

**Cliente** ENEL Produzione UBT Priolo Gargallo

**Oggetto** Piano di Caratterizzazione della centrale termoelettrica ENEL Produzione di Priolo Gargallo (SR)  
Relazione tecnica delle indagini svolte

**Ordine** E-Mail di Cochis del 10-07-03

**Note** Attività EP-OQ-SUOLI PRIOLO – 38368S

La parziale riproduzione di questo documento è permessa solo con l'autorizzazione scritta del CESI.

**N. pagine** 67 **N. pagine fuori testo** 1117

**Data** 13/02/2004

**Elaborato** B.U. Ambiente – Territorio

R. Garavaglia - D. Lattuada

**Verificato** B.U. Ambiente – Territorio

R. Ferraroli

**Approvato** B.U. Ambiente – Territorio

R. Ferraroli

<b>5</b>	<b>RISULTATI DELLE INDAGINI CONDOTTE .....</b>	<b>49</b>
5.1	STRATIGRAFIA DEL SITO .....	49
5.2	IDROGEOLOGIA DEL SITO .....	50
5.3	CARATTERIZZAZIONE FISICA DELLA FALDA SEMICONFINATA .....	52
5.4	MISURE IN SITO DI PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ACQUA .....	53
5.5	DEFINIZIONE DELLA SUPERFICIE PIEZOMETRICA .....	54
<b>6</b>	<b>RISULTATI DELLE INDAGINI E CONFRONTO CON I LIMITI NORMATIVI.....</b>	<b>55</b>
6.1.1	<i>Terreni</i> .....	55
6.1.2	<i>Acque della falda superficiale semi-confinata</i> .....	56
<b>7</b>	<b>FORMULAZIONE DEL MODELLO CONCETTUALE DEL SITO .....</b>	<b>59</b>
7.1	SINTESI DELLO STATO QUALITATIVO DELL'AREA .....	59
7.2	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DELL'ACQUIFERO CONTAMINATO .....	60
7.3	CARATTERISTICHE E COMPORTAMENTO CHIMICO-FISICO DEI PRODOTTI CONTAMINANTI .....	60
7.3.1	<i>Composti di origine petrolifera</i> .....	60
7.3.2	<i>Metalli</i> .....	62
7.4	PERCORSI DI MIGRAZIONE E VIE DI ESPOSIZIONE DEI POSSIBILI BERSAGLI .....	63
7.4.1	<i>Composti di origine petrolifera</i> .....	63
7.4.2	<i>Metalli</i> .....	65
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>67</b>

ELENCO DELLE TAVOLE FUORI TESTO (N. totale pagg. 25)

ALLEGATO 1 – PROT. A4/000051 – Rapporto delle indagini dirette e sulle prove di permeabilità in foro. Tot. pagg. 182.

ALLEGATO 2 – PROT. A4/000369 – Rapporti di prova delle determinazioni analitiche. Tot. pagg. 910.

e i 4,0 metri da piano campagna, alla base del riporto e al di sopra di un orizzonte di limi argillosi nerastri poco permeabili che confina superiormente la falda.

In nessuno dei piezometri e pozzi presenti nell'area contaminata si è evidenziata alcuna presenza di prodotto surnatante.

La presenza di idrocarburi nelle acque della falda è stata riscontrata solo presso un piezometro situato in corrispondenza del bacino di contenimento dei serbatoi del gasolio; già nei piezometri posti immediatamente a valle, anche di pochi metri, non si riscontrano superamenti della Concentrazioni Limite Accettabili per gli Idrocarburi; la contaminazione dell'acqua di falda risulta pertanto estremamente localizzata;

È stato riscontrato un ulteriore punto di superamento della CLA per gli Idrocarburi C>12 nei terreni, presso un punto di indagine che risulta ubicato in accosto ad un tratto di oleodotto interrato di proprietà della società SOMICEM, che attraversa la porzione Nord del territorio di proprietà ENEL Produzione; Nelle acque di falda si riscontra anche la presenza di Alluminio, Boro, Ferro, Manganese e Piombo. in concentrazioni superiori ai limiti normativi; questa contaminazione è diffusa su tutta l'area attorno alla centrale, ed interessa anche i piezometri e pozzi posti a monte rispetto agli impianti della centrale.

## 2 DESCRIZIONE DEL SITO IN ESAME

### 2.1 Tipologia del sito

La Centrale termoelettrica di Priolo Gargallo, con una superficie di oltre 267.000 m<sup>2</sup>, sorge su un'area di proprietà ENEL di superficie complessiva di 1.030.000 m<sup>2</sup> sul territorio dell'omonimo Comune. La Centrale è ubicata lungo la costa orientale della Sicilia, a circa 6 km a Sud-Est della zona urbana di Priolo Gargallo, a Sud della penisola Magnisi, a circa 10 km a Nord-Est della città di Siracusa.

