del 3 dicembre 2010, "Disposizioni di attuazione della direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive."
- Legge n.28 del 24/03/2012 – "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 25 gennaio 2012, n. 2, recante misure straordinarie e urgenti in materia ambientale".
- Decreto Ministeriale n.161 del 10 agosto 2012 – "Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo".

Tutti i rifiuti provenienti dalle attività di perforazione, campionamento ed analisi eseguite e delle ulteriori prove di campo, nonché tutti i materiali rivenienti dalle attività di scavo (qualora il materiale risultasse contaminato), dovranno essere gestiti nel rispetto della vigente normativa in materia di trasporto e smaltimento.

Si dovrà pertanto procedere ad indicare la classificazione dei rifiuti che saranno prodotti e gestiti nelle varie fasi di intervento (fino al successivo smaltimento).

Il produttore di rifiuti sarà tenuto ad effettuare la caratterizzazione di base di ciascuna categoria di rifiuti (omologa del rifiuto) realizzata con la raccolta di tutte le informazioni necessarie per uno smaltimento finale in condizioni di sicurezza.

3 CRITERI GENERALI PER LA CARATTERIZZAZIONE DEI SITI CONTAMINATI

La caratterizzazione ambientale di un sito è identificabile con l'insieme delle attività che permettono di ricostruire i fenomeni di contaminazione a carico delle matrici ambientali, in modo da ottenere le informazioni di base su cui prendere decisioni realizzabili e sostenibili per la messa in sicurezza e/o bonifica del sito.

I punti cardine per la predisposizione di un Piano della Caratterizzazione sono individuati nell'Allegato 2 alla Parte IV, Titolo V del D.Lgs. 152/06 "*Criteri generali per la caratterizzazione dei siti contaminati*".

Per la caratterizzazione dei siti contaminati si intende quindi l'intero processo costituito dalle seguenti fasi:

- 1. Ricostruzione storica delle attività produttive svolte sul sito;*
- 2. Elaborazione del Modello Concettuale Preliminare del sito e predisposizione di un piano di indagini ambientali finalizzato alla definizione dello stato ambientale del suolo, del sottosuolo e delle acque sotterranee;*
- 3. Esecuzione del piano di indagini e delle eventuali indagini integrative necessarie alla luce dei primi risultati raccolti;*
- 4. Elaborazione dei risultati delle indagini eseguite e dei dati storici raccolti e rappresentazione dello stato di contaminazione del suolo, del sottosuolo e delle acque sotterranee;*
- 5. Elaborazione del Modello Concettuale Definitivo;*
- 6. Identificazione dei livelli di concentrazione residua accettabili - sui quali impostare gli eventuali interventi di messa in sicurezza e/o di bonifica, che si rendessero successivamente necessari a seguito dell'analisi di rischio calcolati mediante analisi di rischio eseguita secondo i criteri di cui in Allegato 1.*

Il presente documento è esecuzione dei punti 1 e 2 della procedura su esposta, attuata in relazione al numero ed alle modalità di ubicazione dei punti di campionamento, alla modalità di prelievo e conservazione dei campioni ed alla scelta del set di analiti da ricercare nei campioni di acqua di falda e terreno, in riferimento a quanto previsto dal Protocollo Operativo predisposto da APAT ed ISS, di cui all'Art. 5 comma 2 lettera a dell'Accordo di Programma suddetto.

3.1 Ricostruzione storica delle attività produttive svolte nel sito

La finalità di tale fase è l'identificazione dei parametri idrogeologici che regolano il flusso della falda locale e l'individuazione di potenziali fonti di contaminazione delle matrici ambientali coinvolte nell'attività a farsi.

3.2 Modello Concettuale Preliminare

Il Modello Concettuale Preliminare è realizzato sulla base delle informazioni storiche disponibili, nonché di eventuali indagini condotte nelle varie matrici ambientali nel corso della normale gestione del sito.

Con il Modello Concettuale Preliminare vengono individuati:

- potenziali fonti della contaminazione;
- estensione della contaminazione;
- caratteristiche e qualità preliminari delle matrici ambientali;
- potenziali percorsi di migrazione dalle sorgenti ai bersagli individuati;

Tale modello deve essere elaborato prima di condurre l'attività di campo in modo da guidare la definizione del Piano delle Indagini.

3.3 Piano delle Indagini

Il Piano delle Indagini deve contenere una dettagliata descrizione delle attività che saranno svolte in campo ed in laboratorio per la caratterizzazione ambientale del sito.

Tale elaborato dovrà includere le specifiche tecniche per l'esecuzione delle attività che, una volta approvate dalle Autorità Competenti prima dell'inizio dei lavori, costituiranno il protocollo applicabile per la caratterizzazione del sito.

Nello specifico, le indagini avranno l'obiettivo di:

- verificare l'esistenza di inquinamento di suolo, sottosuolo, acque sotterranee e sedimenti marini;
- definire il grado e l'estensione dell'inquinamento;
- individuare le possibili vie di dispersione migrazione degli inquinanti dalle fonti verso i potenziali recettori;
- ricostruire le caratteristiche geologiche ed idrogeologiche dell'area al fine di sviluppare il modello concettuale definitivo del sito;
- ottenere i parametri necessari a condurre nel dettaglio l'analisi del rischio;

- individuare i possibili recettori;

A tal fine occorrerà definire:

- ubicazione e tipologia delle indagini da svolgere;
- piano di campionamento di suolo, sottosuolo, acque sotterranee e sedimenti marini;
- piano delle analisi chimiche e fisiche e le metodiche analitiche;
- profondità da raggiungere con le perforazioni;
- metodologie di interpretazione e restituzione dei risultati.

4 RACCOLTA E SISTEMAZIONE DEI DATI ESISTENTI

Il presente capitolo individua geograficamente il sito oggetto del Piano della Caratterizzazione e ne illustra nel dettaglio tutte le informazioni disponibili, in particolare:

- definisce l'inquadramento territoriale e analisi storica degli utilizzi del sito;
- descrive la geologica ed idrogeologica dell'area;
- definisce l'inquadramento climatico e ambientale dell'area;
- analizza i risultati desunti dai piani di caratterizzazione delle aree prossime a quelle di interesse.

4.1 Inquadramento territoriale e analisi storica degli utilizzi del sito

L'area di cui trattasi è inserita all'interno del SIN Brindisi, definito tale con la Legge 426/1998 e successivamente perimetrato con Decreto del Ministero dell'Ambiente del 10 gennaio 2000, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 43 del 22 febbraio 2000, in attuazione dell'articolo 1, comma 4, della predetta Legge.

L'area individuata come SIN Brindisi si estende approssimativamente per un'area pari a 11.000 ha comprendendo oltre alle aree agricole ed industriali, anche 5.500 ha di aree marine (Figura 4.1).



Figura 4.1 - Perimetrazione del Sito Nazionale di Brindisi (in rosso perimetrazione aree a terra e in blu perimetrazione aree a mare)

L'area individuata come SIN è situata nella piana compresa fra il nucleo urbano di Brindisi e la Centrale termoelettrica Enel "Federico II".

I limiti dell'area sui fronti orientale ed occidentale sono costituiti rispettivamente dal Mare Adriatico e dalla SS 613, che corre sub-parallela alla costa.

Nell'area sono individuabili alcune macroaree, distinguibili per uso del suolo e ubicazione. Nella parte più settentrionale del SIN è presente l'area di sviluppo industriale della città, situata a Sud-Est del centro abitato.

Essa è composta da tre grandi poli.

Nella parte più orientale, nel tratto compreso tra Capo Bianco e Capo di Torre Cavallo, vi è lo Stabilimento Petrolchimico, originariamente di proprietà della Montecatini Edison, ma che, avendo subito nel tempo diverse riconfigurazioni negli assetti gestionali e societari, ad oggi risulta occupato dalle seguenti Società: Polimeri Europa S.p.A., Basell Brindisi S.p.A., ChemGas S.r.l., Enipower S.p.A., Syndial S.p.A., Dow Poliuretani Italia S.r.l. e E.V.C.

Più ad ovest, separato dal Petrolchimico tramite il canale Fiume Grande, vi è l'agglomerato industriale gestito dal Consorzio S.I.S.R.I.. All'interno dell'area vi è un'alta densità di insediamenti produttivi di vario tipo che lasciano spazio ad un numero limitato di aree libere; si tratta prevalentemente di lotti non ancora edificati o in via di edificazione, e di lotti destinati ad attività agricole.

A Nord dell'area industriale vi è il Polo Elettrico, costituito fundamentalmente dalle aree di pertinenza dell'ex Stabilimento Eurogen.

Nella parte meridionale dell'area perimetrata, in prossimità della costa, si trova la Centrale Enel "Federico II", realizzata negli anni 80, alimentata principalmente a carbone, e destinata alla produzione di energia elettrica.

La Centrale è collegata alla zona industriale e alla banchina di Costa Morena da un asse attrezzato, realizzato nei primi anni 90 per il trasporto meccanizzato delle forniture di carbone dal porto di Brindisi alla Centrale, ad oggi non funzionante secondo le modalità per le quali è stato progettato, ma all'interno del quale le suddette forniture transitano tramite autocarri.

Nella zona centrale del sito insiste un'ampia area a carattere agricolo, caratterizzata principalmente da colture intensive, ma anche dalla presenza di vigneti e d'uliveti sparsi e di modeste dimensioni.

È da segnalare, nel settore costiero compreso tra il limite meridionale dell'area industriale e la Centrale termoelettrica, la presenza di un'area denominata "Stagni e Saline di Punta della Contessa", inclusa tra i Siti d'Importanza Comunitaria (SIC) per la conservazione della biodiversità.

Il Decreto 10/01/2000 include nell'area del SIN, oltre al corpo principale fin qui descritto, anche la porzione di territorio occupata dall'invaso del Cillarese.

In Figura 4.2 è riportata un'immagine in cui è possibile distinguere il polo industriale, la Centrale termoelettrica Enel di Cerano e le aree agricole.

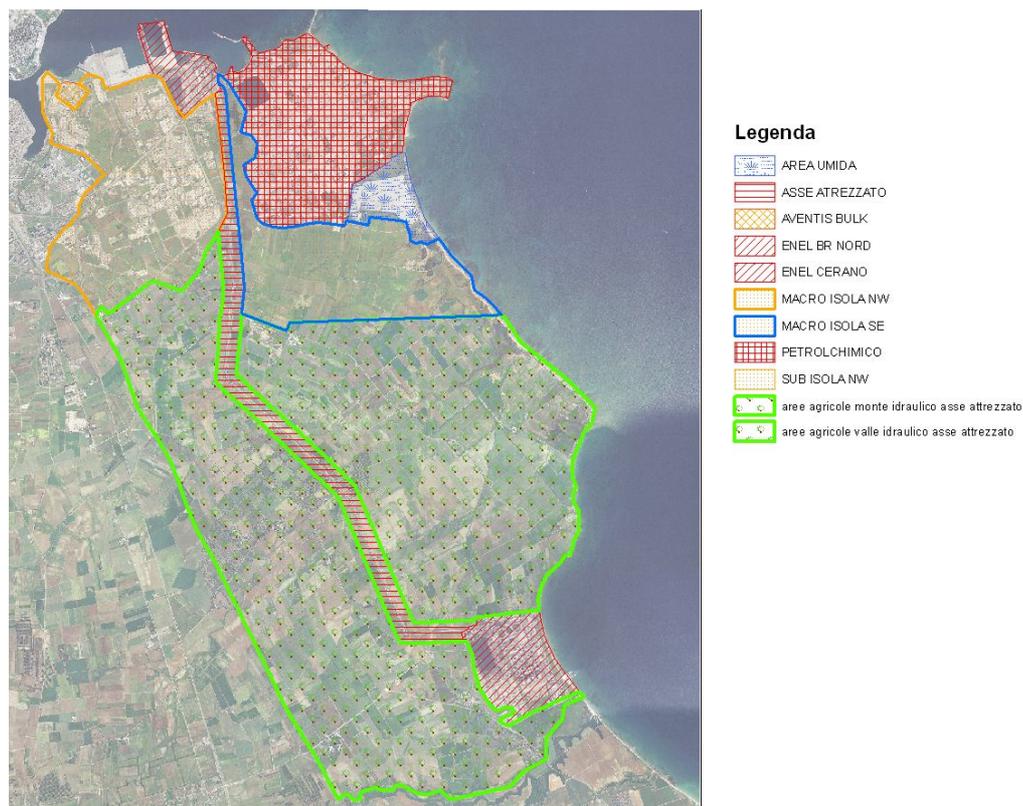


Figura 4.2 - SIN Brindisi – macroaree territoriali

Infine, la perimetrazione ministeriale include anche l'area marina prospiciente la porzione di territorio fin qui descritta. Tale area, costituita dalla fascia costiera delimitata a Nord da Punta del Serrone e a Sud dalla Località Cerano, include il Porto di Brindisi e si spinge al largo della costa per una distanza di circa 3 km, occupando un'area complessivamente pari a 5.500 ha.

Il porto di Brindisi, uno dei maggiori scali del Mediterraneo per dimensioni e fondali, è suddiviso in tre aree principali: il Porto Interno, il Porto Medio e il Porto Esterno (Figura 4.3).

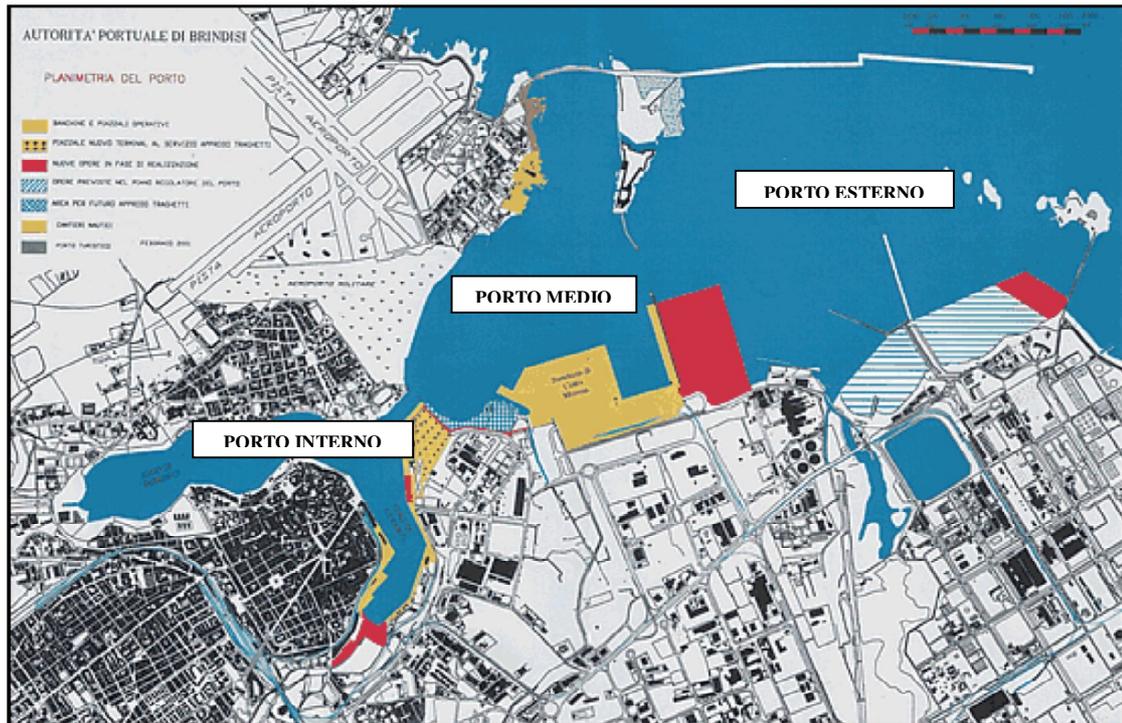


Figura 4.3 - Mappa del porto di Brindisi

Il Porto Interno è formato da due lunghi bracci che cingono la città a Nord e ad Est e che prendono rispettivamente il nome di "seno di ponente" e "seno di levante". Il fondo marino è fangoso e i fondali hanno una profondità che varia da 2 a 7 metri.

Il Porto Medio è delimitato a Sud dai banchinamenti di Costa Morena e di Punta delle Terrare, a Est dalle dighe di Costa Morena e di Forte a Mare e dall'Isola di Sant'Andrea, a Nord dalla diga di Bocca di Puglia e infine ad Ovest dal tratto di costa che si estende fino al canale Pigonati (che collega il Porto Interno con il Porto Medio). Nel Porto Medio si sviluppano le nuove banchine di Costa Morena.

La zona di Punta delle Terrare, che si sviluppa nella porzione occidentale di Costa Morena, è destinata all'ormeggio dei traghetti ed ha consentito in questi ultimi anni un notevole incremento del traffico. Nel bacino settentrionale del Porto Medio si affacciano le aree destinate alla cantieristica navale, mentre la zona di Bocche di Puglia è interessata da un nuovo approdo per il diporto nautico.

I fondali del Porto Medio, in origine sabbiosi, hanno subito lenti e progressivi fenomeni di invasamento, aumentando la loro concentrazione in fanghi e divenendo di tipo sabbio-fangoso inquinato. Sulla sponda settentrionale del Canale Pigonati si evidenzia un'area denominata "zona carbone", utilizzata da ormai un decennio come deposito, senza protezione, di carbone e di quanto altro necessario agli scopi della Marina Militare, proprietaria del sito.

Il Porto Esterno è delimitato a Est dalla diga dei Trapanelli, a Sud dalla costa di Capo Bianco, a Ovest dall'Isola di Sant'Andrea e dalle dighe di Forte a Mare e di Costa Morena e a Nord dalla diga di Punta Riso, ultimata nel 1990.

Alle spalle del tratto costiero di Capo Bianco si trova inoltre il polo industriale costituito dagli impianti di chimica di base e dal petrolchimico.

Il tratto di costa ubicato all'interno del sito di bonifica, e denominato Fascia Costiera, si estende dal confine nord della perimetrazione a mare del sito di bonifica di interesse nazionale fino alla centrale termoelettrica di Cerano a meridione. In tale area, a sud del Capo di Torre Cavallo, si segnala la presenza degli stabilimenti del polo chimico e della società Mico Rosa.

Sempre nella fascia costiera è presente il sito di importanza comunitaria SIC/ZPS denominato "Stagni e Saline di Punta Contessa", sito di nidificazione e sosta dell'avifauna migratoria acquatica; questa area è alimentata dall'apporto di acque superficiali raccolte dal reticolo idrografico della zona agricola, in particolare attraverso una deviazione del canale Foggia di Rau.

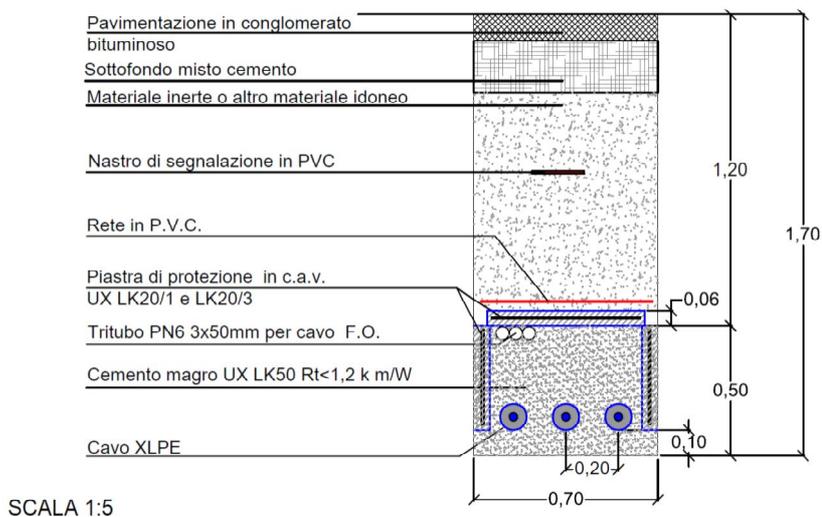
In tale contesto geografico, l'area oggetto di investigazione è posizionata nella zona sud orientale del territorio comunale di Brindisi e ricade nel settore meridionale del SIN.

Nello specifico, il presente Piano della Caratterizzazione prevede la caratterizzazione di una porzione di territorio interessata dal rinterro dei cavi per il trasporto dell'energia elettrica in MT dal punto di produzione (aerogeneratori) al punto di consegna (stazione "Galatina- Brindisi).

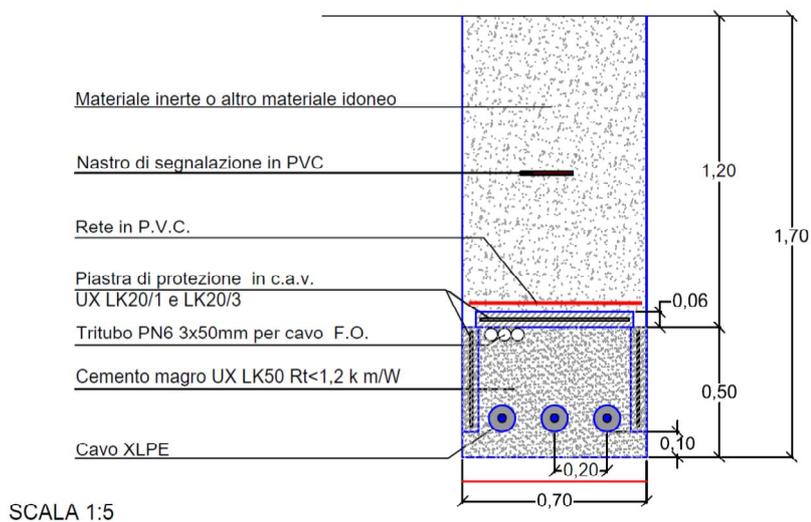
Così come mostrato in Figura 1.1, il cavidotto terrestre, di lunghezza complessiva pari a circa 16.000 metri, rientra nelle aree SIN terra per uno sviluppo complessivo di circa 4.500 metri mentre quello sottomarino, di lunghezza complessiva media pari a 7.000 ml, rientra nelle aree SIN mare per uno sviluppo complessivo di 500 metri.

Per i primi 2.000 metri il tracciato del cavidotto terrestre interesserà la viabilità adiacente la centrale elettrica ENEL Cerano per poi interessare, per il restante tratto, la viabilità pubblica esistente (Strada Provinciale SP 87). La posa del cavidotto verrà realizzata secondo lo schema riportato in Figura 4.4 (Tavola 5).

TIPOICO DI POSA SU STRADA ASFALTATA



TIPOICO DI POSA SU STRADA STERRATA



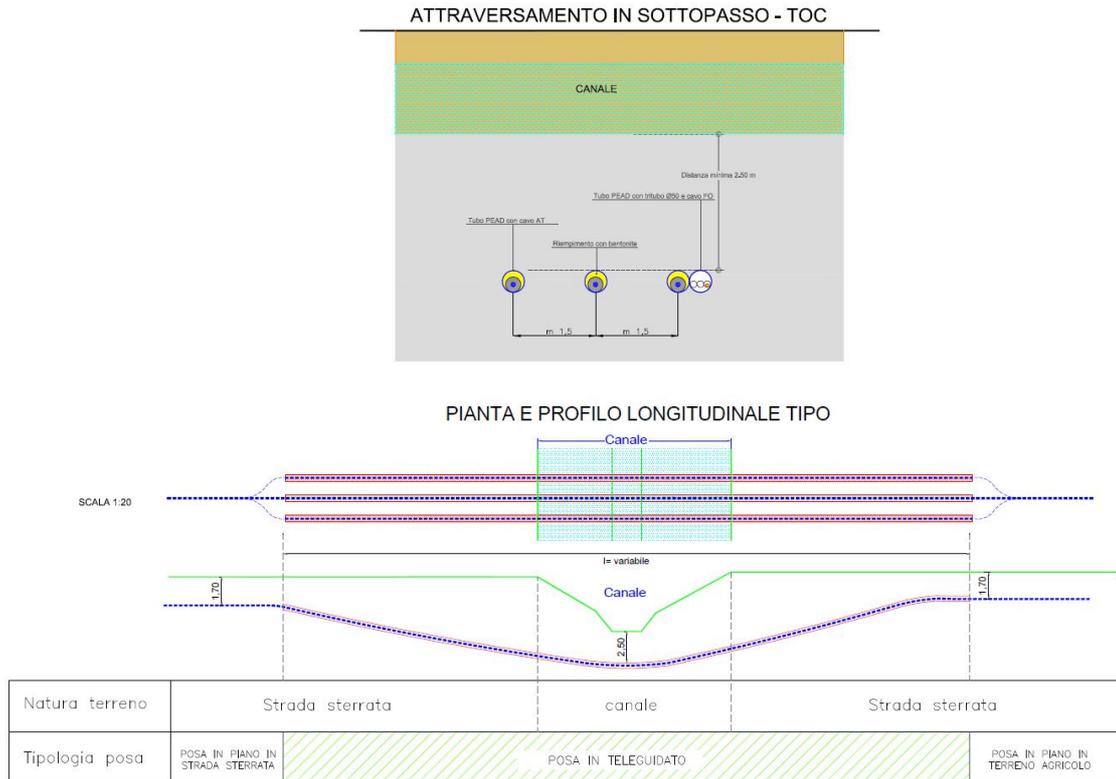


Figura 4.4 – Tipico di posa cavidotto su strada e particolari attraversamenti canali

Le aree adiacenti il cavidotto terrestre presentano le caratteristiche di un paesaggio agrario con terreni adibiti ad attività agricole e fabbricati abitativi e rurali legati a tale attività. L'attività agricola predominante all'interno dell'area esaminata è la coltivazione di erbacee annuali (cereali e coltivazioni orticole) e poliannuali (con particolare rilevanza per i carciofi e in minor misura coltivazioni foraggere), anche se non mancano appezzamenti coltivati con colture arboree (olivo e vite).

Il cavidotto terrestre si collega a quelli marini in corrispondenza del punto di approdo (vasca giunto, Figura 4.5).

Nelle aree ricadenti nel SIN mare, la posa dei cavi sottomarini, attuata attraverso l'applicazione delle metodologie illustrate nella "Relazione tecnica generale" (Elaborato PRP-REL -01) e Relazione Specialistica "Cavo elettrico sottomarino, posa e messa in opera" cui si rimanda, verrà realizzata secondo lo schema riportato in Figura 4.6.

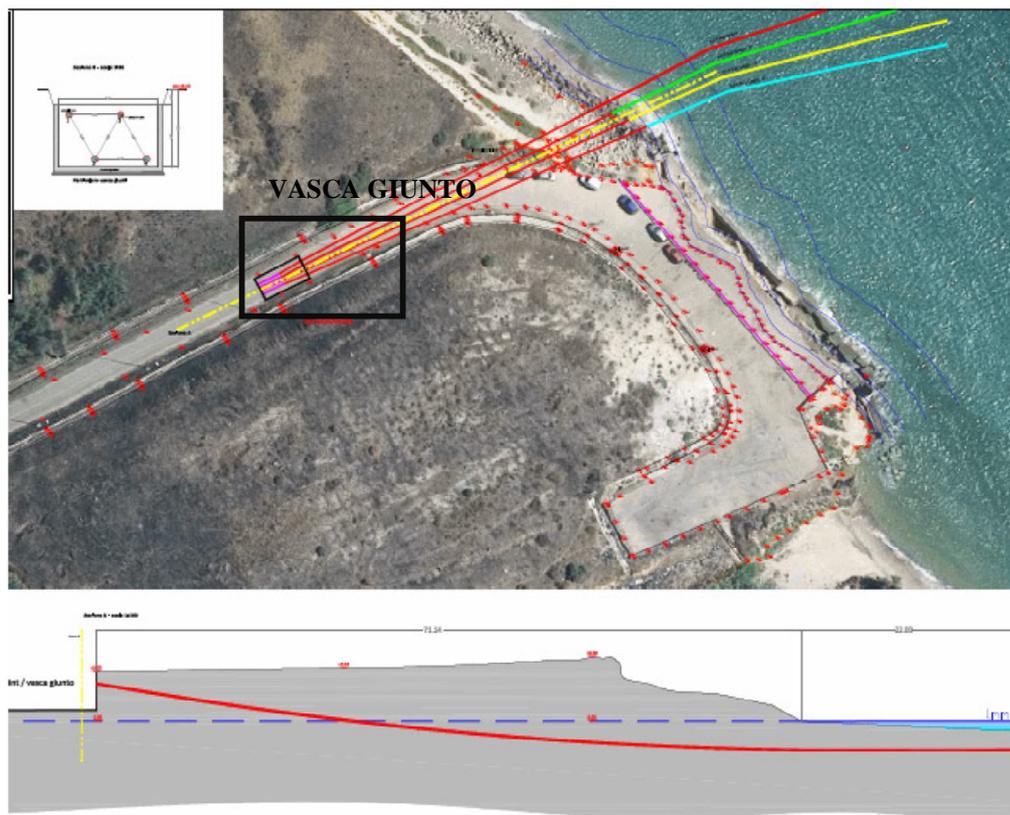


Figura 4.5 – Vista del punto di approdo dei cavi marini

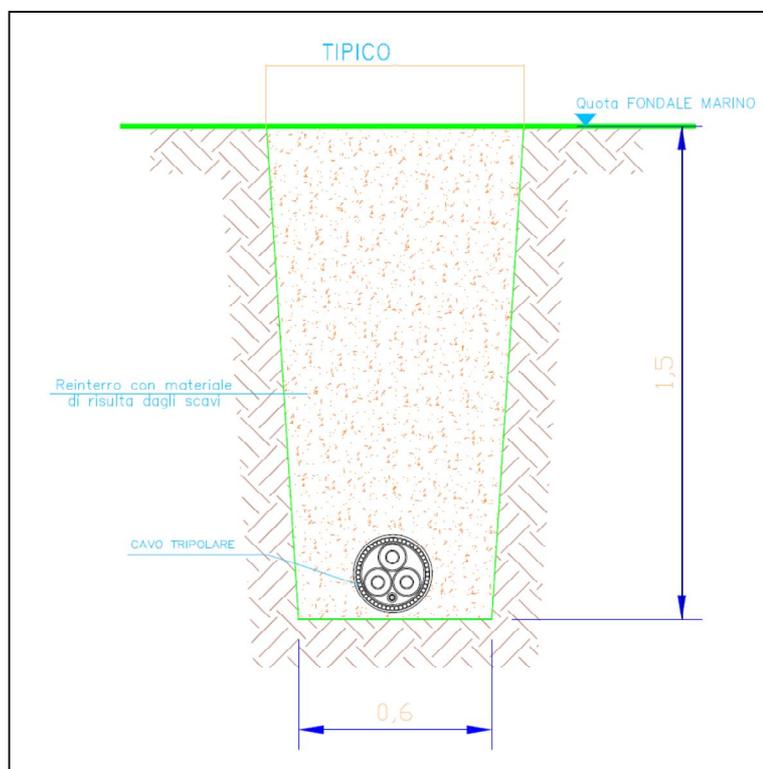


Figura 4.6 – Sezioni cavi sottomarini

4.2 Geologia e idrogeologia del sito

4.2.1 Inquadramento geologico

L'area del S.I.N. Brindisi, ricade nei Fogli geologici, in scala 1:100.000, 203 "Brindisi" e 204 "Lecce", in particolare ubicata nel settore orientale del Foglio "Lecce", prevalentemente in prossimità dell'area costiera adriatica facente parte della piana che si estende nel territorio tra Brindisi e Taranto, nota proprio come "Piana di Brindisi".

La Piana di Brindisi corrisponde ad una vasta depressione strutturale delle rocce carbonatiche mesozoiche dell'Avampaese che, dall'entroterra intorno a Francavilla Fontana, si apre verso il mare Adriatico; tale depressione a "gradinata" è stata colmata dai depositi del "Ciclo della Fossa Bradanica" e dai "Deposit Marini" terrazzati (Ciaranfi *et al.*, 1992), con spessori variabili da pochi metri a circa 13-14 metri, in cui ha sede una falda acquifera.

In accordo con le indicazioni riportate nelle "Note alla carta geologica delle Murge e del Salento" descritta da Ciaranfi *et alii* (1992), i rapporti stratigrafici che caratterizzano l'area di interesse (Figura 4.7) possono essere schematizzati, dalla formazione più recente alla più antica come segue:

DEPOSITI CONTINENTALI

1. Depositi alluvionali ed eluvio-colluviali (Olocene).

DEPOSITI MARINI

DEPOSITI DEL CICLO SEDIMENTARIO DELLA FOSSA BRADANICA:

2. Depositi Marini terrazzati (Pleistocene medio-sup.);
3. Argille subappennine (Pleistocene inf.);
4. Calcarenite di Gravina (Pliocene sup. – Pleistocene inf.).

DEPOSITI MESOZOICI DELLA PIATTAFORMA CARBONATICA APULA:

5. Calcarea di Altamura (Cretaceo – "Turoniano Sup-?- Maastrichtiano").

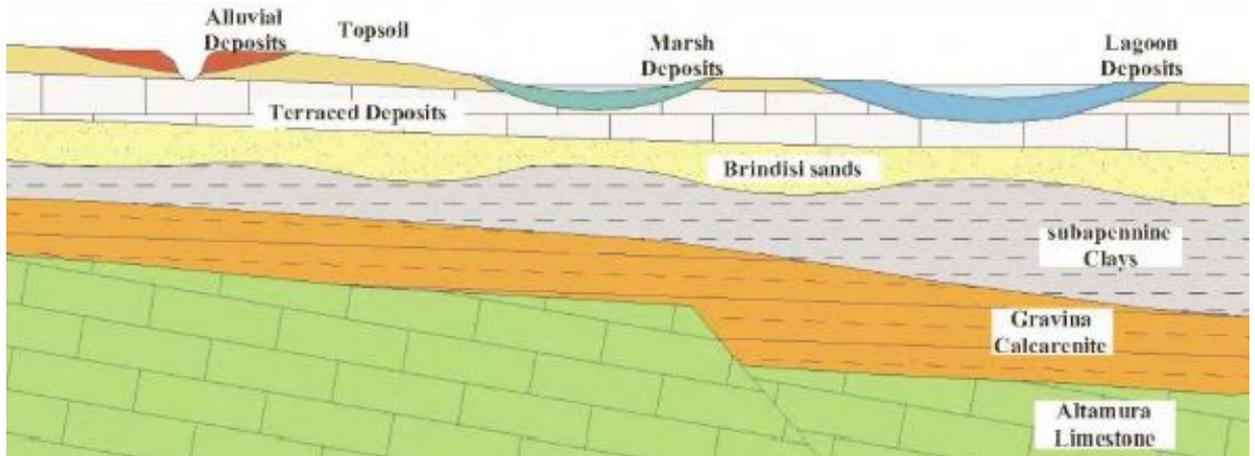


Figura 4.7 - Schema rapporti stratigrafici “tipo” dell’area SIN Brindisi

DEPOSITI CONTINENTALI

Depositi alluvionali (Olocene)

Sono costituiti da depositi terrosi e ciottolosi di esiguo spessore derivanti dalla disgregazione e dal dilavamento dei calcari cretacei e dei “Tufi” delle Murge.

Si tratta di intercalazioni di sabbie prevalentemente calcaree, sabbie argillose, argille sabbiose e limi, con tinta variabile attorno a toni grigi e la cui potenza non dovrebbe superare i pochi metri; si rinvencono sia sui calcari che sui depositi pleistocenici.

Sul fondo valle dei solchi erosivi (“lame”) e dei canali, sono depositi di tipo palustre costituiti da limi sabbiosi e argille limose di colore variabile dal grigio scuro al nerastro con lenti ed orizzonti dello spessore massimo di circa un metro di resti vegetali nerastrati.

Nelle aree più depresse vicino alla costa formano spiagge attuali con depositi sabbiosi calcarei stretti e allungati, di colore grigio-giallastro, direttamente a contatto con la fascia intertidale.

Gli stessi sedimenti caratterizzano le dune costiere presenti lungo il litorale brindisino, dove danno vita a cordoni di forma allungata ed ampiezza variabile, ricchi di Gasteropodi continentali, con scarsa vegetazione (perlopiù arbusti tipici della “macchia mediterranea”) che possono considerarsi mobili.

DEPOSITI MARINI

Calcarea di Altamura (Cretaceo sup.)

Questa formazione, cronologicamente riferibile al Cretaceo superiore, è una delle unità lito-stratigrafiche costituenti il basamento carbonatico mesozoico pugliese.

L'ambiente di sedimentazione di questa formazione è di mare sottile con episodici movimenti ascensionali caratterizzati da periodi lagunari o addirittura di erosione subaerea.

Si tratta di una formazione costituita in prevalenza da calcari microcristallini, a grana fine, di solito molto compatti e tenaci, di colore biancastro o, talvolta, grigio chiaro, con intercalati orizzonti dolomitizzati di aspetto sub-cristallino o saccaroide e colore da grigio scuro a nocciola.

I "Calcari di Altamura" si presentano ben stratificati, con strati di spessore prevalentemente compreso tra 5 e 40 cm, rinvenendo talora banconi di spessore pari o superiore al metro.

Dal punto di vista petrografico i termini calcarei sono costituiti da particelle micrometriche di calcite microcristallina ("micrite"), di norma associate a resti di gusci ed esoscheletri calcarei di microrganismi planctonici e bentonici: il tutto cementato da quantità variabili di calcite spatica ("sparite").

I termini dolomitici sono invece costituiti da cristalli di dolomite, in quantità molto variabile in funzione del grado di dolomitizzazione subito dalla roccia, e da frazioni residue di elementi calcitici.

Gli elementi ed i granuli a composizione carbonatica rappresentano, nei calcari mesozoici salentini, di norma oltre il 98% del totale: il residuo insolubile, costituito in prevalenza da piccoli granuli di quarzo e silicati (feldspati, pirosseni, minerali pesanti, ecc.), da minerali argillosi e da idrossidi di ferro e alluminio, è quasi sempre molto basso, generalmente inferiore all'1%.

La potenza totale della formazione è mal determinabile per la blanda struttura a pieghe, lo spessore affiorante si aggira intorno ai 1000 metri.

La sua datazione è Turoniano sup. – Maastrichtiano (Cretaceo sup.).

Calcarenite di Gravina (Pliocene sup.-Pleistocene inf.)

Si tratta di un'unità costituita da calcareniti e calciruditi detritico-organogene, di colore bianco-giallastro o rossastro per alterazione (generalmente nei livelli sommitali), piuttosto porose, di norma mal stratificate, a grado di cementazione variabile che si presentano in grossi banchi con intercalazioni calcilutitiche. I granuli della roccia sono quasi interamente costituiti da frammenti di micro e macrofossili e cementati tra loro da quantità variabili di calcite spatica; la loro composizione mineralogica è quasi esclusivamente carbonatica, (il carbonato di calcio costituisce generalmente oltre il 95% del totale). Il residuo insolubile, di norma molto scarso, è generalmente inferiore al 2%.

In parte degli affioramenti calcarenitici possono rinvenirsi sistemi di fratture parallele con direzione NNW-SSE, presumibilmente originate da locali fenomeni di riattivazione, durante il Quaternario, dei sistemi di faglie dirette.

La Calcarenite di Gravina si ritrova in trasgressione sui calcari cretacei di cui conserva frammenti derivanti dal loro disfacimento essendosi depositata in corrispondenza di depressioni ed avvallamenti di origine morfologica o strutturale.

La formazione è molto fossilifera per la presenza di Gasteropodi, Echinidi e Brachiopodi.

I suoi terreni sono noti in letteratura come “Tufi” delle Murge soprattutto in riferimento agli affioramenti esistenti lungo il bordo adriatico dell’altopiano.

Da un punto di vista cronostratigrafico è imputabile al Pliocene sup. – Pleistocene inf., mentre la sua potenza si aggira su valori di circa 50-60 metri.

Argille subappennine (Pleistocene inf.)

Le “Argille subappennine” poggiano in continuità di sedimentazione sulla “Calcarenite di Gravina” oppure, localmente, in trasgressione direttamente sul “Calcere di Altamura”.

Sono costituite da argille limose, argille sabbiose ed argille marnose di colore grigio-azzurro, subordinatamente giallastre, mediamente fossilifere ed a luoghi stratificate.

Questi depositi affiorano solo localmente su aree molto ristrette per la presenza di formazioni che si rinvengono superiormente in trasgressione datate Pleistocene med.- sup.

Da sondaggi e pozzi eseguiti nell’area in esame emerge che questa formazione occupa estese aree nel sottosuolo; si hanno incertezze riguardo la sua continuità spaziale per la presenza di eteropie con i depositi calcarenitici e per le frequenti variazioni di potenza.

Le “argille subappennine” sono idrogeologicamente importanti in quanto rappresentano il substrato impermeabile su cui giace la falda acquifera superficiale.

La formazione è attribuibile al Calabriano (Pleistocene inf.).

Depositi Marini Terrazzati (Pleistocene med.-sup.)

Questi depositi, denominati anche “panchina”, sono costituiti da sabbie quarzose e argillose fini e medie di colore giallastro, in strati di qualche centimetro di spessore, talora debolmente cementate, cui si alternano orizzonti di calcareniti organogene e arenarie grigio-giallastre.

Si tratta di unità formazionali di esiguo spessore (da qualche metro fino ad una quindicina di metri) costituite da depositi di spiaggia e di piana costiera terrazzati che

occupano una vastissima area attorno a Brindisi, in corrispondenza di zone morfologicamente depresse e allungate secondo le principali strutture regionali.

Esse giacciono in trasgressione lungo superfici di abrasione marina individuatesi nelle argille e nelle calcareniti sottostanti, nonché nei calcari mesozoici; presentano una generale immersione a nord-est che in parte corrisponde alla originaria immersione ed in parte ad un movimento di leggero basculamento nell'ambito del generale sollevamento dell'area.

In alcuni casi presentano la tipica morfologia e giacitura dei cordoni litorali e dunari, sicuri indicatori di antiche linee di costa; sono collegate a distinte fasi eustatico-tettoniche verificatesi durante il ritiro del mare verso l'attuale linea di costa.

Nel complesso, sono stati individuati sedici episodi sedimentari relativi ad altrettante superfici terrazzate poste a quote via via più basse procedendo dall'interno verso il mare.

Queste unità rappresentano l'acquifero superficiale sostenuto dai depositi argillosi impermeabili sottostanti.

I "Depositi marini terrazzati" sono riferibili al Siciliano-Tirreniano (Pleistocene med.- sup.).

La successione stratigrafica su descritta è stata evidenziata attraverso delle sezioni geologiche di dettaglio, realizzate grazie a sondaggi geognostici eseguiti all'interno del SIN Brindisi.

In Figura 4.8, vengono riportate le ubicazioni dei sondaggi geognostici realizzati da ditte private, considerati nel presente elaborato, e le tracce delle sezioni geologiche realizzate nel sito di interesse.

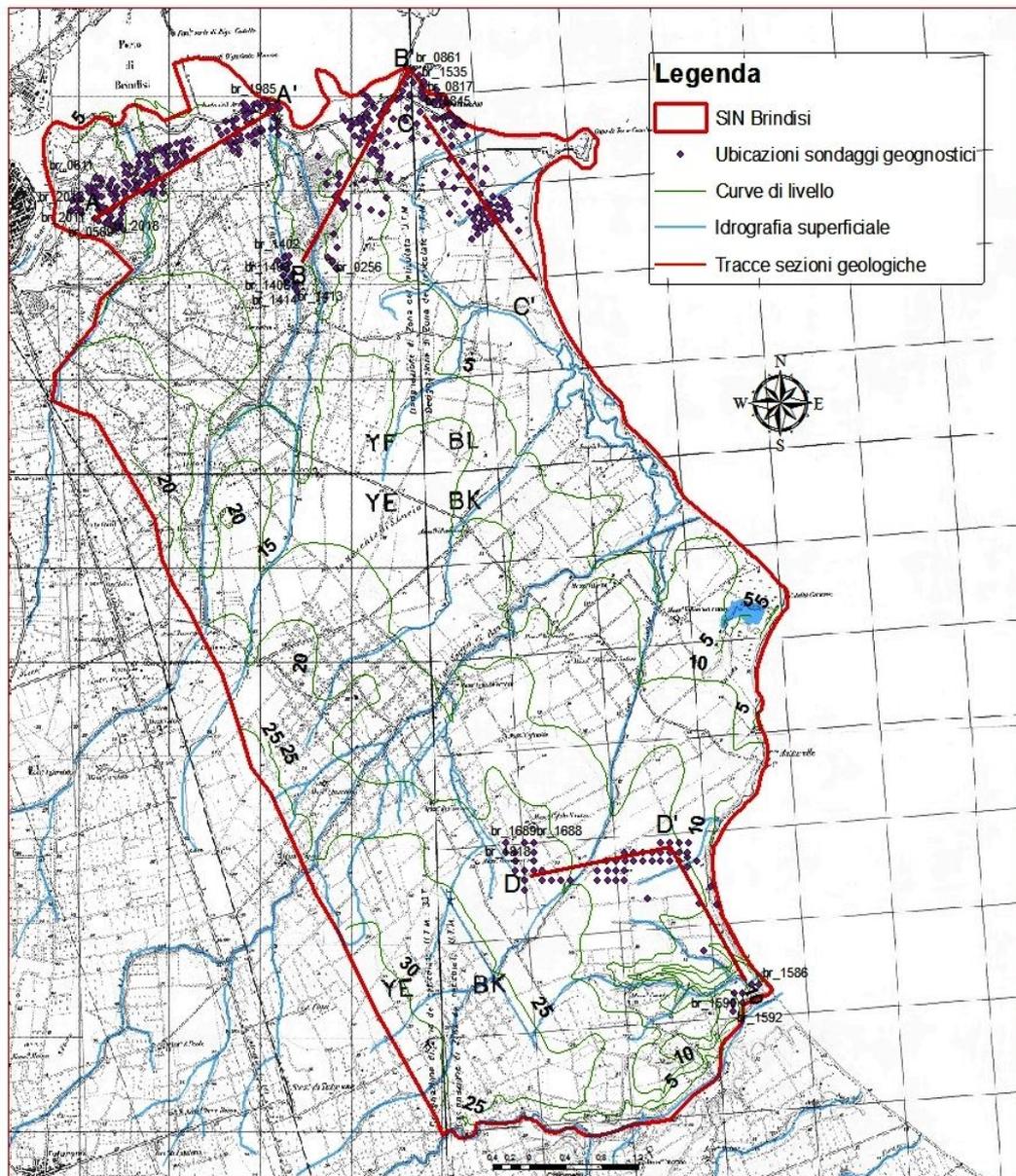


Figura 4.8 – Ubicazione sondaggi e tracce sezioni geologiche (SIN Brindisi)

Come è possibile osservare, i sondaggi realizzati sono ubicati prevalentemente nelle aree di maggiore interesse del SIN Brindisi, ovvero nell'area prossima all'abitato della città, in cui si sviluppa tutta la zona industriale, nell'area del Petrolchimico, ed infine nella zona in cui sorge la Centrale Enel "Federico II", in località Cerano a Sud di Brindisi.

Di tutti i sondaggi disponibili, sono stati considerati solo i più significativi ossia quelli che raggiungono maggiori profondità, in modo da poter ricostruire in maniera più dettagliata la stratigrafia del Sito (Tavola 3).

Le sezioni geologiche di dettaglio sono state ricavate dalle informazioni desunte dai carotaggi profondi (spinti fino alla profondità di 15 -20 metri) dal p.c, tralasciando quelle

derivanti dai sondaggi superficiali, poco significative per la ricostruzione della successione litostratigrafica dell'area.

Nelle sezioni geologiche A-A' (ubicata nell'Area Industriale), B-B' e C-C' (ubicata nel Polo Petrochimico), i sondaggi geognostici non raggiungono il tetto delle Argille subappennine, che, da fonti bibliografiche, si attesta, nell'area costiera attorno a Brindisi, ad una profondità di circa - 20 metri s.l.m., arrivando anche ai - 30 metri s.l.m., sempre al di sotto dei Depositi Marini terrazzati pleistocenici.

Nella sezione geologica D-D'-D'' (realizzata in località Cerano), invece, il tetto della coltre argillosa si rinviene quasi sempre al di sopra del livello del mare (10 - 15 metri s.l.m.)

Al di sopra dei depositi argillosi è presente una facies di transizione, costituita da sabbie fini limose e limi argillosi di colore grigio-azzurri (Pleistocene inferiore-medio?); in particolare, sempre da dati di letteratura, le frazioni argillose e sabbiose oscillano intorno a valori medi dell'ordine del 35 - 38 % (Cherubini, Walsh., 1987).

Il loro spessore non è proprio costante e risulta molto difficile individuarne la reale potenza, in quanto si tratta di una litofacies compresa tra due eventi sedimentari differenti. Generalmente gli spessori oscillano da un paio di metri sino a circa una decina di metri.

Il livello suddetto, dunque, rappresenta il termine di passaggio dalle argille sottostanti ai Depositi Marini Terrazzati soprastanti, costituiti da calcareniti a "panchina" e/o depositi sabbiosi, limoso-argillosi.

Questa formazione è costituita, quindi, da un'irregolare alternanza di sabbia e strati litoidi di natura carbonatica, che rappresentano depositi di mare poco profondo sublitorale, sedimentatosi in età post-calabrianiana.

La facies sabbiosa è costituita, in maniera predominante, da granelli di quarzo, feldspati e materiale detritico bioclastico di natura carbonatica, con presenza di sottili lamine di miche (Cherubini C., et al., 1987).

La granulometria di questo livello è variabile da punto a punto, infatti, in alcune zone si rinvengono livelli costituiti da materiale sabbioso granulare, in altre zone da sabbie fini limose moderatamente plastiche.

I livelli più tenaci sono costituiti per lo più da materiale calcareo organogeno in strati con spessore variabile da qualche centimetro a 12-15 centimetri.

Si tratta di sedimenti carbonatici a tessitura grano-sostenuta costituiti da intraclasti e bioclasti trasportati e depositatisi meccanicamente e litificati con cemento carbonatico (Walsh N., et al., 1987).

Le litofacies che costituiscono l'unità detta "panchina" (sabbie e calcari organogeni), si susseguono con fitte alternanze di sabbia e di materiale litoide in banchi di sabbia in modo molto irregolare, quindi questo impedisce di seguire con continuità un determinato livello sabbioso o lapideo, anche all'interno di una ristretta area.

Questo dipende, molto probabilmente, dalle variazioni locali dell'andamento della superficie topografica e dalle diverse condizioni diagenetiche in cui il sedimento si è formato.

Mediamente, lo spessore del livello a "panchina" è di circa 5-6 metri, a cui segue uno spessore medio di circa 10 metri di depositi sabbiosi e sabbiosi-limosi infra-pleistocenici.

Questi ultimi appartengono al ciclo sedimentario post-calabriano, avvenuto dopo quello plio-pleistocenico e prima della trasgressione marina tirreniana (*Tinelli R., et al., 2006*).

La potenza di questo livello varia da un minimo di 6-7 metri nell'Area Industriale e nell'area del Polo Petrochimico, fino ad un massimo di 10-15 metri nella zona della centrale di Cerano, a Sud di Brindisi.

L'ultimo livello della successione stratigrafica, che cronologicamente costituisce la formazione più recente, è rappresentato dai Depositi Continentali e materiale di riporto; ossia, si tratta di terreno vegetale costituito da sabbie limose il cui spessore è compreso tra 0.5 e 3-4 metri.

All'interno di questo livello è possibile riscontrare una sedimentazione alluvionale recente rappresentata da sabbie con piccola percentuale di limi, la cui origine è probabilmente legata a fenomeni di erosione e trasporto superficiale in regime di elevata energia.

Sempre nel primo livello sono riconoscibili litofacies eluviali caratterizzate da sabbie e sabbie argillose con spessori massimi di circa 4 metri, limi argillosi e limi sabbiosi con spessore variabile intorno ai 3 – 3.5 metri (*Polemio M., et al., 1996*).

Infine, nelle aree paludose, come ad esempio lungo la fascia costiera che si estende da Torre S. Gennaro sino a Punta della Contessa, o anche nelle lame presenti sul tutto il territorio, come il Canale di "Scarico" e Canale Fiume Piccolo, è possibile ritrovare sacche di depositi torbosi costituiti da materiale organico all'interno di depositi sabbiosi e limosi, con una diminuzione della componente organica verso il basso.

4.2.2 Idrogeologia

I caratteri geologico-strutturali e litostratigrafici sopra descritti consentono alla zona di ospitare due ben distinti domini idrogeologici tra loro separati da un orizzonte impermeabile. Di estrema importanza, infatti, è il ruolo idrogeologico che esplica nell'area la formazione argillosa del Pleistocene inferiore che, praticamente impermeabile, costituisce l'elemento di separazione tra i "Depositi Marini Terrazzati" calcarenitico – sabbiosi in cui ha sede una falda idrica, localmente indicata come falda "superficiale", e l'ammasso carbonatico sede di una falda definita "profonda" (Figura 4.9).

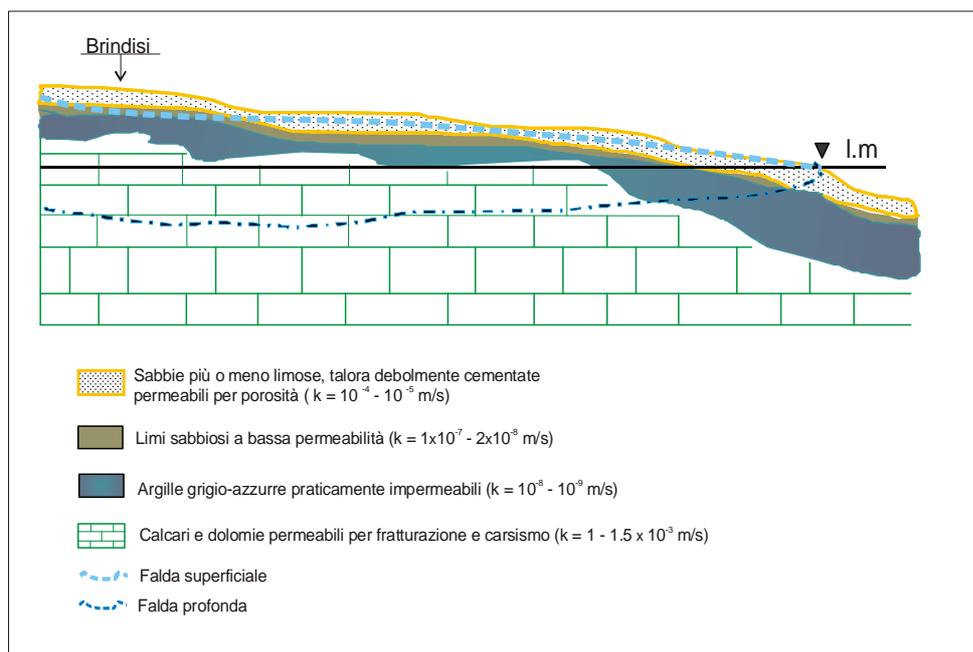


Figura 4.9 – Schema idrogeologico della falda superficiale e profonda

Questa coltre a bassissima permeabilità digrada dolcemente verso il mare passando da 150 metri s.l.m. nelle zone più interne a -20 metri s.l.m. in prossimità di Brindisi e si estende, senza soluzioni di continuità al di sotto dei terreni permeabili impedendo così alle acque della falda superficiale di raggiungere l'ambiente carbonatico.

Inoltre, lo strato argilloso, funge da barriera al libero deflusso della falda profonda che è costretta a defluire, verso il mare, in pressione trovando la sua emergenza a notevole distanza dalla costa, come viene testimoniato dalla presenza di numerose polle sottomarine al largo della città di Brindisi (SpizzicoM., et al., 2006).

4.2.2.1 Falda idrica profonda

Nell'area oggetto di studio, come detto in precedenza, sono individuabili due corpi idrici sotterranei sovrapposti ed idraulicamente separati: il primo superficiale, contenuto nei Depositi Marini Terrazzati pleistocenici permeabili per porosità e sostenuto dalle argille plio-pleistoceniche; il secondo, più profondo, che si attesta nei Calcari e Dolomie permeabili per fatturazione e carsismo.

La seconda falda, sottostante l'acquifero superficiale e nota come "profonda", è ospitata all'interno dei calcari mesozoici costituiti da una potente successione di calcari e dolomie fessurate e carsificate, nonché dalle "calcareniti e sabbie", poste in continuità sulle rocce cretatiche (Zorzi e Reina, 1957; Radina, 1968; Grassi e Tadolini, 1985; Cherubini et al., 1987).

La falda "profonda" è sostenuta per galleggiamento alla base, secondo il principio di Ghyben-Herzberg, dall'acqua marina di invasione continentale (Cotecchia, 1977).

A differenza della falda "superficiale", che come detto presenta carattere locale, la falda ospitata nei calcari mesozoici si estende al di sotto di tutta la Piattaforma Apula.

L'acquifero che si descrive, trovandosi al di sotto dello strato di Argille subappennine, è in pressione, quindi di tipo artesiano.

Come evidenziato da Ricchetti e Polemio (1996), le acque dell'acquifero ospitato nei calcari e dolomie traggono la loro alimentazione sia dalle precipitazioni incidenti a monte della zona in esame, dove la formazione carbonatica è affiorante, che da deflussi sotterranei provenienti dalla contigua Murgia, nonché dalle perdite dell'acquifero superficiale. I carichi piezometrici anche a svariati chilometri dalla costa sono molto modesti.

I calcari possiedono un grado di permeabilità variabile sia in senso orizzontale che verticale in funzione dello stato di fratturazione e carsificazione, permeabilità che risulta medio-alta con coefficiente K che si aggira intorno ad un valore medio $1-1,5 \times 10^{-3}$ m/sec.

Sulla base delle caratteristiche litologiche e strutturali delle rocce calcareo-dolomitiche si può affermare che l'idrostruttura è formata da livelli propriamente acquiferi e livelli idrologicamente classificabili come "acquitardi".

4.2.2.2 Falda idrica superficiale

La falda superficiale viene alimentata direttamente dagli eventi pluviali, ha ciclo stagionale e soprattutto valenza economica locale; in funzione della morfologia che la ospita e del tetto dello strato argilloso è soggetta a variazioni sensibili dei carichi idraulici

pur mantenendo modeste le portate e ben definite le direttrici di deflusso preferenziale (Spizzico M., et al. 2005a).

Molto limitata e praticamente nulla è l'apporto diretto della falda a mare che risente pochissimo degli effetti dell'intrusione marina e che, in condizioni di massima ricarica, drena le sue acque nelle incisioni, fossati e canali presenti sul territorio.

I depositi sabbiosi in cui si attesta la falda superficiale affiorano per quasi tutta l'area del SIN di Brindisi, occupando una vasta area di circa 700 kmq che si estende dall'entroterra, nei pressi dei comuni di Mesagne, Latiano e Oria, fino a Sud, nei pressi del Comune di San Donaci.

I terreni sabbiosi permeabili poggiano su un letto argilloso impermeabile che rappresenta l'orizzonte di separazione tra la falda superficiale e quella profonda che, come detto, si attesta nei calcari mesozoici (Mancarella D. & Simeone V., 2008).

Sulla base di informazioni tratte soprattutto dalla letteratura, da dati stratigrafici e da alcune prove di portata e di assorbimento ottenute da alcuni lavori eseguiti da privati nell'area del SIN, sono state ricostruite le caratteristiche principali dell'acquifero superficiale (Figura 4.10).

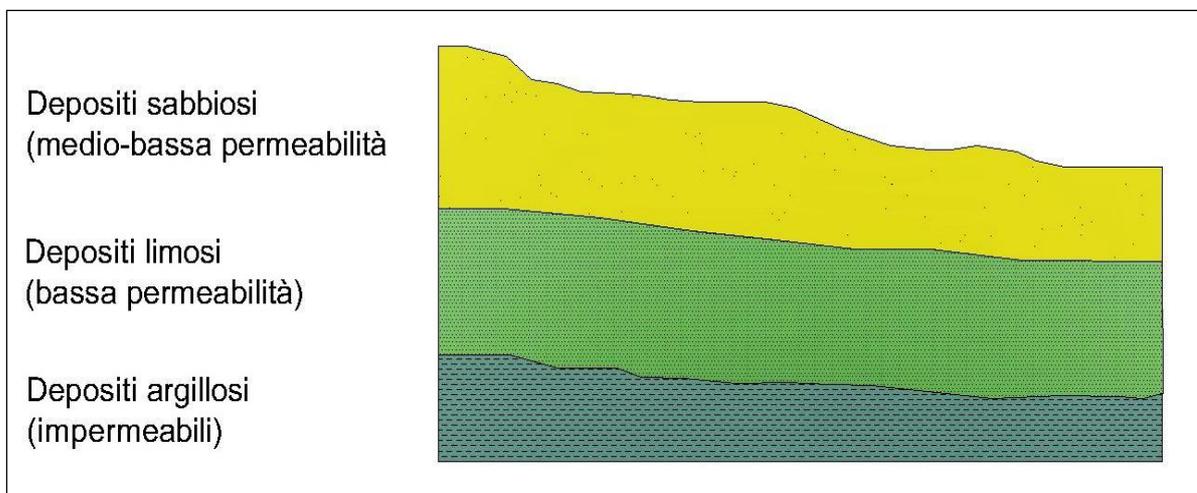


Figura 4.10 – Schema della sezione idrogeologica “tipo” della falda superficiale

Innanzitutto, da un punto di vista idrogeologico, la falda freatica è costituita da tre litotipi con differenti valori di permeabilità.

Le argille grigio – azzurre, note in letteratura come Argille subappennine, presentano un coefficiente di permeabilità (K) che si aggira intorno a $10^{-8} - 10^{-9}$ m/sec, risultando praticamente impermeabili; talvolta questi depositi argillosi possono presentare una permeabilità secondaria legata alla presenza di fratture che possono incrementarne la permeabilità.

Al di sopra delle argille impermeabili, si rinviene un livello limoso – sabbioso il cui spessore varia mediamente in tutta l'area del SIN di Brindisi tra 8 e 14 m (dati stratigrafici ottenuti da lavori eseguiti da enti privati), e che rappresentano il livello di passaggio ai sovrastanti Depositi Marini Terrazzati.

Tali orizzonti limosi presentano valori di permeabilità media, ricavati da dati di letteratura, compresi tra $1 \cdot 10^{-7}$ e $2 \cdot 10^{-6}$ m/s, quindi a bassa permeabilità. Questi valori sono riferiti ai livelli più alti dell'orizzonte limoso, costituito in maggior percentuale da materiale limoso-sabbioso.

Sopra i limi sabbiosi si rinvengono i Depositi Marini terrazzati in cui ha sede l'acquifero vero e proprio (*Sciannamblo D., et al., 2004*).

Si tratta di depositi costituiti da materiale con differente grado di permeabilità, dovuto anche alla presenza di numerosi livelli a “panchina”, caratterizzati da materiali calcarei lapidei, che generalmente, secondo numerosi autori, si attestano al disopra dell'orizzonte limoso.

Generalmente, la variabilità litologica della falda freatica è testimoniata dai diversi valori di permeabilità compresi tra 10^{-4} e 10^{-6} m/s, in funzione della percentuale di limo e di argilla presente (*Sciannamblo D., et al., 2004*).

In base a questi valori del coefficiente di permeabilità, pertanto, possiamo definire i Depositi Marini Terrazzati in cui si attesta l'acquifero, come terreni a medio – basso grado di permeabilità.

Per la bassa permeabilità dei terreni costituenti l'acquifero superficiale, la mobilità della falda è molto limitata, inoltre, la bassa permeabilità dinamica (18% - 28%) determina durante gli eventi piovosi, intensi ma di breve durata, ampie zone di allagamento (*Lopez N., et al. 2006*).

Si tratta di una falda di discreta estensione areale (si rinviene praticamente su gran parte della Piana di Brindisi) ma di spessore piuttosto modesto, generalmente non superiore a 15- 20 metri.

La falda superficiale viene alimentata dalle acque pluviali che incidono direttamente sulle aree di affioramento dei depositi quaternari. Le quote del livello piezometrico sono quindi soggette a significative escursioni stagionali, che rappresentano la risposta della falda ai meccanismi ciclici di accumulo (che avvengono durante la stagione piovosa) e di rilascio (durante la stagione secca) dei volumi idrici immagazzinati.

L'andamento generale della superficie piezometrica della falda risulta invece influenzato principalmente dalle variazioni di permeabilità dell'acquifero sabbioso-

calcarenitico, dalle condizioni di assetto topografico del terreno e dalla morfologia del tetto della formazione impermeabile di base.

L'andamento generale delle pendenze della superficie piezometrica individua un deflusso generalizzato delle acque di falda verso NE e NNE, ossia dall'entroterra in direzione della costa adriatica (Figura 4.11). Le massime quote piezometriche si rinvencono nelle zone dell'entroterra, mentre in prossimità della costa il tetto della falda freatica risulta attestato su quote prossime al livello marino. Tuttavia, la discarica diretta a mare della falda superficiale è assai limitata, poiché, in condizioni di massima ricarica, il drenaggio della stessa viene espletato principalmente dalle incisioni e dai canali presenti sul territorio.



Figura 4.11 - Distribuzione dei carichi piezometrici della falda superficiale

Rilievi freatimetrici del febbraio 2013

Al fine di verificare e definire con maggiore dettaglio l'andamento della superficie piezometrica della falda superficiale nella zona interessata dagli interventi di progetto (sottostazione di trasformazione e cavidotto di collegamento alla rete elettrica nazionale),

nel mese di febbraio 2013 è stata condotta una ricognizione dei pozzi superficiali esistenti nell'area e, in quelli risultati accessibili, sono state effettuate delle misure freaticometriche.

In Tabella 4.1, sono riportati i risultati delle misure effettuate su n. 10 pozzi superficiali rinvenuti nei dintorni dell'area interessata dal tracciato del cavidotto di progetto. L'ubicazione dei pozzi e l'andamento delle curve isopiezometriche ricostruite sulla base dei citati rilievi freaticometrici sono invece riportati nella Carta delle Isopieze della falda superficiale (Figura 4.12).

Pozzo	Coordinate Geografiche dei pozzi (Sistema UTM-WGS84)	Quota del p.c. (m s.l.m.)	Prof. del l.s. dal p.c. (m)	Quota del l.s. (m s.l.m.)
P01	748939.0911 N 4492631.2966 E	47.70	2.05	45.65
P02	748974.5499 N 4492522.4294 E	48.40	2.50	45.90
P03	749626.6825 N 4493820.461 E	44.10	4.90	39.20
P04	750799.2412 N 4492819.819 E	38.00	3.00	35.00
P05	750110.6541 N 4494698.794 E	39.67	3.00	36.67
P06	753486.8041 N 4493731.9172 E	31.29	0.68	30.61
P07	754990.0401 N 4494103.3349 E	23.22	1.82	21.40
P08	754975.7773 N 4494441.6226 E	23.70	5.20	18.50
P09	755194.2668 N 4494872.4503 E	21.00	3.00	18.00
P10	755502.7802 N 4494784.5213 E	18.00	0.70	17.30

Tabella 4.1 - Misure freaticometriche effettuate su n. 10 pozzi superficiali rinvenuti nei dintorni dell'area interessata dal tracciato del cavidotto di progetto

Come si può osservare nella Carta delle Isopieze della falda superficiale le quote della superficie piezometrica della falda superficiale passano gradualmente dai +58 metri s.l.m. dell'entroterra di Tuturano ai valori di circa +3 metri s.l.m. delle zone situate a ridosso della fascia costiera.

La superficie piezometrica della falda superficiale presenta quindi un'escursione complessiva di quota pari a 55 metri su una distanza di circa 13 Km, con un'inclinazione media del 4,2%.

Nelle zone dell'entroterra, le cadenti piezometriche della falda superficiale oscillano tra il 3 ed il 5%, mentre nella fascia costiera si riscontrano valori molto più elevati, dell'ordine di circa il 10%. Siffatto aumento di inclinazione della piezometrica indica una marcata diminuzione, nella zona costiera, della permeabilità dell'acquifero. Tale

circostanza è verosimilmente legata al fatto che, a ridosso della costa di Cerano, la piezometrica interseca i livelli basali della formazione dei Depositi Marini Terrazzati, localmente costituiti da terreni sabbioso-argillosi poco permeabili.

I risultati dei rilievi freaticometrici, eseguiti nel mese di febbraio 2013, evidenziano l'effetto di ricarica della falda indotto dalle abbondanti precipitazioni piovose che hanno avuto luogo in quel periodo. Infatti, le misure di campagna effettuate nei pozzi accessibili hanno rilevato delle quote piezometriche decisamente superiori a quelle medie, confermando che la falda superficiale risulta localmente soggetta a forti escursioni piezometriche in risposta a precipitazioni intense o prolungate.

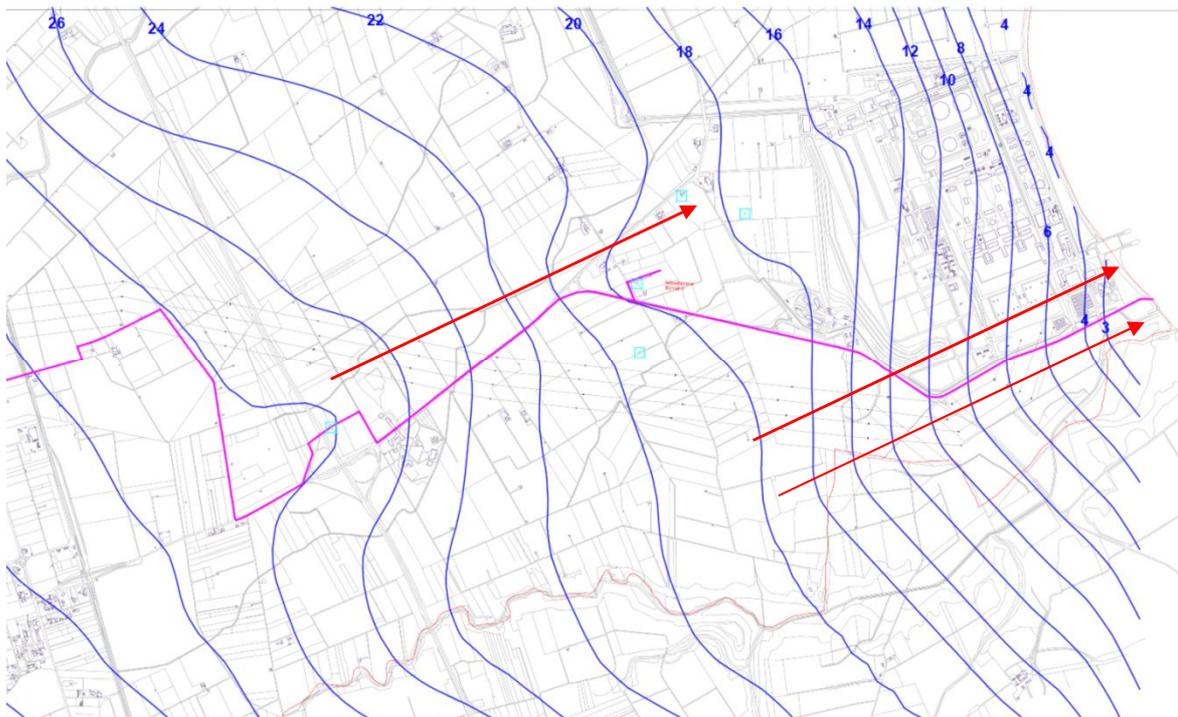


Figura 4.12 - Carte delle isopiezie della falda superficiale (in fucsia tracciato del cavidotto, in rosso le principali linee di deflusso della falda superficiale)

4.3 Inquadramento climatico e ambientale

4.3.1 Clima anemometrico

Lo studio anemometrico dell'area in esame è stato condotto attraverso l'analisi della serie storica della stazione anemometrica di Brindisi, da cui è stato possibile ricavare il campo di vento in prossimità del litorale di Cerano. Si è proceduto nell'analisi della serie storica dei dati registrati dalla stazione di Brindisi dal 1951 fino al 31 dicembre 2005. La Tabella 4.2 riporta i dati salienti della stazione esaminata.

identificativo stazione	località	periodo di osservazione	% dati validi	Lat. Nord	Long. Est	quota [m s.m.l.]
320	Brindisi	1951 - 2005	99.73	40°38'	17°56'	10

Tabella 4.2 - Caratteristiche della stazione anemometrica analizzata

Attraverso l'analisi dei dati triorari della serie storica della stazione di Brindisi sono state individuate le direzioni di provenienza dei venti regnanti (venti con più alte frequenze di apparizione), dei venti dominanti (venti di elevata intensità) e le durate dei periodi di calma che si verificano durante l'anno.

La classificazione dei dati secondo la direzione di provenienza è stata effettuata suddividendo la rosa dei venti in settori di 30°, mentre per l'intensità dei venti si è fatto riferimento alla scala Beaufort. Per ogni settore di 30° prescelto e per ogni classe di intensità si è provveduto a valutare la frequenza di apparizione. I risultati ottenuti sono stati rappresentati in forma grafica attraverso diagrammi polari, ed in forma tabellare.

Dall'elaborazione statistica della serie completa delle registrazioni risulta che mediamente in un anno la classe delle calme è piuttosto frequente, esse costituiscono, infatti, il 17.93% dell'intera popolazione.

Dalla distribuzione delle frequenze di apparizione dei venti per direzione di provenienza risulta che il maggior numero di osservazioni spetta ai venti da NNO, la cui percentuale di presenze rispetto all'intera popolazione è del 16.20%. Seguono i venti da ONO e da Sud con una frequenza rispettivamente del 10.99% e del 10.23%. I venti da Nord fanno registrare una percentuale pari al 7.55%, mentre a SSE compete un frequenza pari al 7.01% di tutte le osservazioni.

I venti provenienti dal primo e secondo quadrante hanno un'incidenza piuttosto esigua; il vento da NNE si attesta intorno al 6.24%, mentre i venti da ENE, Est ed ESE fanno registrare il minor numero di casi con percentuali intorno al 3% (Tabella 4.3, Figura 4.13).

dir (°N)	VELOCITA' (nodi)						TOT
	1<U≤4	4<U≤7	7<U≤11	11<U≤17	17<U≤22	U>22	
0	0.74	1.61	1.88	1.96	0.87	0.49	7.55
30	1.01	1.84	1.42	1.15	0.55	0.27	6.24
60	0.64	1.19	0.74	0.43	0.15	0.07	3.22
90	0.45	1.05	0.77	0.31	0.09	0.04	2.71
120	0.42	1.01	1.01	0.66	0.24	0.08	3.42
150	0.79	1.92	1.76	1.62	0.65	0.27	7.01
180	1.16	2.68	2.67	2.46	0.95	0.31	10.23
210	0.98	1.99	1.62	1.15	0.30	0.09	6.13
240	1.00	1.46	0.79	0.38	0.11	0.04	3.78
270	1.02	1.66	1.01	0.63	0.20	0.08	4.60
300	1.10	2.62	3.20	3.02	0.83	0.22	10.99
330	1.25	3.02	4.31	4.84	2.07	0.71	16.20
TOT	10.56	22.05	21.18	18.61	7.01	2.67	82.07

Tabella 4.3 - Frequenze di apparizione annuali

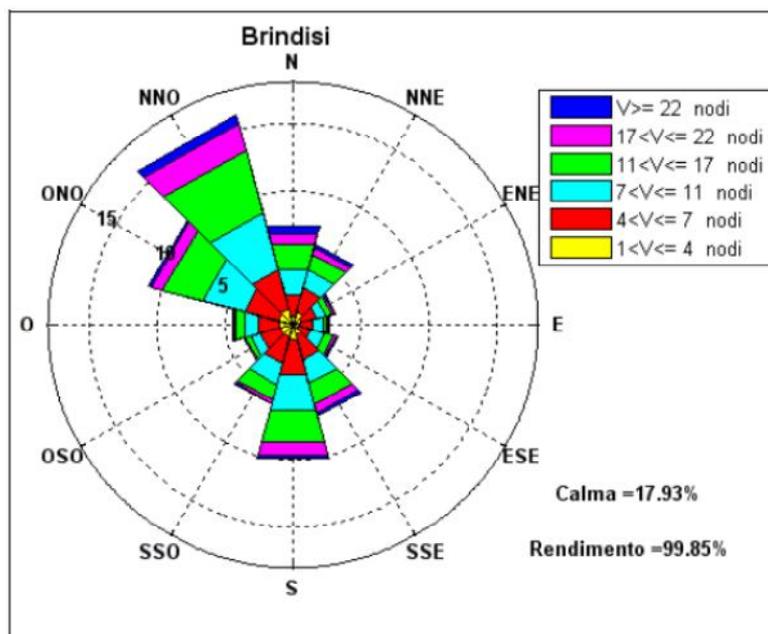


Figura 4.13 - Frequenze di apparizione annuali

Se si classificano i dati secondo l'intensità si osserva che i venti con velocità minore di 7 nodi (calma, I e II classe Beaufort) rappresentano il 50.53% della popolazione, pertanto, si giunge alla soglia della III classe con una percentuale disponibile del 49.47%. I venti di III e IV classe costituiscono da soli il 39.79% della popolazione, mentre i venti con velocità maggiore di 17 nodi costituiscono il restante 9.68% del totale. Se si passa a considerare solo i venti con velocità superiore a 17 nodi si osserva che le frequenze maggiori spettano ai venti da NNO. Anche i venti spiranti da Nord, da Sud e da ONO

presentano un'alta intensità, mentre i venti spiranti dalle altre direzioni sono caratterizzati da velocità piuttosto basse.

4.3.2 Analisi del moto ondoso sottocosta

Nel presente paragrafo si riportano i piani d'onda che riproducono l'andamento dei raggi d'onda dal largo fino al litorale in prossimità della centrale ENEL di Cerano; questo ai fini della determinazione del trasporto solido longitudinale.

Il metodo per la valutazione del trasporto solido basato sul flusso dell'energia assume che la portata longshore dipenda dalla componente di flusso di energia parallelo alla linea di riva e valutato nella *surf zone*.

Attraverso l'applicazione di un modello matematico, emerge che attraverso il calcolo dell'entità e del verso del fattore del flusso di energia longshore è possibile ottenere una stima qualitativa del trasporto solido longshore. In base a tale evidenza sono stati calcolati i valori del fattore del flusso di energia longshore in alcuni punti distribuiti uniformemente lungo il litorale in esame.

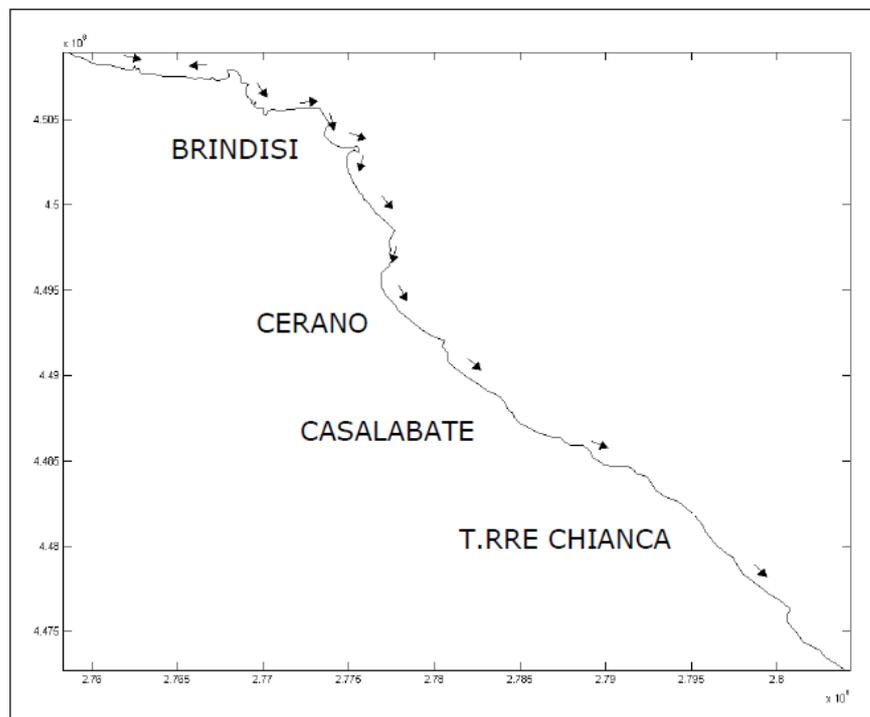


Figura 4.14 - Corrente longitudinale – mareggiata equivalente del paraggio (9°N)

La risultante delle correnti longitudinali associate alle singole mareggiate è rappresentata dalla Figura 4.14 relativa all'onda energeticamente equivalente dell'intero paraggio, in cui è evidenziato che il litorale esaminato è caratterizzato da un trasporto solido longshore prevalente orientato da NO verso SE; va comunque sottolineato che esiste un'alta percentuale di apparizione di eventi ondosi che determinano trasporto longitudinale con verso opposto.

È stata altresì effettuata l'analisi delle condizioni medie di corrente al largo ed a specifiche profondità, nell'area di mare situata di fronte alla centrale ENEL di Cerano (BR).

Le elaborazioni eseguite sono state condotte utilizzando come forzanti la marea ed il vento, in condizioni barotropiche e nelle condizioni meteo-climatiche del paraggio più frequenti, con lo scopo di individuare quali siano i valori delle correnti indotte dalle suddette forzanti.

Si riporta di seguito la mappa bidimensionale della corrente ottenuta dalle simulazioni alla profondità di 4.5 m rispetto al pelo libero del mare.

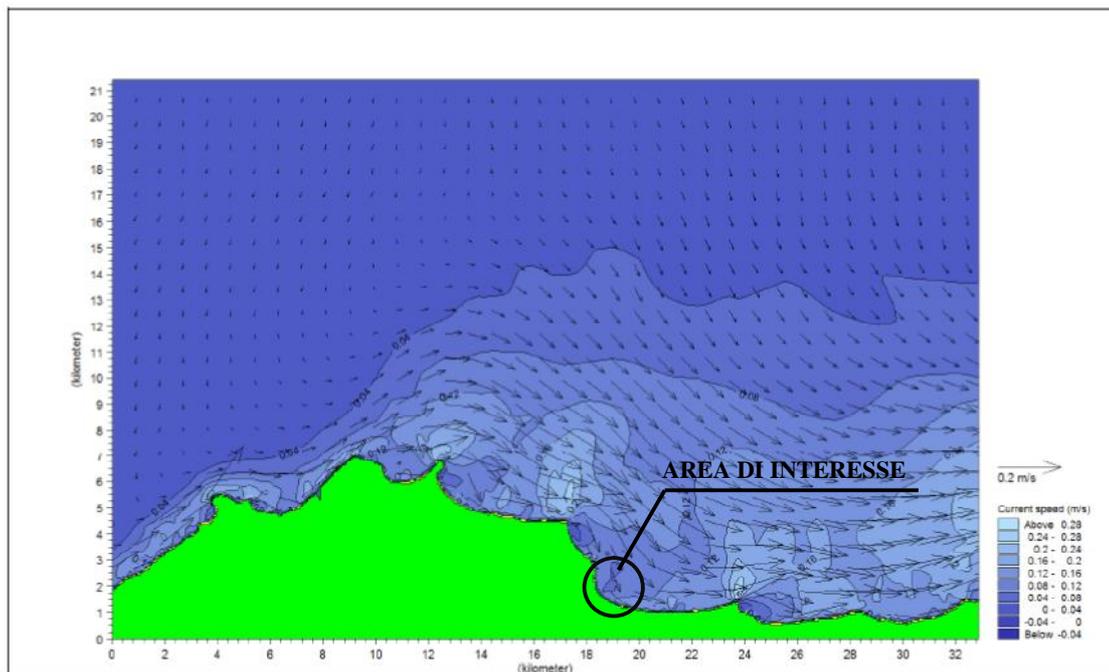


Figura 4.15 - Elaborazione vento da NNO (7.21 m/s). Mappa delle correnti mediate sulla profondità

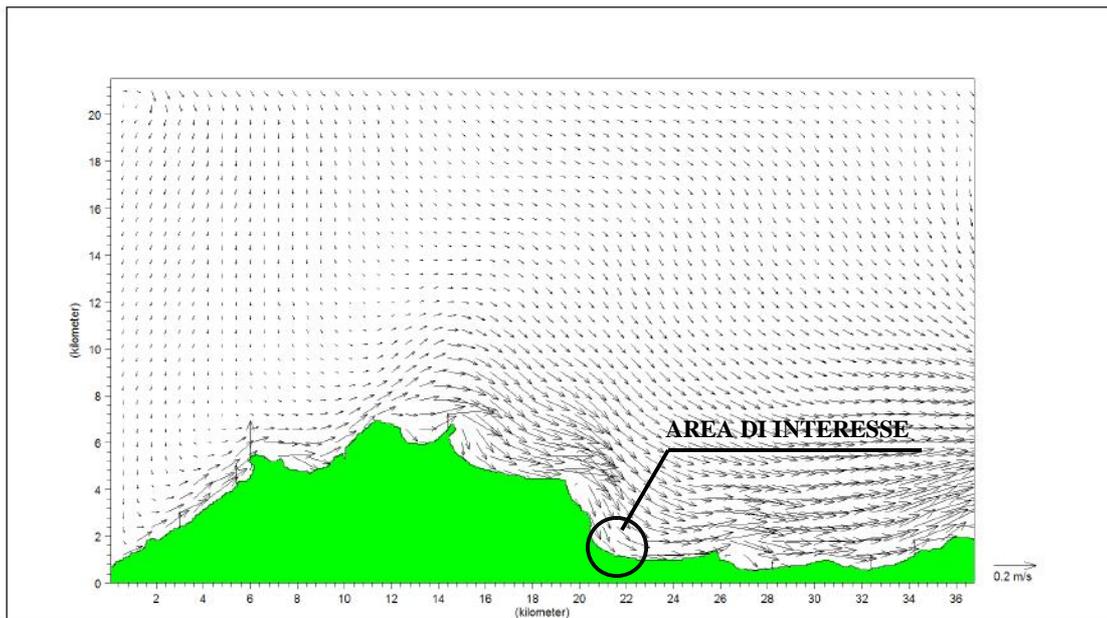


Figura 4.16 - Elaborazione vento da NNO (7.21 m/s). Mappa delle correnti a 4.5 m di profondità al termine della simulazione (3 gg)

Nella Figura 4.15 è stata simulata la condizione meteo climatica corrispondente ad un vento dominante/regnante proveniente da NNO e con intensità di 7.21 m/s (par. 4.3.1); in queste condizioni le correnti più intense si generano in prossimità della costa (Figura 4.16), mentre al largo risultano essere piuttosto deboli, con valori in questo caso uguali o superiori a 0.01 m/s e con direzione prevalente di propagazione verso Sud. Inoltre, si assiste ad una riduzione dell'intensità delle correnti all'aumentare della profondità, seppure tale diminuzione sia di modesto valore.

4.4 Analisi dei risultati desunti dai piani di caratterizzazione delle aree prossime a quelle di interesse

Nel presente paragrafo verranno brevemente illustrati i dati relativi alle indagini, di diversa natura, condotte presso i siti di interesse limitrofi alle aree oggetto del presente Piano di Caratterizzazione.

4.4.1 Aree adiacenti l'asse attrezzato e la Centrale Enel Cerano – piano di caratterizzazione delle aree pubbliche della zona agricola del SIN

L'area di interesse è stata oggetto di attività di caratterizzazione ambientale; nello specifico, nel 2003 è stato redatto, a cura dall'Università di Lecce e dall'ARPA Puglia, il

“Piano della Caratterizzazione Ambientale per le aree pubbliche della Zona Agricola del Sito di Interesse Nazionale di Brindisi” approvato con prescrizioni in sede di Conferenza dei Servizi Decisoria il 17/12/03, tenutasi presso il Ministero dell’Ambiente e Tutela del Territorio.

Detto piano nel perimetro di tale settore individuava, sulla base dell’analisi delle attività attuali e pregresse svolte nel sito, delle attività svolte nell’area circostante e dei modelli di migrazione degli eventuali contaminanti attraverso le vie atmosferiche superficiali e di falda, tre aree omogenee per i livelli di contaminazione presunta (Figura 4.17).

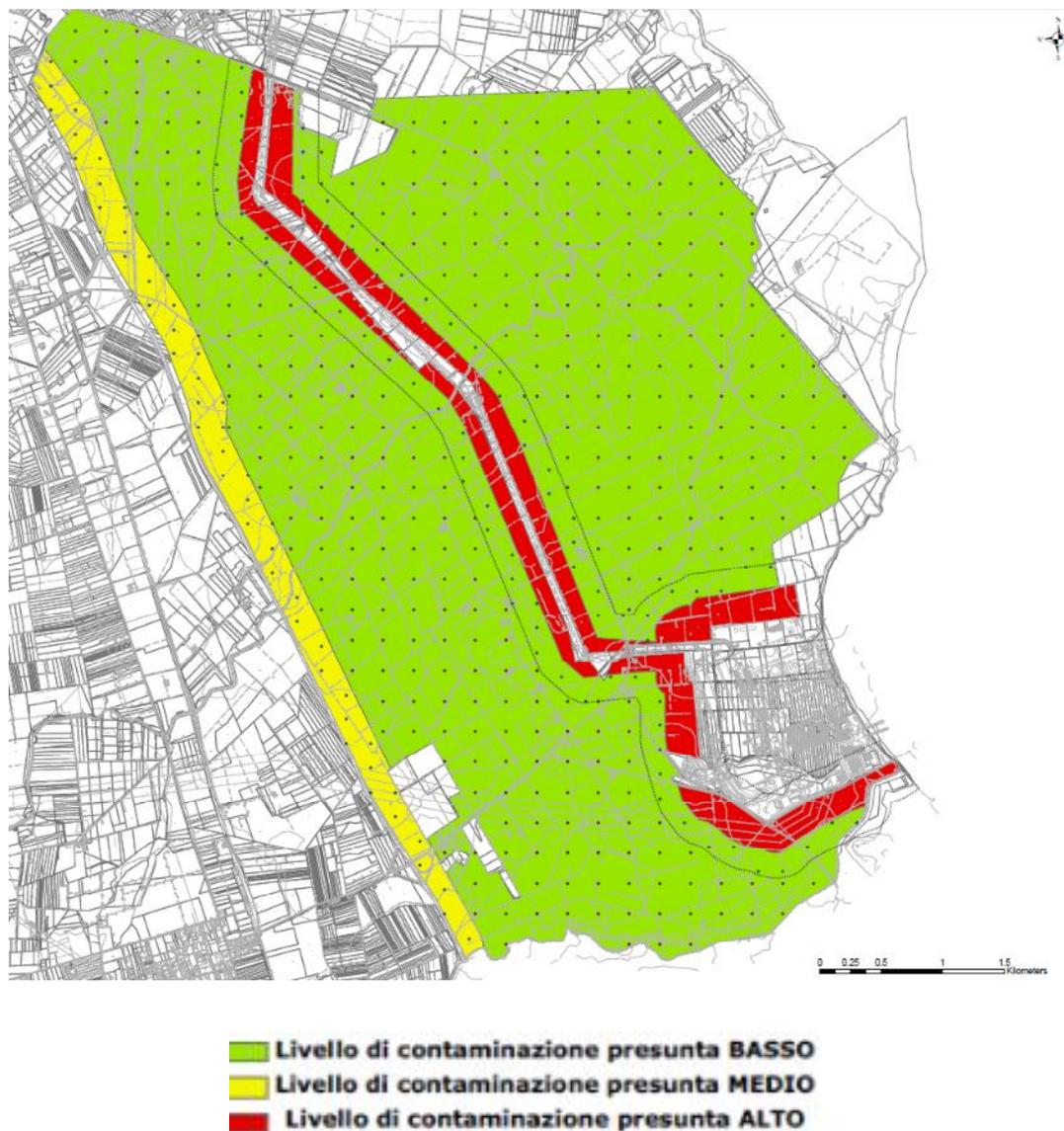


Figura 4.17 – Livello della contaminazione presunta aree agricole SIN Brindisi

Tali aree omogenee, contraddistinte, su base comparativa, come aree ad “alto, medio e basso rischio di contaminazione” corrispondono rispettivamente ad una fascia di 500 m circostante la centrale ENEL di Cerano e l’asse attrezzato, a servizio della stessa per la movimentazione delle sostanze combustibili, una fascia di 500 m circostante lateralmente la SS 613, e ad una fascia interna su cui insistono attività agricole o ad essa assimilabili.

Ad oggi è stata già attuata la caratterizzazione, relativamente all’area indicata ad “alto livello di contaminazione” presunta (prima fase) i cui risultati sono riportati nel documento “Rapporto delle attività di caratterizzazione ambientale delle aree pubbliche della zona agricola del Sito di Interesse Nazionale di Brindisi – Aree ad alto rischio di contaminazione potenziale”.

I risultati della caratterizzazione di tale area sono stati presentati al Commissario Delegato per l’Emergenza Ambientale in Puglia e approvati, con prescrizioni, in sede di Conferenza dei Servizi nel Marzo 2007 presso il Ministero dell’Ambiente e Tutela del Territorio.

Le indagini, realizzate tra ottobre 2005 e gennaio 2006, hanno interessato una fascia di terreno larga circa 100 m, estesa su entrambi i lati dell’asse attrezzato a servizio della centrale termoelettrica ENEL di Cerano (centrale Brindisi Sud), ed i terreni limitrofi alla stessa Centrale per una estensione di circa 300 m sulla quale sono stati ubicati punti di indagine secondo una maglia di lato 100 x100 m.

Le attività di investigazione, previste dal Piano di Caratterizzazione Ambientale, successivamente integrate dalle prescrizioni richieste dal MATTM, in sede di Conferenza di Servizi Decisoria del 17/12/03, sono state condotte con lo scopo di indagare lo stato qualitativo delle matrici ambientali suolo/sottosuolo e acque sotterranee, con riferimento ai limiti prescritti nell’Allegato 1 del D.M. 471/99.

La caratterizzazione della matrice suolo e sottosuolo, avvenuta attraverso la realizzazione di n. 243 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 3,00 - 5,00 m, ha mostrato, sull’intera area indagata, una contaminazione diffusa da Metalli (prevalentemente Stagno, Berillio e Arsenico, in quantità minori Vanadio e Cobalto e sporadicamente Rame, Cadmio, Mercurio e Nichel) e da Pesticidi Clorurati (predominante nel top soil e nell’intervallo compreso tra 0 e 1 metro, sporadicamente nei restanti intervalli investigati) la cui presenza nei suoli appare chiaramente riconducibile alle attività agricole ivi praticate e, dunque, non a quelle industriali.

L'attività di caratterizzazione della matrice ambientale acque sotterranee, avvenuta attraverso l'analisi chimico/fisica di n.18 campioni di acqua prelevati dai 18 piezometri realizzati nell'ambito di questa campagna d'indagine ed attraverso l'analisi chimica di n.11 campioni di acqua prelevati da pozzi esistenti, ha mostrato sull'intera area indagata una contaminazione da Manganese (in corrispondenza sia dei piezometri realizzati lungo la fascia di terreni circostante l'asse attrezzato che in quelli eseguiti nell'area ubicata intorno alla centrale ENEL), da Nichel (per i piezometri posti nell'area attigua all'asse attrezzato, ubicata nelle vicinanze della centrale) e da Selenio (nei piezometri ubicati nella zona nord circostante l'asse attrezzato).

La contaminazione da Manganese e Selenio si rinviene anche in corrispondenza dei pozzi esistenti nonché superamenti per gli Idrocarburi totali per alcuni dei piezometri monitorati.

Anche ammettendo che il Manganese ed il Selenio siano presenti nelle acque di falda per motivi legati alla natura litologico-geologica delle formazioni interessate dalla circolazione idrica (in particolare il manganese è stato ritrovato in maniera diffusa anche nelle altre aree del SIN analizzate) o che siano stati immessi nell'ambiente in ragione delle sole pratiche agricole, la presenza di Idrocarburi è invece indubbiamente indice di una contaminazione originata dalla presenza del polo industriale.

A seguito dei risultati emersi in fase di caratterizzazione nonché a seguito di quanto prescritto dal MATTM in sede di Conferenza dei Servizi, Sviluppo Italia – Aree produttive, ha redatto nel dicembre del 2007 il documento “*Specifiche tecniche del Piano di caratterizzazione delle aree pubbliche della Zona Agricola del Sito nazionale di Brindisi (Il lotto) relativo alle aree definite a medio e basso rischio di contaminazione potenziale*”.

Il piano di caratterizzazione ha previsto, così come prescritto in sede di Conferenza dei Servizi del 17/12/03, che i punti di indagine fossero ubicati secondo una maglia di lato 200 x 200 metri nelle aree a livello medio di contaminazione presunto e nelle immediate adiacenze (fascia di 200 metri) dalle aree a livello alto di contaminazione presunto e una maglia di lato di lato 250 x 250 metri nelle aree a livello basso di contaminazione presunto (Figura 4.17).

Al fine di procedere con la caratterizzazione della matrice suolo/sottosuolo e acque sotterranee, attuata attraverso il prelievo di campioni di terreno a differenti profondità e campioni di acqua sotterranea prelevata dai piezometri di nuova realizzazione e da pozzi

esistenti, il piano prevedeva la ricerca dei seguenti analiti (alcuni dei quali prescritti in sede di Conferenza dei servizi del 17/12/03):

Matrice suolo

PARAMETRI CHIMICO-FISICI	IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI
Frazione < a 2 mm	BENZO (a) ANTRACENE
Carbonio organico totale (TOC)	BENZO (a) PIRENE
pH	BENZO (b) FLUORANTENE
Riceca solidi totali e solidi volati	BENZO (k) FLUORANTENE
Potenziale di ossidoriduzione	BENZO (j) FLUORANTENE
METALLI PESANTI:	FLUORANTENE
ANTIMONIO	BENZO (g,h,i) PERI LENE
ARSENICO	CRISENE
BERILLIO	DIBENZO (a, e) Pirene
CADMIO	DIBENZO (a, h) Antracene
COBALTO	INDENO (1,2,3-cd) PIRENE
CROMO ESAVALENTE	PIRENE
CROMO TOTALE	Sommatoria IPA
MERCURIO	FITOFARMACI
NICHEL	ALACLOR
PIOMBO	ALDRIN
RAME	ATRAZINA
SELENIO	α -ESACLOROESANO
STAGNO	β -ESACLOROESANO
TALLIO	γ -ESACLOROESANO (LINDANO)
VANADIO	CIS-CLORDANO
ZINCO	TRANS-CLORDANO
IDROCARBURI	DIELDRIN
IDROCARBURI C< 12	EDRIN
IDROCARBURI C> 12	4,4' - DDD
	4,4' - DDE
	4,4' - DDT

Top soil

PCDD	PCB
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	PCB
1,2,3,4,7,8-HxCDD	aroclor 1016
1,2,3,6,7,8-HxCDD	aroclor 1221
1,2,3,7,8,9-HxCDD	aroclor 1232
1,2,3,7,8-PeCDD	aroclor 1242
2,3,7,8-TCDD	aroclor 1248
OCDD	aroclor 1254
PCDD e PCDF (conversione T.E.)	aroclor 1260
PCDF	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	
1,2,3,4,7,8-HxCDF	
1,2,3,6,7,8-HxCDF	
1,2,3,7,8,9-HxCDF	
1,2,3,7,8-PeCDF	
2,3,4,6,7,8-HxCDF	
2,3,4,7,8-PeCDF	
2,3,7,8-TCDF	
OCDF	

Matrice acque di falda

PARAMETRI CHIMICO-FISICI	COMPOSTI IDROCARBURICI
pH	IDROCARBURI TOTALI
METALLI PESANTI:	ESPRESSI COME N-ESANO
ALLUMINIO	FITOFARMACI
ANTIMONIO	ALACLOR
ARGENTO	ALDRIN
ARSENICO	ATRAZINA
BERILLIO	α -ESACLOROESANO
CADMIO	β -ESACLOROESANO
COBALTO	γ -ESACLOROESANO (LINDANO)
CROMO TOTALE	CLORDANO
CROMO (VI)	DDD, DDT, DDE
FERRO	DIELDRIN
MERCURIO	EDRIN
NICHEL	SOMMATORIA FITOFARMACI
PIOMBO	
RAME	
SELENIO	
MANGANESE	
TALLIO	
ZINCO	

Ad oggi detto Piano di Caratterizzazione risulta in fase di completamento.

4.4.2 Stato di contaminazione delle acque di falda presso gli arenili

Nell'ambito delle attività afferenti il *“Piano di caratterizzazione ambientale dell'area marino costiera prospiciente il sito di bonifica di interesse nazionale di Brindisi”* redatto nel Dicembre del 2005 da ICRAM (oggi ISPRA), nel Gennaio 2009 ISPRA ha presentato il documento stralcio *“Risultati della caratterizzazione delle acque di falda lungo la fascia degli arenili per il sito di bonifica di interesse nazionale di Brindisi”*.

Le indagini realizzate (ottobre - novembre 2008) erano finalizzate alla caratterizzazione di una sottile fascia di proprietà demaniale interposta tra la linea di costa e il confine di aree private (Petrolchimico, Micorosa S.r.l, poligono militare, Centrale Enel Cerano) e pubbliche (Sito d'Importanza Comunitaria: “Stagni e Saline di Punta della Contessa) prospicienti il mare, ciascuna interessata da un apposito piano di caratterizzazione.

Per effettuare i rilievi sono stati realizzati n.28 piezometri, dotati di tratto fenestrato per una lunghezza generalmente pari a 5 metri, situato a profondità variabile tra 0 e -25 metri (Figura 4.18).

In particolare i campioni sono stati prelevati in regime dinamico, e successivamente analizzati per la misura dei parametri chimico fisici (temperatura, conducibilità elettrica, potenziale Redox, ossigeno disciolto, pH, torbidità) e della concentrazione degli analiti riportati in Tabella 4.4.



Figura 4.18 – Inquadramento dei Piezometri sugli arenili

METALLI	ALLUMINIO	ALIFATICI CLORURATI CANC.	CLOROMETANO	
	ANTIMONIO		CLOROFORMIO	
	ARGENTO		CLORURO DI VINILE	
	ARSENICO		1,2-DICLOROETANO	
	BERILLIO		1,1-DICLOROETILENE	
	CADMIO		TRICLOROETILENE	
	COBALTO		TETRACLOROETILENE	
	CROMO		ESACLOROBUTADIENE	
	CROMO ESAVALENTE		C.ALIFATICI CLORURATI CANC. TOT.	
	FERRO		ALIFATICI CLORURATI NON CANC.	1,1-DICLOROETANO
	MANGANESE			1,2-DICLOROETILENE
	MERCURIO			1,2-DICLOROPROPANO
	NICHEL			1,1,2-TRICLOROETANO
	PIOMBO			1,2,3-TRICLOROPROPANO
	SELENIO			1,1,2,2-TETRACLOROETANO
	STAGNO			CLOROBENZENI
	TALLIO		1,2-DICLOROBENZENE	
	VANADIO		1,4-DICLOROBENZENE	
	ZINCO		1,2,4-TRICLOROBENZENE	
RAME	1,2,4,5-TETRACLOROBENZENE			
NAFTALENE	PENTACLOROBENZENE			
ACENAFTILENE	ESACLOROBENZENE (HCB)			
IPA	ACENAFTENE	AMMINE AROM.	ANILINA	
	FLUORENE		DIFENILAMMINA	
	FENANTRENE		p-TOLUIDINA	
	ANTRACENE	FENOLI CLORURATI	2-CLOROFENOLO	
	FLUORANTENE		2,4-DICLOROFENOLO	
	PIRENE		2,4,5-TRICLOROFENOLO	
	BENZO (a) ANTRACENE		2,4,6-TRICLOROFENOLO	
	CRISENE		PENTAFLOROFENOLO	
	BENZO (b) FLUORANTENE	INQUINANTI INORGANICI	CIANURI LIBERI	
	BENZO (k) FLUORANTENE		FLUORURI	
	BENZO (j) FLUORANTENE		NITRITI	
	BENZO (e) PIRENE		SOLFATI	
	BENZO (a) PIRENE		BORO	
	INDENO (1,2,3-cd) PIRENE	ALTRE SOSTANZE	CLORURI	
	DIBENZO (a,h) ANTRACENE		SODIO	
	BENZO (g,h,i) PERILENE	C. ORGANICI AROMATICI	DIOSSINE E FURANI	
	DIBENZO (a,l) PIRENE		BENZENE	
	DIBENZO (a,e) PIRENE		ETILBENZENE	
	DIBENZO (a, i) PIRENE		STIRENE	
	DIBENZO (a,h) PIRENE		TOLUENE	
	IPA TOTALI		XILENI	
	BROMOFORMIO		o-XILENE	
	1,2-DIBROMOETANO		m-XILENE	
DIBROMOCLOROMETANO	p-XILENE			
BROMODICLOROMETANO	IDROCARBURI TOTALI			

Tabella 4.4 - Analiti ricercati da ISPRA per la caratterizzazione degli arenili

Seppur in misura differente, in tutti i 28 piezometri campionati sono stati evidenziati dei superamenti dei valori limite di riferimento per le acque di falda (Tabella 2, Parte IV, Titolo V del D.Lgs. 152/06).

Dalla caratterizzazione eseguita sulle acque di falda lungo la fascia degli arenili, è emersa la presenza di una contaminazione diffusa lungo l'intero settore indagato.

In particolare, le classi di analiti per le quali sono stati rilevati superamenti dei valori tabellari per le acque di falda sono:

- Metalli e metalloidi;
- Clorobenzeni;
- Composti organici aromatici;
- Alifatici clorurati cancerogeni;
- Alifatici clorurati non cancerogeni;
- Inquinanti inorganici;
- Diossine e furani;
- Idrocarburi totali (come n-esano).

In particolare, nei pressi dell'area di interesse (centrale ENEL "Feberico II"), così come per l'intera area investigata, sono stati evidenziati superamenti per Boro, Manganese e Ferro.

Alcun superamento è stato registrato per il Nichel e l'Arsenico, i cui superamenti sono stati registrati in parte nei piezometri nei pressi del polo petrolchimico e lungo la fascia degli arenili a Sud, dall'area "Micorosa" alla zona di Punta della Contessa, e Alluminio, rinvenuto esclusivamente lungo gli arenili della fascia di Punta della Contessa.

Nelle aree intorno ai poli industriali (petrolchimico e "Micorosa") sono stati registrati superamenti dei limiti del D.Lgs. 152/06 per i composti organici aromatici, clorobenzeni e alifatici clorurati non cancerogeni.

La classe degli alifatici clorurati cancerogeni mostra superamenti dei limiti lungo l'intera fascia degli arenili.

Un solo superamento relativo a Diossine/furani e idrocarburi totali è stato registrato nella parte settentrionale del polo petrolchimico.

In sintesi, sugli arenili prospicienti l'area ENEL Ceranoi superamenti dei limiti tabellari sono relativi alle classi dei Metalli (Boro, Manganese e Ferro), inquinanti inorganici e alifatici clorurati cancerogeni.

Gli "hot spot" sono relativi ai Solfati (10 volte) e Manganese (10 volte).

A scala generale, la presenza di Solfati e Boro, riscontrati ad alte concentrazioni nelle acque dell'intero litorale investigato, è probabilmente associabile al fenomeno dell'intrusione dell'acqua di mare, tipica delle aree costiere.

Anche il Manganese evidenzia diffusa presenza di elevate concentrazioni che, a causa della loro frequenza, potrebbero essere imputabili a valori di fondo naturale.

5 MODELLO CONCETTUALE PRELIMINARE

La normativa vigente (Decreto Ministeriale del 25 Ottobre 1999 n. 471- D.Lgs 152/06) prevede che: *“Per ogni sito sulla base delle attività pregresse, della caratterizzazione specifica e di ogni altra fonte di informazione l’autorità competente seleziona, tra le sostanze indicate nell’All.1. D.M. 471/99 e nell’All. 5 del D.Lgs. 152/06, quelle sostanze indicatrici che permettano di definire in maniera esaustiva l’estensione, il tipo di inquinamento ed il rischio posto per la salute pubblica e per l’ambiente”*.

Secondo quanto previsto dalla normativa vigente, il modello concettuale deve permettere di definire nel dettaglio le caratteristiche delle strutture presenti sul sito e definire in che misura queste possono avere eventualmente generato inquinamento nel suolo, sottosuolo, acque superficiali e sotterranee.

Il modello concettuale preliminare si basa sulle informazioni raccolte e focalizza le possibili fonti della contaminazione, le probabili sostanze inquinanti presenti nelle diverse componenti ambientali, le possibili vie di migrazione e gli eventuali bersagli della potenziale contaminazione.

La valutazione del rischio viene eseguita costruendo proprio il cosiddetto “modello concettuale” del sito in esame, comprendente l’identificazione delle sorgenti e dei contaminanti, l’identificazione delle vie di migrazione degli inquinanti e delle modalità di esposizione dell’uomo, la determinazione della concentrazione di ciascun contaminante nel punto di esposizione dell’uomo.

L’analisi del rischio per la salute umana, conseguente alla contaminazione di un sito, è funzione di due fattori quantificabili: **tossicità** ed **esposizione**. Per generare un rischio, un contaminante deve essere tossico ed essere presente nell’ambiente umano ad un livello significativo.

Secondo questo criterio, perché un’area contaminata generi un rischio effettivo è necessario che coesistano:

- Un contaminante;
- Una via di trasporto (ad es. aria, acqua, catena alimentare);
- Un recettore (ad es. uomo, animali, vegetazione, risorse ambientali).

Nell’ambito di una valutazione dei potenziali fattori di esposizione, il modello concettuale utilizzato per l’analisi di rischio può risultare utile in quanto rappresenta la descrizione delle relazioni tra i contaminanti presenti e la popolazione ad essi esposta

attraverso differenti percorsi di migrazione, caratteristici dello specifico contesto del sito in esame.

E' necessario, quindi, definire i seguenti elementi:

- Quali sono le sorgenti potenziali;
- Quali sono i contaminanti;
- Quali sono i potenziali recettori (cioè i gruppi o le categorie della popolazione esposta);
- Quali sono le vie di esposizione ambientale;
- In quale punto dell'ambiente avviene l'esposizione dei recettori.

5.1 Individuazione delle sorgenti di contaminazione primarie e secondarie

Dal punto di vista della contaminazione, le sorgenti si possono suddividere in:

- primarie: accumuli di materiali e rifiuti, serbatoi di stoccaggio di sostanze pericolose ed ogni possibile causa di alterazione delle caratteristiche naturali del sito
- secondarie: matrici ambientali a diretto contatto con le fonti inquinanti individuate che costituiscono le effettive sorgenti da cui i contaminanti migrano verso i potenziali ricettori.

Non essendo disponibili, per gran parte delle aree oggetto di indagine, dati relativi a campagne di caratterizzazione pregresse, è possibile esclusivamente formulare alcune ipotesi in merito alla tipologia di sorgenti contaminanti presenti nel sito.

Le aree adiacenti il cavidotto terrestre, da realizzarsi in asse con la viabilità comunale e provinciale esistente, presentano le caratteristiche di un paesaggio da sempre adibito allo svolgimento di attività agricole (Tavola 4 – uso del suolo anni 1959 -2007): si tratta principalmente di attività legate alla coltivazione di erbacee annuali e poliannuali e appezzamenti coltivati con colture arboree (olivo e vite).

La situazione del sito porta a definire come fonti primarie, responsabili di importanti potenziali modificazioni della composizione e qualità principalmente dei suoli, l'attività agricola, in ragione dell'uso spesso massivo di sostanze come fertilizzanti, antiparassitari, erbicidi e fitofarmaci.

Si considerano, altresì, come potenziali fonti di contaminazione primaria le principali arterie per il traffico su gomma dei mezzi pesanti e non, su cui si attuerà l'intervento in oggetto: numerosi studi di letteratura, svolti in diversi paesi, hanno evidenziato come gli

inquinanti presenti sulle superfici stradali provengano principalmente dal traffico veicolare (derivati di combustione dei carburanti, usura di pneumatici, parti meccaniche e impianto frenante dei veicoli, corrosione della carrozzeria dei veicoli, etc.) e dalla corrosione delle superfici impermeabili.

La Tabella 5.1 illustra i principali agenti inquinanti che si depositano su strade e pertinenze stradali e le loro fonti di emissione.

Agenti inquinanti	Principali fonti di emissione
Particolato	Consumo della pavimentazione, deposizione atmosferica, manutenzione stradale
Azoto e fosforo	Deposizione atmosferica, fertilizzanti utilizzati sul bordo della strada
Piombo	Gas di scarico, consumo freni, oli lubrificanti, grassi, consumo cuscinetti
Zinco	Usura dei pneumatici, olio motore, grassi, corrosione dei guard-rail
Ferro	Usura della parti meccaniche dei veicoli, corrosione delle carrozzerie, strutture in ferro sulle strade (pannelli, guard-rail, segnaletica)
Rame	Usura freni, carrozzeria veicoli, usura della parti meccaniche, insetticidi e anticrittogamici
Cadmio	Usura pneumatici
Cromo	Carrozzeria veicoli, consumo freni e frizione
Nichel	Combustione a diesel, oli lubrificanti, carrozzerie, asfalto ,consumo freni
Manganese	Usura parti meccaniche
Sodio, calcio, cloro	Prodotti antigelo
Zolfo	Benzine, prodotti antigelo
Petrolio	Perdite dai motori,asfalti e bitume
Bromo	Gas di scarico dei motori
Gomma	Consumo pneumatici
Amianto	Consumo freni e frizione

Tabella 5.1 - Agenti inquinanti di infrastrutture viarie e loro fonti di emissione

Studi effettuati sulla qualità del materiale presente all'interno delle caditoie stradali su strade ad alto scorrimento hanno infatti evidenziato la presenza di metalli pesanti (Cadmio, Piombo, Nichel, Rame e Zinco) oltre a Nitrati, Solfati e Cloruri, principalmente associati alla frazione più fine.

Per quel che concerne le sorgenti di contaminazione secondaria, in generale, le più grosse potenziali fonti di contaminazione per l'intera area SIN risultano indubbiamente collegate alle attività del polo chimico e della centrale elettrica di Brindisi nord, oltre a quelle imputabili al trasporto del carbone, attraverso l'asse attrezzato verso la centrale termoelettrica ENEL Cerano, nonché alle stesse attività svolte nelle aree di competenza di quest'ultima.

5.2 Individuazione dei meccanismi di trasporto e percorsi potenziali di esposizione

Parte integrante del modello concettuale preliminare è l'analisi dei dati idrogeologici, anemometrici e correntometrici utili per l'individuazione di possibili correlazioni tra le sostanze inquinanti utilizzate negli insediamenti industriali presenti sulla terraferma e le possibili direzioni di migrazione degli stessi.

Per quanto concerne i poli petrolchimico ed elettrico si sottolinea che, considerata la direzione principale dei venti regnanti/dominanti (venti da NNO), le emissioni dei contaminanti in atmosfera sembrano investire l'area di interesse unicamente per la porzione in adiacenza alla Centrale ENEL di Cerano: l'analisi del livello di contaminazione delle aree limitrofe il nastro e la Centrale porterebbero a concludere che l'attività di movimentazione del carbone, che può comportare, nonostante le cautele sicuramente previste, lo sversamento accidentale di polveri e frammenti di materiale nel territorio limitrofo a quello su cui tali attività insistono, costituisce la fonte principale di contaminazione dei suoli. Bisogna inoltre considerare che la presenza di inquinamento da carbone, nelle aree esaminate è sicuramente attribuibile alle attività che si svolgono lungo il nastro trasportatore piuttosto che alle attività proprie della Centrale, dato che le emissioni dalla ciminiera non dovrebbero essere in grado di incidere sul contenuto di metalli nel suolo circostante la Centrale stessa: la ciminiera di Cerano, alta 200 m, è stata infatti progettata in modo che la maggior parte del fall-out si verifichi a grande distanza dalla Centrale, grossomodo in direzione SE per il trasporto ad opera dei venti regnanti/dominanti.

Per contro, le condizioni geologiche e idrogeologiche forniscono garanzie sufficienti affinché la contaminazione delle acque di falda che interessa il polo industriale possa in alcun modo interagire con l'area di interesse. Il sito infatti è posto idrogeologicamente a monte rispetto ai succitati poli, considerata la direzione del deflusso sotterraneo che si sviluppa principalmente da SW in direzione N-NE verso il mare.

Le principali fonti di contaminazione potenziale per le matrici ambientali coinvolte nelle attività a terra risultano quindi rappresentate dall'attività agricola intensiva e dalle emissioni associate al traffico veicolare.

In occasione di eventi meteorici le acque dilavano le sostanze inquinanti presenti sulle superfici. Studi nazionali¹ ed internazionali condotti sulle acque meteoriche di dilavamento in ambiente urbano, hanno fornito informazioni utili circa la caratterizzazione qualitativa

¹ S. Papiri e S. Todeschini “*Qualità e controllo delle acque di dilavamento di infrastrutture viarie*”, Dipartimento di Ingegneria Idraulica e Ambientale, Università degli Studi di Pavia

delle acque dilavanti le aree di pertinenze delle strade a differente densità di traffico: nelle acque di dilavamento sono state rilevate infatti principalmente concentrazioni significative di Zinco, Piombo e Rame, oltre alla presenza di Idrocarburi Policiclici Aromatici, Azoto e Fosforo.

Tali risultati sono stati validati da studi condotti in ambito regionale:² su aree il cui regime pluviometrico è confrontabile con quello dell'area di interesse: l'intensità e la durata della precipitazione svolgono, infatti, un ruolo fondamentale nel processo di dilavamento e trasporto degli inquinanti accumulati in tempo asciutto sulle superfici impermeabili.

Un contributo significativo nel processo di movimentazione del contaminante è altresì svolto dai processi di infiltrazione delle acque di pioggia attraverso cui i potenziali inquinanti possono influenzare lo stato idrochimico della falda superficiale coinvolta, nonché dai fenomeni di deflusso superficiale, attraverso cui le acque di lisciviazione dei terreni agricoli defluiscono verso le numerose aste fossili in intersezione con l'area di interesse.

Per quel che concerne lo studio della potenziale contaminazione che investe le aree a mare nel comparto di interesse, considerata la direzione preferenziale di deflusso della falda freatica (direzione N-NE), la contaminazione accertata dei suoli e delle acque sotterranee degli insediamenti industriali presenti sulla terraferma ha come ultimo recettore le aree a mare prospicienti il porto medio ed esterno di Brindisi (come supportato dai risultati del Piano di caratterizzazione degli arenili secondo cui è proprio in tale settore che sono stati registrate le principali contaminazioni). Le aree a mare antistanti l'area di indagine risulterebbero interessate direttamente dai potenziali inquinanti veicolati dalle acque di falda provenienti dal settore OSO del SIN, esterni quindi all'area industriale. D'altronde, l'analisi del moto ondoso e delle correnti di circolazione, evidenziando una direzione delle correnti e del trasporto solido diretta principalmente in direzione NNO lungo la linea di costa, evidenzia un possibile trasporto della contaminazione dell'ambiente marino verso l'area di interesse.

²“Protezione del territorio agroforestale dall'inquinamento di acque meteoriche urbane”, Università degli Studi di Bari. Responsabile scientifico G. Scarascia Mugnozza (Gruppo di lavoro Politecnico: A.F. Piccinni, M. Di Modugno). Studio svolto con il contributo della Fondazione Cassa di Risparmio di Puglia, Ottobre 2007

Sulla base di quanto finora discusso sono stati individuati i possibili Meccanismi di Trasporto dei contaminanti dalle sorgenti ai potenziali recettori:

- ruscellamento di acque meteoriche dilavanti le superfici contaminate e sversamento a mare;
- trasferimento dalla falda ad altri corpi idrici superficiali;
- assorbimento, attraverso il suolo, di acqua contaminata proveniente dalla zona satura;
- migrazione all'interno dell'ambiente acquatico.

5.3 Individuazione dei potenziali recettori

Allo scopo di identificare i potenziali recettori, è necessario prendere in considerazione i gruppi o le fasce di popolazione esposta a ciascuna delle vie di esposizione individuate, e gli utilizzatori finali delle risorse naturali. Per ogni via di esposizione, è necessario considerare sia i *recettori esposti on-site*, cioè direttamente sul sito (costituiti principalmente dagli operatori coinvolti nelle attività) e *recettori esposti off-site*, cioè a distanza dal sito in esame.

La localizzazione del sito oggetto del PdC appare alquanto distante da insediamenti civili sensibili o residenziali e pertanto non consiste un immediato e reale pericolo per la popolazione o per l'ambiente off-site, compresi i privati che operano con attività agricole e che traggono risorse idriche dal sottosuolo in prossimità dell'area o che siano a diretto contatto con vie di esposizione aeree.

I bersagli di una potenziale contaminazione sono individuabili nei soli lavoratori che operano alla realizzazione delle opere infrastrutturali. Per quel che concerne l'area a mare, i bersagli oggetto di esposizione alla contaminazione sono rappresentati dall'ambiente marino stesso.

6 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ' DI INDAGINE

Il presente capitolo contiene la descrizione delle modalità operative, che dovranno essere svolte in campo ed in laboratorio.

Per quel che concerne la caratterizzazione delle matrici ambientali acqua e suolo, nella presente caratterizzazione verranno adottati tutti i criteri, vincoli e indicazioni stabiliti dal Protocollo Operativo predisposto da APAT-ISS di cui all'Art. 5 comma 2, lettera a dell'Accordo di Programma sottoscritto in data 18 dicembre 2007 per il SIN Brindisi, e sulla scorta del quale saranno eseguite le indagini, i campionamenti e le relative analisi di laboratorio.

L'attività di campionamento così attuata assicurerà che i campioni prelevati consentano un'adeguata caratterizzazione dello stato di contaminazione del sito e, in particolare, nelle aree dove si svolgeranno le successive operazioni di movimento terra.

Trascorsi 10 giorni dalla trasmissione del Piano della Caratterizzazione al MATTM, come previsto dall'Accordo di Programma e nel rispetto dei criteri stabiliti dal suddetto Protocollo Operativo, verrà avviata l'attività di indagine ambientale.

Lo svolgimento delle operazioni di campionamento delle matrici ambientali, il prelievo, la formazione, il trasporto e la conservazione dei campioni per l'esecuzione delle analisi di laboratorio verranno documentati nel dettaglio, con verbali quotidiani elaborati dal Responsabile della Caratterizzazione.

I campioni prelevati saranno oggetto di analisi da eseguirsi presso laboratori autorizzati SINAL certificati da un organismo di controllo che agisca secondo lo standard UNI EN 45000.

Il succitato P.O. prevede, inoltre, che l'ARPA Puglia debba effettuare, sul 10% dei campioni prelevati, le controanalisi in rappresentanza del soggetto pubblico.

Per quanto non espressamente specificato, si applicheranno le disposizioni definite dal P.O.

Per la caratterizzazione dei sedimenti marini verranno adottate le indicazioni presenti nel "*Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini*" redatto da ICRAM e APAT (oggi ISPRA) nel 2006, al fine di consentire una caratterizzazione significativa dello stato qualitativo dell'intera superficie e del volume di materiale da sottoporre a movimentazione.

Il programma di caratterizzazione prevederà il prelievo e l'analisi dei sedimenti prelevati dal fondale marino e dagli arenili secondo lo schema di maglie dettagliato nel

seguito. Sui campioni di sedimento prelevati saranno condotte analisi volte alla determinazione delle caratteristiche granulometriche, chimiche, microbiologiche ed ecotossicologiche dell'area.

6.1 Ricerca di sottoservizi e masse ferrose nel sottosuolo

Al fine di garantire condizioni di sicurezza per personale, ambiente, strutture esistenti, il piano d'indagine dovrà prevedere, preliminarmente alla fase di realizzazione dei sondaggi/piezometri, un'attività di ricerca di sottoservizi (fognature, cavi, elettrodotti, oleodotti e gasdotti, ecc...) e delle strutture (fondazioni, strutture sepolte, masse ferrose ecc...) potenzialmente interferenti con l'opera da realizzare.

L'attività consisterà in due fasi:

- reperimento presso tutti i soggetti pubblici competenti di informazioni, dati, cartografie e progetti relativi a sottoservizi presenti nell'area di interesse;
- indagine magnetometrica puntuale in corrispondenza dei sondaggi geognostici ai fini dell'individuazione di eventuali anomalie attribuibili ad ordigni bellici inesplosi.

In concomitanza con le attività di raccolta ed analisi dei dati pregressi dovrà essere avviato il rilievo georadar, che sarà eseguito nei punti di indagine stabiliti in campo. La tecnica del georadar permetterà di investigare il sottosuolo e i manufatti in esso presenti mediante l'analisi delle caratteristiche di propagazione delle onde elettromagnetiche.

La presenza di sottoservizi nelle zone di indagine dovrà essere evidenziata mediante idonea segnaletica.

Nella fase iniziale del rilievo, il sistema georadar sarà tarato mediante rilievo di manufatti esistenti, le cui caratteristiche (profondità, geometria, materiale costruttivo, ecc.) siano ben note. In caso vengano riscontrate anomalie, il rilievo verrà ripetuto nelle aree circostanti fino a individuare un sito privo di anomalie in cui possa essere eseguito in sicurezza il sondaggio o la prova.

6.2 Ubicazione dei punti di indagine

6.2.1 Aree a terra

Con riferimento a quanto prescritto dall'Allegato 2 del D.Lgs. 152/06, nonché secondo quanto riportato dal *“Manuale per le indagini ambientali nei siti contaminati”* redatto da

APAT, è possibile perseguire due possibili strategie per la localizzazione dei punti di campionamento:

1. Ubicazione ragionata: *“prevede una scelta basata sull’esame dei dati storici a disposizione e su tutte le informazioni sintetizzate nel modello concettuale preliminare e deve essere mirata a verificare le ipotesi formulate nel suddetto modello in termini di presenza estensione e potenziale diffusione della contaminazione; questa scelta è da preferirsi per i siti complessi, laddove le informazioni storiche ed impiantistiche a disposizione consentano di prevedere la localizzazione delle aree più vulnerabili e delle più probabili fonti di contaminazione”.*

2. Ubicazione sistematica: *“la scelta della localizzazione dei punti è effettuata sulla base di un criterio di tipo casuale o statistico, ad esempio campionamento sulla base di una griglia predefinita o casuale; questa scelta è da preferirsi ogni volta che le dimensioni dell’area o la scarsità di informazioni storiche e impiantistiche sul sito non permettano di ottenere una caratterizzazione preliminare soddisfacente e di prevedere la localizzazione delle più probabili fonti di contaminazione”.*

Il Protocollo Operativo, d’altronde, impone per il Sito di Interesse Nazionale di Brindisi una maglia regolare nell’esecuzione dei sondaggi pari a 50 x 50 m (almeno un punto di campionamento ogni 2.500 mq).

D’altronde, a seguito di quanto esposto nel modello concettuale preliminare, considerata la localizzazione dell’area di interesse rispetto alle possibili fonti potenziali di contaminazione, valutati i possibili percorsi di migrazione degli inquinanti attraverso le vie atmosferiche superficiali e di falda, l’area di interesse è stata suddivisa in due distinte fasce omogenee per i livelli di contaminazione presunta: “alto rischio di contaminazione presunta” e “basso rischio di contaminazione presunta” che corrispondono rispettivamente alle fasce circostanti la centrale ENEL di Cerano e a quelle interne su cui insistono attività agricole o ad essa assimilabili (Figura 6.1 - Figura 6.3).

Per le fasce di contaminazione sono state adottate due differenti maglie di campionamento; nello specifico i punti di indagine sono stati ubicati secondo una maglia di lato 150 x 150 metri per la fascia a “basso rischio di contaminazione presunta”, mentre per quella ad “alto rischio di contaminazione presunta”, è stata impiegata una maglia più fitta di lato pari a 50 metri (Figura 6.1 - Figura 6.3, Tavola 6).

Si sottolinea che, sebbene il criterio di suddivisione delle aree di intervento in differenti livelli di contaminazione sia simile a quello adottato per la redazione del PdC delle aree agricole, le dimensioni delle maglie di campionamento sono state ridotte poiché nell'area di interesse si prevedono attività di scavo, fortemente interagenti con il sottosuolo e potenzialmente con le acque di falda.

Per ciò che attiene i campionamenti di acque sotterranee, la normativa nazionale (D.Lgs. 152/06) non fornisce indicazioni precise in merito alla quantità di piezometri da installare. L'ubicazione dei piezometri dovrà essere comunque realizzata sulla base della caratterizzazione idrogeologica dell'area, del modello concettuale del sito e delle caratteristiche dell'acquifero che si intende campionare, fermo restando che almeno un piezometro dovrà essere installato immediatamente a monte idrogeologico del sito, in modo da costituire il valore di riferimento delle acque sotterranee "in ingresso" nell'area oggetto di indagine, ed almeno uno immediatamente a valle del sito, in modo da verificare le caratteristiche delle acque di falda "in uscita" dal sito.

Come evidenziato nel paragrafo 4.2.2, l'andamento generale della superficie piezometrica della falda risulta influenzato principalmente dalle variazioni di permeabilità dell'acquifero sabbioso-calcarenitico, dalle condizioni di assetto topografico del terreno, dalla morfologia del tetto della formazione impermeabile di base oltre che dai processi di ricarica della stessa falda. Nel complesso, la superficie piezometrica della falda superficiale nel tratto di interesse, si presenta inclinata verso N-NE; le massime quote piezometriche si rinvencono nelle zone dell'entroterra mentre in prossimità della costa il tetto della falda freatica risulta attestato su quote prossime al livello marino.

L'andamento della superficie piezometrica (Figura 4.12) evidenzia come il drenaggio delle acque di falda venga espletato principalmente dalle incisioni fossili che corrono parallelamente al tracciato del cavidotto. Unicamente per il tratto centrale dello stesso la direzione di deflusso risulta poco marcata, come dimostrato dalla divergente delle isopieze.

A fronte di quanto detto, al fine di intercettare le linee preferenziali di deflusso idrico sotterraneo, e quindi valutare lo stato qualitativo della falda, i piezometri verranno posizionati come indicato in Figura 6.1 - Figura 6.3 (Tavola 6); nello specifico, saranno posizionati ad interasse pari a 450 metri lungo l'asse di drenaggio della falda e a distanze maggiori (600 metri) nel tratto centrale del tracciato, dove cioè non risultano definite le linee preferenziali del deflusso idrico sotterraneo.

Come già detto, almeno uno dei piezometri verrà posto immediatamente a monte del sito (in senso idrogeologico), in modo da costituire il valore di riferimento delle acque

sotterranee in ingresso all'area oggetto di indagine, ed almeno uno localizzato immediatamente a valle del sito, in modo da verificare le caratteristiche delle acque di falda in uscita dallo stesso, così come richiesto dal P.O.

Nella Tabella 6.1 vengono riportate le coordinate piane di ubicazione dei punti di indagine (sistema di riferimento UTM/WGS84 fuso 33), in cui con “S” si indicano i sondaggi del suolo e con “P” i punti in cui, oltre al campionamento del terreno, si procederà alla realizzazione dei piezometri.

Denominazione sondaggio	EST (UTM/WGS 84 fuso 33)	NORD (UTM/WGS 84 fuso 33)
S1	757398.060	4494349.503
P1	757353.997	4494326.590
S2	757310.286	4494304.734
S3	757262.345	4494279.706
S4	757214.405	4494255.736
S5	757165.406	4494231.061
S6	757116.056	4494204.623
S7	757067.763	4494179.948
P2	757016.649	4494156.682
S8	756963.068	4494135.532
S9	756909.488	4494115.792
S10	756858.022	4494097.461
S11	756805.851	4494077.721
S12	756759.132	4494054.209
S13	756713.774	4494027.441
S14	756669.012	4494001.267
S15	756624.695	4493975.540
P3	756580.825	4493949.813
S16	756536.657	4493924.531
S17	756492.043	4493899.548
S18	756444.306	4493884.379
S19	756393.298	4493889.435
S20	756351.509	4493917.691
S21	756308.234	4493946.392
S22	756265.702	4493975.689
S23	756209.042	4494015.098
P4	756166.956	4494042.610
S24	756125.316	4494071.906
S25	756081.744	4494097.187
S25	756033.263	4494112.653

Denominazione sondaggio	EST (UTM/WGS 84 fuso 33)	NORD (UTM/WGS 84 fuso 33)
S26	755984.336	4494126.484
S27	755934.518	4494138.232
S28	755884.847	4494150.278
S28	755833.987	4494162.026
S29	755783.425	4494172.734
P5	755733.457	4494183.441
S30	755586.072	4494216.396
S31	755437.954	4494251.294
S32	755278.930	4494286.985
P6	755129.226	4494321.090
S33	754982.099	4494353.807
S34	754835.170	4494388.705
S35	754688.242	4494395.843
P7	754559.357	4494322.677
S36	754447.326	4494221.155
S37	754327.959	4494128.953
P8	754207.601	4494037.940
S38	754079.906	4493937.212
S39	753960.737	4493842.829
P9	753842.163	4493749.239
S40	753722.003	4493658.821
S41	753641.103	4493782.352
P10	753520.546	4493752.411
S42	753456.500	4493711.565
PM	752985.741	4493535.664
PV/ARENILE	757463.096	4494383.616

Tabella 6.1 - Punti di ubicazione dei sondaggi nelle aree a livello alto e basso di contaminazione presunta

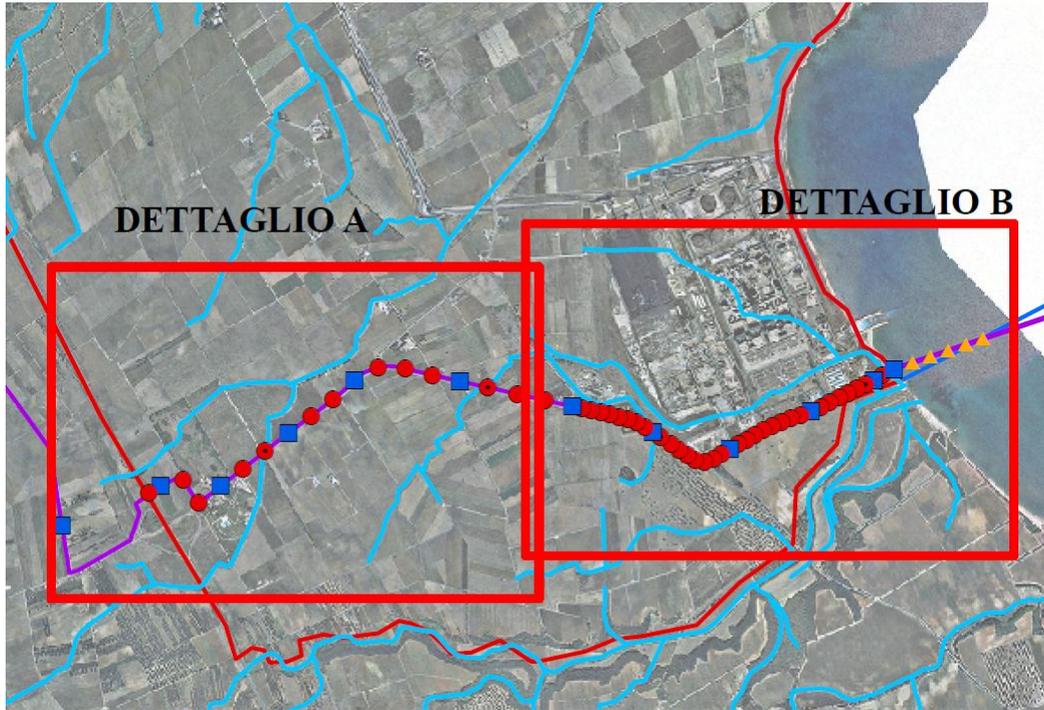


Figura 6.1 - Quadro di unione

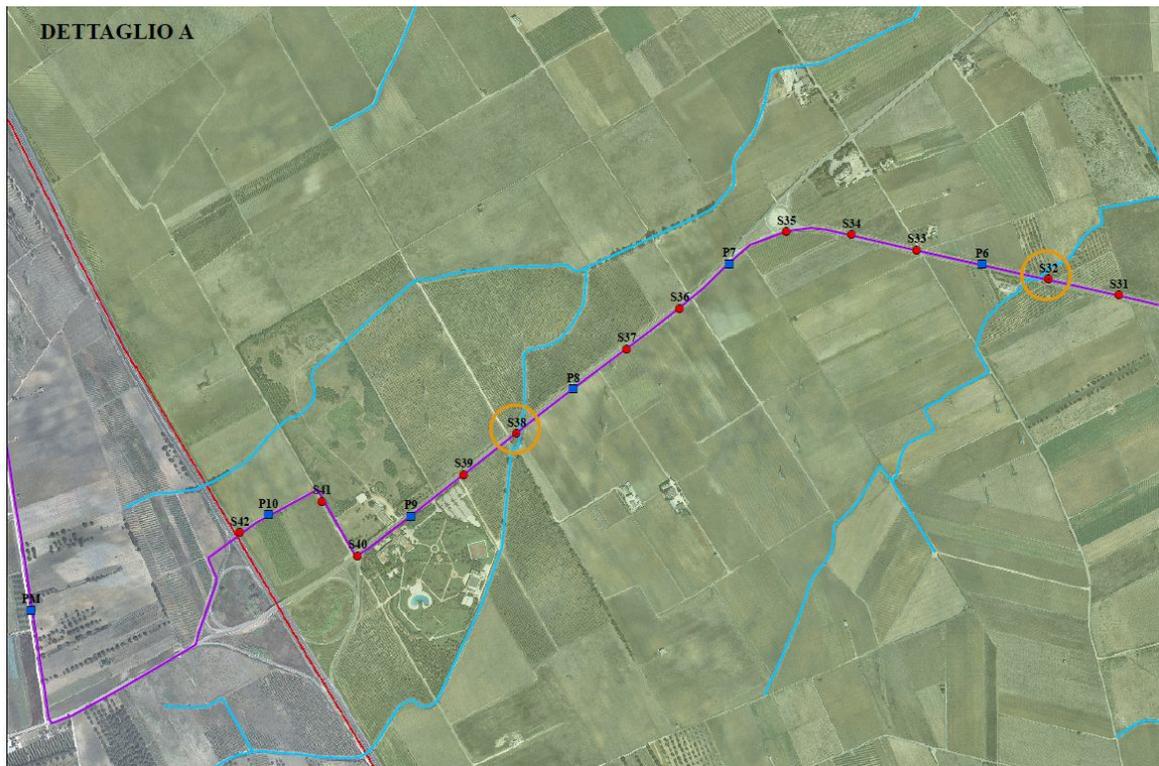


Figura 6.2 - Ubicazione dei punti di indagine – Dettaglio A



Figura 6.3 - Ubicazione dei punti di indagine – Dettaglio B

In sintesi, il piano proposto prevede di eseguire le seguenti indagini, finalizzate alla conoscenza dello stato di contaminazione del sito, nonché delle caratteristiche geologiche ed idrogeologiche utili alla conduzione di un'analisi di rischio sito specifica qualora le concentrazioni degli analiti indagati risultassero superiori alle Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR):

- Esecuzione di **50 sondaggi** a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 3 metri dal p.c., così distribuiti:
 - 34 sondaggi da eseguirsi nelle aree ad “alto rischio di contaminazione presunta”;
 - 16 sondaggi da eseguirsi nelle aree a “basso rischio di contaminazione presunta”;
- Esecuzione di n. **4 sondaggi** a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 5 metri dal p.c., realizzati in corrispondenza delle intersezioni tra cavidotto e reticolo idrografico fossile, così distribuiti:
 - 2 sondaggi da eseguirsi nelle aree ad “alto rischio di contaminazione presunta”;

- 2 sondaggi da eseguirsi nelle aree a “basso rischio di contaminazione presunta”;
- Installazione di **12 piezometri di monitoraggio**, previo alesaggio del foro, in 10 sondaggi, individuati tra i 54 sondaggi già realizzati, sino ad una profondità tale da attestarsi almeno 1 m all’interno dello strato impermeabile sottostante;
- Installazione di **2 piezometri di controllo**, di cui 1 a monte idrogeologico dell’area di interesse e uno a valle della stessa;
- Prelievo di **166 campioni** di terreno per le **indagini chimico-analitiche**, alle seguenti profondità:
 - per i sondaggi fino a 3 metri dal p.c.
 - 1° campione: da 0 a -1 m da p.c.;
 - 2° campione: da -1 m a -1.7³ m da p.c.;
 - 3° campione: da -1.7 m a -3 m da p.c.
 - per i sondaggi fino a 5 metri dal p.c:
 - 1° campione: da 0 a -1 m da p.c.;
 - 2° campione: da -1 m a -1.7 m da p.c
 - 3° campione: da -1.7 m a -3 m da p.c.
 - 4° campione: da -3 m a - 5 m da p.c.

La falda superficiale viene alimentata dalle acque zenitali che incidono direttamente sulle aree di affioramento dei depositi quaternari. Le quote del livello piezometrico sono quindi soggette a significative escursioni stagionali, che rappresentano la risposta della falda ai meccanismi ciclici di accumulo (che avvengono durante la stagione piovosa) e di rilascio (durante la stagione secca) dei volumi idrici immagazzinati.

Risulta pertanto improbabile la definizione univoca dello spessore dello strato insaturo del suolo, in cui la normativa impone il prelievo del campione di suolo da sottoporre a caratterizzazione. Ciò detto, le profondità cui spingere i sondaggi potrebbero subire variazioni qualora, in fase di perforazione la profondità di rinvenimento della falda rispetto al p.c. risultasse inferiore a 3 e 5 metri.

³ Profondità media di posa del cavidotto interrato su strada pubblica

- Individuazione e prelievo di **5 campioni di top soil** (0 - 0,2 m) da eseguire in corrispondenza di alcuni punti di ubicazione dei sondaggi sopra descritti (10% dei campioni superficiali prelevati nella fascia ad “alto rischio di contaminazione presunta e 5% dei campioni superficiali prelevati nella fascia a “basso rischio di contaminazione presunta”). La scelta dei punti di ubicazione dei sondaggi in cui effettuare tali campionamenti verrà preventivamente concordata, nel protocollo di dettaglio, con l’Ente di Controllo preposto.
- Prelievo di **12 campioni di acqua di falda** (10 campioni per il vero e proprio monitoraggio);
- Esecuzione livellazione topografica dei piezometri realizzati;
- Esecuzione rilievo piezometrico da eseguirsi nella fase conclusiva delle attività;

6.2.2 Aree a mare

La strategia di campionamento dei sedimenti marini per le aree a mare si basa su un sistema integrato di maglie 100 x 100 metri per il tratto di lunghezza pari a circa 500 metri di cavidotto sottomarino in area SIN mare (si fa presente che, qualora i valori di contaminazione riscontrati risultassero superiori ai limiti normativi, si procederà ad infittire la maglia di campionamento (maglia 50 x 50)).

Si prevede altresì la realizzazione di un sondaggio/piezometro sull’area di spiaggia.

Nella Tabella 6.2 e in Figura 6.1 - Figura 6.3 vengono riportate le coordinate piane di ubicazione dei punti di indagine (sistema di riferimento UTM/WGS84 fuso 33).

Denominazione sondaggio	EST (UTM/WGS 84 fuso 33)	NORD (UTM/WGS 84 fuso 33)
PV/ARENILE	757463.096	4494383.616
SM1	757562.932	4494422.738
SM2	757657.480	4494454.680
SM3	757752.028	4494487.261
SM4	757848.493	4494519.842
SM5	757939.847	4494553.700

Tabella 6.2 - Punti di ubicazione dei sondaggi a mare

In sintesi, il piano proposto prevede di eseguire le seguenti indagini:

- Prelievo di **5 carote dal fondale marino**, di diametro non inferiore ai 0.1 metri e lunghezza pari a 3 metri, nonché **1 su arenile**;
- Prelievo di **25 campioni da fondale marino** per le **indagini chimico analitiche**, alle seguenti profondità:
 - 1° campione: da 0 a 0.2 m;
 - 2° campione: da 0.3 a 0.5 m;
 - 3° campione: da 1.0 a 1.2m;
 - 4° campione: da 1.4 a 1.6⁴ m;
 - 5° campione: da 2.8 a 3 m;

Le prime sezioni consentiranno di ricavare informazioni dettagliate sulla contaminazione più recente e le ultime di controllare la presenza o meno di una contaminazione più profonda e di fornire presumibilmente i valori di fondo nell'area in esame.

Le suddivisioni sopra proposte potranno comunque subire variazioni sulla base delle osservazioni sulla stratigrafia della carota. Se dall'osservazione della carota si evidenziasse, in uno strato non incluso tra le sezioni prescelte, una condizione di sospetta contaminazione, anche quest'ultimo sarebbe prelevato ed analizzato. Parimenti, nel caso in cui i livelli selezionati coincidano con substrato roccioso o sedimento con caratteristiche granulometriche tali da presupporre l'assenza di contaminazione (ad esempio materiale grossolano) dovrà essere prelevata, in alternativa, la sezione corrispondente agli ultimi 20 cm di sedimento incoerente.

Prelievo di **4 campioni da arenile** per le **indagini chimico-analitiche**, alle seguenti profondità:

- 1° campione: da 0 a 0.2 m;
- 2° campione: da 0.3 a 0.5 m;
- 3° campione: da 1 a 1.2 m;
- 4° campione: da 2.8 a 3 m (o la sezione corrispondente ai 0.2 metri interessati dal passaggio del cavidotto sull'arenile);

⁴ Profondità media di posa del cavidotto a mare pari a 1.5 metri

Prelievo di n.1 campione superficiale da arenile (0 – 0.2 metri) tramite benna o box corner

Da ciascun prelievo superficiale (prelevato mediante benna o box corer) sarà ricavato ed analizzato un campione rappresentativo dello strato superficiale, confrontabile con la prima sezione prelevata nelle carote (0-20 cm).

Eventuali variazioni dei punti di perforazione potranno essere definiti in corso d'opera, in funzione della localizzazione dell'esatto tracciato del cavidotto e in accordo con l'Ente di controllo, comunque nel rispetto degli obiettivi generali dell'indagine.

6.3 Modalità di campionamento delle matrici ambientali

Il presente paragrafo illustra le modalità con cui verranno effettuati i campionamenti per l'investigazione di:

- suolo e sottosuolo;
- acque sotterranee;
- sedimenti dell'area marina (fondali e arenili)

6.3.1 Suolo e sottosuolo

Verificata l'eventuale assenza di sottoservizi e/o ordigni bellici, si procederà all'esecuzione dei sondaggi così come definito dal P.O.

I sondaggi verranno effettuati mediante carotaggio continuo a rotazione, senza ricorrere all'ausilio di fluidi o fanghi di perforazione, utilizzando un carotiere di diametro idoneo ($\emptyset = 101$ mm) ed evitando fenomeni di surriscaldamento. In ogni caso la velocità di rotazione sarà moderata in modo da ridurre l'attrito tra suolo e attrezzo campionatore.

Le percentuali di recupero del carotaggio dovranno essere superiori al 90% nei terreni coesivi e non inferiore al 70% nei materiali sciolti. Nel caso il carotaggio non dovesse garantire le suddette percentuali, si dovrà variare il tipo di carotiere.

Durante la perforazione sarà registrata la stratigrafia intercettata, eseguito un rilievo topografico di dettaglio finalizzato alla produzione di un piano quotato dell'area di indagine (le coordinate di tutti i punti saranno georeferenziate nel sistema di riferimento UTM/WGS84 fuso 33 con quote altimetriche espresse in metri sul livello medio marino).

In fase di esecuzione dei sondaggi, inoltre, la ditta esecutrice dovrà evitare la diffusione della contaminazione nell'ambiente circostante e nella matrice ambientale campionata (*cross-contamination*). A tal fine verrà controllata l'assenza di perdite di oli, lubrificanti e altre sostanze dai macchinari, dagli impianti e da tutte le attrezzature utilizzate durante il campionamento. Inoltre, nel caso in cui le operazioni di sondaggio si svolgano in presenza di pioggia, si dovrà procedere a rivestire provvisoriamente il foro di sondaggio per impedire che le acque di dilavamento superficiali possano entrare in contatto diretto con il terreno.

Tutte le attrezzature saranno costituite da materiale non alterabile chimicamente e saranno oggetto di pulizia sistematica durante ed al termine di ogni sondaggio realizzato.

Per operare la decontaminazione della strumentazione di perforazione e carotaggio verrà allestita una stazione di decontaminazione che permetterà di eseguire le operazioni di lavaggio in sicurezza, assicurando la raccolta dei liquidi in vasche impermeabilizzate ed evitando percolamenti sul suolo;

Nel caso di perforazioni di durata superiore alla giornata, al momento di interrompere i lavori si proteggerà il foro da eventuali contaminazioni esterne.

I testimoni di carotaggio ottenuti durante la perforazione verranno riposti in cassette catalogatrici, adeguatamente identificate (individuazione del cantiere, nome del sondaggio e profondità del prelievo), e successivamente fotografate. Tali operazioni verranno coordinate e controllate da un geologo qualificato.

Si provvederà a riunire le cassette catalogatrici in un luogo protetto, evitando che le stesse siano esposte agli agenti atmosferici, ove saranno custodite sino all'approvazione dei risultati analitici, incluse fasi di validazione da parte di ARPA e approvazione del Piano di Caratterizzazione in Conferenza dei Servizi.

Gli ulteriori materiali di risulta, solidi e liquidi, provenienti dalle attività di campo, saranno gestiti e di seguito smaltiti secondo la normativa vigente.

I fori dei sondaggi, da non attrezzare a piezometri, alla fine delle operazioni previste, saranno riempiti con bentonite.

La formazione dei campioni da sottoporre alle analisi avverrà al momento del prelievo del materiale in modo da impedire la perdita di sostanze volatili, e pertanto dovranno essere adottate idonee modalità operative quali ad esempio il metodo ASTM D4547-91.

In ogni circostanza in cui sussistano evidenze di contaminazione si dovrà procedere al campionamento e all'analisi separata dello strato interessato da detta contaminazione; qualora nel profilo verticale della carota si rilevi una evidenza di contaminazione sul fondo

della carota medesima, il campionamento dovrà essere esteso fino a raggiungere lo strato privo di detta evidenza di contaminazione.

6.3.2 Acque sotterranee

I punti di prelievo per le acque sotterranee sono stati determinati sulla base della caratterizzazione idrogeologica dell'area, del modello concettuale del sito e delle caratteristiche dell'acquifero in modo da poter caratterizzare univocamente l'influenza del sito stesso sulle caratteristiche complessive dell'acquifero in esame e la mobilità degli inquinanti nelle acque sotterranee per la profondità rilevante.

Per i sondaggi da attrezzare a piezometro, le perforazioni procederanno fino al raggiungimento del substrato impermeabile (sommità delle argille subappennine) e vi si attesteranno per una profondità di almeno 1m.

I fori saranno alesati tramite perforazione a distruzione di nucleo con colonna di manovra telescopica da 127 mm di diametro e completati tramite tubazione in PVC del diametro di 4" microfessurata, con luce di 0,5 mm, nel tratto compreso dal fondo foro fino a circa 1,5 metri dal piano campagna e cieca (dello stesso diametro e materiale) nel rimanente tratto.

Nel tratto fessurato, in corrispondenza dello spazio anulare compreso tra il piezometro ed il foro, dovrà essere costituito un manto drenante con ghiaietto siliceo calibrato, lavato e arrotondato ($\emptyset = 2 \div 4$ mm), da fondo foro sino a 1 m sopra il top del tratto fenestrato. La tubazione provvisoria andrà sfilata dolcemente man mano che si procede con la posa del ghiaietto per evitare il crollo del foro e lo schiacciamento dei tubi piezometrici.

Le operazioni di spurgo andranno eseguite prima di effettuare qualsiasi tipo di cementazione, in modo da permettere al ghiaietto di assestarsi all'interno dello spazio anulare foro/tubo. Lo spurgo, eseguito mediante pompa sommersa a piccola portata o mediante "air lift", avrà lo scopo di eliminare i residui di perforazione; le acque da esso derivanti saranno considerate rifiuti e, pertanto, andranno gestite conformemente alla normativa vigente.

Dal piano campagna fino al tappo di sigillatura verrà effettuata la cementazione con miscela cemento-bentonite per isolare il manto drenante, evitare l'eventuale infiltrazione di acque dalla superficie e rendere solidale il piezometro con le pareti del foro.

La parte basale del tubo e quella superficiale dovranno essere opportunamente chiuse con tappo avvitato.

I pozzi di monitoraggio, sui quali verrà riportata la denominazione del piezometro potranno essere completati in superficie, in funzione dell'ubicazione, con pozzetti carrabili in ghisa o con protezioni metalliche fuori terra.

Per prevenire l'infiltrazione d'eventuale acqua superficiale, il boccapozzo sarà chiuso con un tappo a tenuta provvisto di lucchetto.

Successivamente alla realizzazione, i piezometri saranno nuovamente spurgati con elettropompa sommersa a bassa portata. Il volume di acqua emunta durante la fase di spurgo dovrà essere pari a 4-6 volte il volume di acqua contenuto nel pozzo e nel filtro in fase statica.

Nel caso di pozzi poco produttivi dovranno essere utilizzate portate inferiori allo scopo di evitare il prosciugamento del pozzo e riportare nel giornale di campo la procedura utilizzata per il campionamento.

Le acque emunte saranno raccolte e smaltite come rifiuto liquido ai sensi della normativa vigente.

6.3.3 Sedimenti dell'area marina

Preliminarmente all'avvio delle operazioni di recupero dei campioni, si procederà alla verifica delle caratteristiche del sito e dell'accessibilità delle singole stazioni di campionamento.

Il campionamento dei fondali verrà effettuato con l'ausilio di un mezzo navale (imbarcazione, pontone, ecc.) adeguato al raggiungimento delle stazioni di campionamento previste, equipaggiato con ecoscandaglio, per il rilevamento della profondità di prelievo, e dotato di un sistema di localizzazione satellitare.

Per il prelievo delle carote verrà impiegato un carotiere con un diametro non inferiore ai 0.10 metri. Il carotiere scelto, preferibilmente del tipo a rotazione o vibrocorer, oppure manuale, unicamente per gli arenili difficilmente accessibili, dovrà consentire un recupero del 100% del campione ed il prelievo di sedimento per quanto possibile indisturbato. Nel caso di utilizzo di carotiere manuale verrà garantito il mantenimento della verticalità del campionatore, sia durante la fase di infissione che in quella di recupero.

Al fine di evitare contaminazioni della carota da parte della strumentazione utilizzata verrà impiegato un rivestimento interno (liner) al carotiere in polietilene inerte, in polipropilene o in policarbonato. Verrà inoltre evitato il ricorso a sostanze detergenti,

normalmente utilizzate per la pulizia o per l'ottimizzazione della funzionalità degli strumenti (lubrificanti, CRC, etc.).

Per una descrizione stratigrafica immediata e per evitare una potenziale contaminazione dei campioni si ricorrerà all'utilizzo di rivestimenti (liner) in policarbonato trasparente.

Per il prelievo di campioni superficiali di sedimenti verrà impiegato un Box Corer o una benna.

6.4 Modalità di prelievo, conservazione e trasporto dei campioni

6.4.1 Suolo e sottosuolo

Nel seguito si indicheranno le operazioni di formazione del campione per le indagini chimico-analitiche.

La formazione del campione avverrà su telo di materiale impermeabile (polietilene), in condizioni adeguate ad evitare la variazione delle caratteristiche e la contaminazione del materiale e utilizzando strumenti decontaminati dopo ogni operazione. In particolare i campioni saranno preparati facendo uso di opportuna paletta di acciaio inox e di teli di polietilene di provata resistenza e di adeguata capacità per l'omogeneizzazione del campione.

Successivamente alla deposizione del materiale sul telo, si provvederà alla sua omogeneizzazione con la tecnica di quartatura per ottenere un campione rappresentativo dell'intero strato indicato. In ogni caso il quantitativo di campione da avviare alle analisi di laboratorio dovrà essere sufficiente per tutte le determinazioni analitiche previste.

Onde evitare fenomeni di “*cross contamination*”, le attrezzature per il prelievo del campione saranno bonificate tra un campionamento ed il successivo e più precisamente, si eseguiranno le seguenti operazioni di campo:

- i fogli di polietilene usati come base di appoggio delle carote, saranno rinnovati ad ogni prelievo;
- la paletta di acciaio inox, dopo la preparazione delle aliquote previste per ogni singolo campione, sarà lavata facendo uso del solvente acetone e successivamente di acqua potabile; la stessa sarà infine asciugata con carta.

Tutte le analisi verranno eseguite sulla frazione granulometrica passante al vaglio 2 mm; saranno inoltre effettuate analisi sul sopravaglio sottoponendolo ad un test di cessione in acqua satura di CO₂ qualora si sospetti un inquinamento nella frazione > 2 mm.

Il riempimento del contenitore dovrà essere adeguato alle caratteristiche dell'inquinante, onde evitare fenomeni di alterazione del campione stesso, quali volatilizzazioni o aderenze alle pareti del contenitore stesso; i contenitori verranno sigillati, etichettati e inoltrati subito al laboratorio di analisi, insieme con le note di prelevamento.

Sulle etichette identificative del campione dovranno comparire:

1. il sito d'indagine;
2. la sigla del sondaggio;
3. la data e l'ora di prelievo;
4. il numero progressivo del campione;
5. quota del prelievo;
6. l'eventuale pre-trattamento
7. campo opzionale per identificare se il campione è soggetto a contraddittorio;
8. data di invio al laboratorio;
9. data di ricevimento del laboratorio;
10. data di apertura del campione;

I campioni saranno prelevati, conservati in contenitori nuovi, sigillati e adeguatamente conservati in un luogo scelto dall'autorità di controllo, in modo da evitarne la manomissione e la degradazione da parte degli agenti fisici ed atmosferici, per tutta la durata delle attività.

Nel caso siano da determinare inquinanti facilmente degradabili o volatili e la consegna dei campioni ai laboratori di analisi non possa avvenire in tempi brevi, si dovrà procedere alla conservazione dei campioni stessi in ambiente refrigerato (4 °C);

Ogni campione sarà prelevato in triplice aliquota di cui una per le indagini da condurre a cura dell'Impresa esecutrice del PdC, una per l'archivio a disposizione dell'Ente di Controllo ed una per eventuali contestazioni e controanalisi successive al completamento delle attività di prelievo dei campioni.

L'aliquota sulla quale l'Ente di controllo vorrà operare la validazione delle analisi, sarà confezionata in contraddittorio con lo stesso Ente competente.

Inoltre, verrà stilato un verbale quotidiano di campionamento contenente la localizzazione del sito, individuazione del sondaggio, quota di riferimento del campione, data, ora e luogo del prelievo, denominazione del campione e descrizione di quanto altro utile alla caratterizzazione delle operazioni (informazioni sul trasporto e la conservazione dei campioni, ecc.), ivi compreso l'elenco e la descrizione delle principali attrezzature utilizzate.

Inoltre, sul 10% dei campioni prelevati nella fascia ad alto rischio di contaminazione presunta e sul 5% di quelli prelevati nella fascia a basso rischio verranno prelevati campioni di top soil (0-20 cm), su cui, come descritto nel seguito dovranno essere ricercate le Diossine e i PCB. I punti di campionamento, saranno scelti da ARPA Puglia DAP Brindisi in porzioni di area non pavimentata.

L'ubicazione del prelievo di top-soil verrà segnalata sul verbale di campionamento.

6.4.2 Acqua di falda

Le operazioni di prelievo dei campioni sulle acque di falda saranno condotte dopo un lasso di tempo di circa 48 ore dallo sviluppo e completamento del piezometro.

6.4.2.1 Misurazione del livello della falda freatica

Prima delle operazioni di spurgo, su ciascun piezometro (in un'unica campagna di indagine) verranno effettuate le misurazioni dei livelli della falda freatica.

La misurazione della profondità della falda verrà effettuata mediante freatimetro con indicatore elettrico.

Tutte le misure di livello di falda saranno registrate e riferite ad un piano quotato di riferimento vale a dire il piano campagna ed il livello del mare (quota piezometrica).

6.4.2.2 Modalità di prelievo, conservazione e trasporto dei campioni

Preliminarmente al prelievo del campione dinamico, è importante identificare la presenza delle fasi immiscibili che stratificano all'interno del piezometro, tale manovra dovrà essere condotta precedentemente allo spurgo in quanto l'operazione annullerebbe l'eventuale stratificazione.

Si procederà nel modo seguente:

- determinazione del livello fluido nel piezometro con l'ausilio di sonda freatimetrica;
- misurazione dello spessore mediante apposita sonda d'interfaccia prelievo di un campione di acqua nella zona di interfaccia tra la fase organica e la falda sottostante

mediante apposito bailer per sottoporlo ad analisi chimica e quantificarne la composizione chimica

Preliminarmente alle attività di investigazione delle acque sotterranee, nei piezometri in cui non si presentino fasi organiche separate, dopo lo spurgo ed il ripristino del livello statico si eseguirà un log termosalinometrico misurando per metro del tratto filtrato i seguenti parametri: pH, temperatura, conducibilità elettrica, ossigeno disciolto e potenziale redox. Per tratti fenestrati inferiori a 5 metri si eseguirà un'unica misura.

Per la determinazione delle caratteristiche rappresentative dell'acquifero si procederà invece ad eseguire un campionamento dinamico, previo spurgo del piezometro, posizionando la pompa al centro del tratto fenestrato del piezometro stesso.

Come criterio di spurgo verrà adottato quello legato alla stabilizzazione dei parametri chimico fisici che consiste nell'effettuare l'operazione di spurgo sino all'ottenimento della stabilizzazione di detti parametri, monitorati con una sonda multiparametrica immersa all'interno del piezometro in corrispondenza del punto di campionamento.

Una volta ottenuta la stabilizzazione dei parametri, sarà ridotta la portata dello spurgo (inferiore ad 1 l/minuto) e sarà prelevato un campione da considerarsi rappresentativo dell'intera colonna d'acqua.

Ogni campione sarà prelevato in triplice aliquota di cui una per le indagini da condurre a cura dell'Impresa esecutrice del PdC, una per l'archivio a disposizione dell'Ente di Controllo ed una per eventuali contestazioni e controanalisi successive al completamento delle attività di prelievo dei campioni.

L'aliquota, sulla quale l'Ente di controllo vorrà operare la validazione delle analisi, sarà confezionata in contraddittorio con lo stesso Ente competente.

Tutti i campioni di acqua sotterranea all'atto del prelievo saranno maneggiati e conservati in conformità alle norme CNR-IRSA.

I contenitori entro cui inserire i campioni prelevati saranno in polietilene o in vetro ambrato, dovranno essere riempiti completamente di campione, sigillati con controtappo e tappo, etichettati ed inviati immediatamente al laboratorio di analisi. I campioni, in ogni caso, verranno conservati in frigo portatili a temperature non superiori ai 4 °C.

I contenitori di ogni campione prelevato riporteranno un'etichetta identificativa del campione stesso su cui compariranno in modo ben leggibile ed indelebile, su etichetta non asportabile:

- il sito d'indagine;
- la sigla del piezometro;

- la data e l’ora di prelievo;
- la quota del prelievo.

Inoltre, verranno inserite nel verbale quotidiano di campionamento di cui al paragrafo 6.4.1 la medesime informazioni riferite questa volta al campionamento delle acque sotterranee.

6.4.3 Sedimenti dell’area marina

All’atto del campionamento dovranno essere registrate su una apposita “scheda del campione” tutte le informazioni riguardanti la stazione di prelievo e i parametri di identificazione del campione, rispetto alle successive attività di analisi (ad esempio: data, luogo, note meteo-marine, coordinate, profondità, operatori, strumento di campionamento, sezione, descrizione macroscopica del campione, sigle aliquote per le differenti indagini, note sull’ambiente circostante come presenza di fonti inquinanti, ecc.).

Le carote dovranno essere fotografate, ispezionate visivamente da personale specializzato e misurate per l’intera lunghezza di prelievo. Su apposita scheda dovranno quindi essere riportate osservazioni relativamente a: colore, odore, tipologia dei sedimenti, grado di idratazione, presenza di frammenti conchigliari, presenza di residui e di materiale organico, presenza di strutture sedimentologiche.

Le carote dovranno quindi essere misurate per la loro lunghezza di prelievo e successivamente suddivise sul posto, isolando le sezioni corrispondenti ai livelli da prelevare.

In generale per il trattamento dei campioni dovranno essere seguite le indicazioni EN ISO 5667 – 19 (2004).

Ogni campione sarà omogeneizzato sul campo e suddiviso in tre aliquote di cui una per le indagini da condurre a cura dell’Impresa esecutrice del PdC, una per l’archivio a disposizione dell’Ente di Controllo ed una per eventuali contestazioni e controanalisi successive al completamento delle attività di prelievo dei campioni.

L’aliquota, sulla quale l’Ente di controllo vorrà operare la validazione delle analisi, sarà confezionata in contraddittorio con lo stesso Ente competente.

Il campione prelevato sarà conservato a temperatura compresa tra -18°C e -25°C.

L’attrezzatura utilizzata nel taglio della carota, nelle operazioni di omogeneizzazione e suddivisione nelle varie aliquote per le analisi verrà sempre decontaminata prima del suo reimpiego tra un campione e l’altro.

Le modalità di trasporto e conservazione dei campioni sono illustrate nella seguente Tabella.

PARAMETRO	CONTENITORE	TRASPORTO	CONSERVAZIONE
		°C	°C
Granulometria	Plastica o vetro	4 / 6	4 / 6
Sostanza Organica o TOC	Vetro o polietilene	4 / 6	-18/-25 ¹
Chimica organica	Vetro	4 / 6	-18/-25 ¹
Metalli e inorganici	Polietilene o vetro	4 / 6	-18/-25 ¹
Microbiologia ²	Polietilene o polistirolo sterili	4 / 6	4 / 6
Ecotossicologia ³	Polietilene o vetro	4 / 6	4 / 6

¹ da non considerare nel caso di campioni liofilizzati;

² da eseguire sui campioni fresco entro le 24 ore;

³ da eseguire sul campione fresco entro 10 giorni (salvo diversa indicazione prevista dagli specifici protocolli).

Tabella 6.3 - Modalità di trasporto e conservazione dei campioni di sedimento

Il taglio della carota avverrà operando un taglio longitudinale del liner, possibilmente tramite cesoia, in modo tale da evitare la formazione di polveri che potrebbero contaminare i sedimenti. Nel caso si utilizzi altra strumentazione ci si assicurerà di rimuovere i residui prodotti dal taglio prima della fase di prelievo del campione. Il taglio verrà eseguito il più possibile rettilineo per tutta la lunghezza della carota su i due lati diametralmente opposti avendo cura, prima dell'esecuzione del secondo taglio, di posizionare del nastro adesivo sul primo taglio per evitare perdita di sedimento. Successivamente all'apertura della carota si individueranno i livelli previsti per le analisi posizionando il liner in assetto orizzontale ed assicurandosi di aver prima rimosso, con una dolce aspirazione, il battente d'acqua superficiale.

Il prelievo dei livelli previsti per le analisi verrà effettuato evitando la miscelazione del sedimento lungo l'asse della carota. Si provvederà, quindi, ad omogeneizzare con opportuna strumentazione ciascun livello prelevato in contenitori di polietilene o acciaio-inox.

Per l'esecuzione di saggi ecotossicologici si dovrà procedere nel seguente modo:

- Il campione rappresentativo del livello superficiale verrà prelevato utilizzando un box corer o benna, che permetta il recupero di uno spessore almeno 20 cm di sedimento confrontabile con la prima sezione prelevata nelle carote (0-20 cm);
- Il campione rappresentativo di un livello profondo verrà prelevato isolando e miscelando due aliquote di 20 cm di spessore ciascuna prelevati dalla carota destinata all'esecuzione delle analisi chimico-fisiche: la prima aliquota

corrispondente alla sezione di 20 cm immediatamente sovrastante il livello individuato come "profondo" e destinato alle analisi chimiche, la seconda alla sezione di 20 cm immediatamente sottostante tale livello. Il campione così formato verrà codificato con lo stesso codice del livello intermedio destinato alle analisi chimiche. Tali aliquote potranno essere opportunamente ridotte (ad esempio aliquote di 10 cm) in funzione del quantitativo di materiale necessario all'esecuzione dei saggi ecotossicologici sulla base delle esigenze delle specie-test scelte. L'effettivo spessore di materiale prelevato ai fini delle determinazioni ecotossicologiche verrà opportunamente specificato al momento della restituzione dei risultati.

I contenitori impiegati verranno preventivamente etichettati indicando la sigla del campione, il livello e l'analita da analizzare o l' aliquota ad esso corrispondente.

Si avrà cura affinché tutti i contenitori (sia prima del campionamento sia dopo la suddivisione in aliquote), tutte le borse frigo e le apparecchiature di campionamento e analisi in campo siano protetti dai raggi diretti del sole e tenute lontano da fonti di calore.

I campioni prelevati in campo, etichettati ed opportunamente chiusi, saranno riposti temporaneamente in borse frigo portatili, refrigerate con ghiaccio secco e/o ghiaccioli. La spedizione di tali campioni al laboratorio di prova dovrà essere giornaliera.

La documentazione da presentare all'autorità competente dovrà garantire la correttezza della procedura di esame, l'inequivocabilità dell'informazione nonché la qualità del dato.

In esso saranno riportate le seguenti informazioni:

- Codice di identificazione dell'analisi (codice alfanumerico del campione, codice alfanumerico della prova);
- Il nome, la Sede Legale del laboratorio, nonché la sede operativa ove le prove sono state svolte;
- Rappresentazione tabellare delle risultanze analitiche;
- La data di ricevimento del materiale da analizzare e la data di esecuzione della determinazione.

Verrà inoltrariportata l'eventuale presenza di particolari condizioni ambientali durante il campionamento che possono avere avuto un effetto sulla natura del campione (onde e correnti, eventi meteorologici, ecc.).

Le coordinate di tutti i punti saranno georeferenziate nel sistema di riferimento UTM/WGS84 fuso 33.

6.5 Analisi chimiche di laboratorio

6.5.1 Analisi dei suoli e delle acque sotterranee

I campioni prelevati saranno oggetto di analisi da eseguirsi presso laboratori autorizzati SINAL certificati da un organismo di controllo e saranno sottoposte a validazione da parte di ARPA Puglia.

In ogni caso i laboratori dovranno fornire un Rapporto di Prova, datato e firmato dal tecnico abilitato, che riporti:

- identificazione univoca del campione analizzato;
- elenco dei parametri determinati, con relativo risultato analitico ottenuto;
- incertezza di misura espressa nella stessa unità di misura del risultato;
- metodo di riferimento usato;
- limite di quantificazione.

Le metodiche analitiche di laboratorio dovranno essere selezionate tra quelle riportate nei protocolli nazionali e/o internazionali (IRSA/CNR, EPA, ISO, ASTM, etc.) che garantiscano un limite di rilevabilità ove possibile pari ad 1/10 della concentrazione soglia di contaminazione delle matrici (Tabelle 1-2 Allegato 5 Titolo V Parte Quarta del D.Lgs. 152/06).

Le scelte degli analiti da ricercare sui campioni di suolo/top soil e acqua di falda è scaturita dall'analisi dei risultati dei piani di caratterizzazione condotti nei pressi nell'area di interesse e di quelli in fase di esecuzione (Pdc Aree agricole - II lotto-) e delle relative prescrizioni dettate dal MATTM in sede di conferenza dei Servizi (17/02/ 03).

A tali analiti, per le sole acque di falda, sono stati aggiunti anche gli "alifatici clorurati cancerogeni" le cui concentrazioni (unicamente per 1,1 Dicloroetilene la cui concentrazione è risultati pari a sei volte il valore limite) sono risultate superiori ai limiti di legge per i piezometri PZ0637 e PZ0638 collocati sugli arenili nei pressi dell'area di intervento (Figura 4.18).

6.5.1.1 Analisi dei suoli

Su ciascuno dei 166 campioni di terreno prelevati nei sondaggi per la caratterizzazione ambientale dovrà essere eseguito tutto il set dei seguenti analiti :

- **Metalli Pesanti:** Antimonio, Arsenico, Berillio, Cadmio, Cobalto, Cromo Totale, Cromo Esavalente, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Selenio, Stagno, Tallio, Vanadio, Zinco;
- **idrocarburi leggeri (C<12) e pesanti (C>12)**
- **Idrocarburi Policiclici Aromatici:** Benzo (a) antracene, Benzo (a) pirene, Benzo (b) fluorantene, Benzo (k) fluorantene, Benzo (j) fluorantene, Fluorantene, Benzo (g,h,i) peri Lene, Crisene, Dibenzo (a, e) pirene, Dibenzo (a, h) antracene, Indeno (1,2,3-cd) pirene, Pirene, Sommatoria IPA;
- **Fitofarmaci:** Alaclor, Aldrin, Atrazina, α -esacloroesano, β -esacloroesano, γ -esacloroesano (Lindano), Clordano, Dieldrin, Edrin, DDT, DDD, DDE.

Su 5 campioni di top soil, individuati come definito nel paragrafo 6.4.1, dovranno essere determinati oltre agli analiti su riportati anche quelli di seguito elencati:

- **Diossine e furani:**
 - PCDD: 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD, 1,2,3,4,7,8-HxCDD, 1,2,3,6,7,8-HxCDD, 1,2,3,7,8,9-HxCDD, 1,2,3,7,8-PeCDD, 2,3,7,8-TCDD, OCDD, PCDD e PCDF (conversione T.E.)
 - PCDF: 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF, 1,2,3,4,7,8,9-HpCDF, 1,2,3,4,7,8-HxCDF, 1,2,3,6,7,8-HxCDF, 1,2,3,7,8,9-HxCDF, 1,2,3,7,8-PeCDF, 2,3,4,6,7,8-HxCDF, 2,3,4,7,8-PeCDF, 2,3,7,8-TCDF, OCDF.
- **PCB:** PCB, aroclor 1016, aroclor 1221, aroclor 1232, aroclor 1242, aroclor 1248, aroclor 1254, aroclor 1260

Le determinazioni analitiche in laboratorio verranno condotte sull'aliquota di granulometria inferiore a 2 mm. La concentrazione del campione verrà determinata riferendosi alla totalità dei materiali secchi, comprensiva anche dello scheletro.

6.5.1.2 Analisi delle acque sotterranee

Su ciascuno dei 12 campioni di acqua di falda prelevata dai piezometri dovranno essere ricercati i parametri di seguito indicati:

- **Metalli Pesanti:** Alluminio, Antimonio, Argento, Arsenico, Berillio, Cadmio, Cobalto, Cromo Totale, Cromo Esavalente, Ferro, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Selenio, Manganese, Tallio, Zinco;
- **Composti idrocarburici:** Idrocarburi totali espressi come n-esano;
- **Fitofarmaci:** Alaclor, Aldrin, Atrazina, α -esacloroesano, β -esacloroesano, γ -esacloroesano (Lindano), Clordano, Dieldrin, Edrin, DDT, DDD, DDE.

- **Alifatici clorurati cancerogeni:** Clorometano, Cloroformio, Cloruro di vinile, 1,2-Dicloroetano, 1,1-Dicloroetilene, Tricloroetilene, Tetracloroetilene, Esaclorobutadiene sommatoria organoalogenati

6.5.2 Analisi dei sedimenti dell'area marina

Le metodiche analitiche impiegate per l'analisi dei sedimenti dell'area marina dovranno essere quelle relative a protocolli nazionali e/o internazionali ufficialmente riconosciuti (quali ad esempio le metodiche EPA, ISO, UNI EN, IRSA CNR, etc.).

Dovranno comunque essere garantiti, rispetto al campione di sedimento, i limiti di quantificazione di cui in Tabella 6.4.

Singolo parametro	Concentrazione	Unità di misura
As	0,5	mg kg ⁻¹ p.s.
Cd	0,05	mg kg ⁻¹ p.s.
Cr	5	mg kg ⁻¹ p.s.
Cu	1	mg kg ⁻¹ p.s.
Hg	0,05	mg kg ⁻¹ p.s.
Ni	1	mg kg ⁻¹ p.s.
Pb	1	mg kg ⁻¹ p.s.
Zn	1	mg kg ⁻¹ p.s.
PCB	0,1	µg kg ⁻¹ p.s.
IPA	10	µg kg ⁻¹ p.s.
Pesticidi organo-clorurati	0,1	µg kg ⁻¹ p.s.
TBT (Sn)	1	µg kg ⁻¹ p.s.

Tabella 6.4 - Limiti di quantificazione richiesti.

I laboratori incaricati per le analisi dovranno operare secondo i “Criteri di Buona Pratica di Laboratorio” rispondenti a quanto indicato dalla norma UNI EN CEI ISO/IEC 17025:2000, specificando i criteri stabiliti e documentando le modalità utilizzate per l'assicurazione della qualità del dato.

In ogni caso i laboratori forniranno un Rapporto di Prova, datato e firmato dal responsabile del laboratorio, al cui interno vengano riportati:

- identificazione univoca del campione analizzato;
- data prelievo, arrivo del campione in laboratorio e data di analisi;
- elenco dei parametri determinati, con relativo risultato analitico ottenuto;
- dove possibile, incertezza di misura espressa nella stessa unità di misura del risultato;
- metodo di riferimento usato;
- limite di quantificazione.

Su ciascuno dei 25 campioni prelevati dai **fondali** dell'area costiera verrà eseguito il set dei seguenti analiti:

- **Granulometria**
- **Contenuto d'acqua;**
- **Potenziale redox;**
- **pH,**
- **Metalli Pesanti:** Alluminio, Arsenico, Cadmio, Cromo Totale, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Vanadio, Zinco;
- **Idrocarburi leggeri (C<12) e pesanti (C>12)**
- **Idrocarburi Policiclici Aromatici:** Naftalene, Acenaftene, Fluorene, Fenantrene, Antracene, Fluorantene, Pirene, Benzo(a)antracene, Crisene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(a)pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Benzo(g,h,i)perilene, Indeno(1,2,3,cd)pirene, Indopirene,
- **Pesticidi organo clorurati:** Alaclor, Dieldrin, α -esacloroesano, β -esacloroesano, g-esacloroesano (Lindano), DDT, DDD, DDE (per ogni sostanza somma degli isomeri 2,4 e 4,4), HCB, eptacloro, eptacloro epossido, ossiclordano, cis-clordano, trans-clordano, trans-nonacloro, cisonacloro, eldrin, mirex, metossicloro
- **Policlorobifenili:** Congeneri: PCB 28, PCB 52, PCB 77, PCB 81, PCB 101, PCB 118, PCB 126, PCB 128, PCB 138, PCB 153, PCB 156, PCB 169, PCB 180 e loro sommatoria
- **Clorobenzeni:** Esaclorobenzene
- **Azoto e Fosforo**
- **Carbonio organico (TOC)**

Su un numero rappresentativo di campioni (1/3 dei campioni corrispondenti al livello 0 -0.2 metri, per un totale di due campioni), scelti in modo tale da avere una distribuzione omogenea rispetto al volume di materiale da caratterizzare, sarà effettuata la **caratterizzazione microbiologica**, attraverso la determinazione delle concentrazioni dei Parametri microbiologici (Streptococchi, Salmonella, Spore di clostridi solfito riduttori, Escherichia coli, Enterococchi e Miceti)-

Su un numero rappresentativo di campioni (1/3 dei campioni corrispondenti ai livelli 0 -0.2 metri e 1.4-1.6 metri , per un totale di 4 campioni), scelti in modo tale da avere una distribuzione omogenea rispetto al volume di materiale da caratterizzare, sarà effettuata

l'analisi **ecotossicologica su organismi marini**, applicati ad almeno due matrici ambientali (fase solida o tal quale, acqua interstiziale o elutriato).

Su ciascuno dei 5 campioni prelevati **sugli arenili** dell'area costiera verrà eseguito il set degli analiti definiti per la caratterizzazione dei sedimenti marini.

Su 2 campioni (corrispondenti ai livelli 0-0.2 e 0.3-0.5 metri) sarà effettuata la **caratterizzazione microbiologica**, attraverso la determinazione delle concentrazioni dei Parametri microbiologici (Streptococchi, Salmonella, Spore di clostridi solfito riduttori, Escherichia coli, Enterococchi e Miceti).

Nel caso in cui, in corso d'opera, vengano identificati ulteriori parametri, non ancora individuati, le relative analisi saranno eseguite sull'aliquota del campione appositamente conservato.