L'economia dell'area è fortemente condizionata dall'esistenza di un polo industriale di rilevanti dimensioni, la cui specificità risiede nella presenza di grandi insediamenti produttivi, prevalentemente raffinerie e stabilimenti petrolchimici. Tali insediamenti industriali sono localizzati lungo la fascia costiera che si estende a Nord di Siracusa fino ad Augusta, e sono ubicati prevalentemente nei territori dei Comuni di Priolo, Melilli ed Augusta.

La collocazione geografica della centrale è mostrata nella corografia di Tavola I.

I terreni di proprietà ENEL sono delimitati:

- a nord dall'area delle ex saline Magnisi, ora designata come riserva naturale e soggetta a vincolo di protezione ambientale e, per breve tratto, dal locale impianto di trattamento acque reflue,
- a est dalla costa del Mar Ionio,
- a sud dall'area industriale della SardaMag,
- a ovest dalla linea ferroviaria Messina-Siracusa.

Una frazione della proprietà ENEL, nella porzione ovest, è soggetta a vincolo archeologico ai sensi dell'articolo 1 della Legge 1/6/1939 n° 1089; all'interno di essa sono presenti il monumento funerario detto 'Guglia di Marcello' e resti dell'abitato di età romana.

L'impianto è dedicato alla produzione di energia elettrica; l'unico combustibile impiegato attualmente è il Gas Naturale. In passato l'impianto utilizzava anche Olio Combustibile Denso..

Per una descrizione del sito e delle opere in essere, si fa riferimento alla planimetria di Tavola II. Su di essa sono evidenziate il perimetro dello proprietà ENEL e la disposizione delle varie pertinenze dell'insediamento di seguito illustrate:

- opera di presa dell'acqua di raffreddamento della Centrale (su area demaniale);
- opera di restituzione dell'acqua di raffreddamento della Centrale, situata a Nord dell'opera di presa; l'opera di presa e l'opera di restituzione occupano un suolo demaniale di superficie pari a 2.000 m<sup>2</sup> e uno specchio acqueo demaniale di superficie pari a 13.500 m<sup>2</sup>;
- vasche per lo stoccaggio delle ceneri (superficie di circa 10.000 m<sup>2</sup> su terreno Enel);
- vasca per lo stoccaggio dei fanghi (superficie di circa 8.000 m<sup>2</sup> su terreno Enel);
- area stoccaggio rifiuti speciali;
- deposito rifiuti pericolosi (ex tossici e nocivi);
- n° 4 pozzi, di cui solo tre attualmente in condizioni di esercizio.

### 2.2 Storia dell'impianto

La Centrale termoelettrica di Priolo Gargallo svolge l'attività di produzione di energia elettrica mediante la combustione di Olio Combustibile e Gas Naturale. Dal momento del suo primo avviamento, l'impianto è stato composto da due sezioni termoelettriche, per una potenza nominale complessiva di 640 MWe. Le caldaie di entrambe le unità, originariamente progettate per essere alimentate con solo Olio Combustibile, sono state modificate nel 1984 per poter utilizzare anche Gas Naturale, da solo od in miscela con l'Olio Combustibile.

Il progetto ha comportato la realizzazione, in un'area libera a nord delle sezioni termoelettriche esistenti, di due unità TurboGas, sul cui asse ruota un alternatore della potenza di 257 Mwe; i fumi di scarico del TurboGas, ancora caldi, alimentano un generatore di vapore a recupero. Il vapore prodotto da quest'ultimo alimenta la turbina dell'esistente sezione termoelettrica, generando una potenza elettrica di circa 138 Mwe. Dal punto di vista tecnico, l'intervento ha comportato un incremento della potenza elettrica prodotta da 640 a 790 Mwe e l'impiego del solo Gas Naturale come combustibile, con una portata a pieno carico di entrambe le unità pari a circa 150.000 Sm<sup>3</sup>/h.

Di conseguenza, è stato raggiunto un miglioramento dell'efficienza energetica, vale a dire un aumento del rendimento netto dal 39,2% al 55%, con una corrispondente diminuzione del consumo e delle emissioni.

E' stata anche ottenuta l'eliminazione delle produzioni di ceneri da combustione.

### 2.3 Profilo produttivo della centrale

Nella seguente sono riportati i dati riferiti all'attività di produzione lorda e netta ed ai consumi di combustibili della Centrale di Priolo Gargallo dal 1982 al 2002.

Le Figure 1 e 2 riassumono graficamente il profilo produttivo della Centrale, a partire dal 1982, evidenziando sia l'andamento della produzione lorda di energia, sia le quantità di combustibili impiegate. Vengono riportati separatamente i quantitativi impiegati di Olio Combustibile Denso a Basso Tenore di Zolfo (BTZ) e ad Alto Tenore di Zolfo (ATZ).

Anno	Produzione (GWh)	Combustibili		
		OCD ATZ-MTZ (t)	OCD BTZ (t)	Gas naturale (KSm <sup>3</sup> )
1982	2.478	538.000	20.900	---
1983	2.598	542.800	36.700	---
1984	2.915	261.500	4.500	415.700
1985	3.297	251.900	12.200	514.300
1986	3.335	276.300	8.300	498.400
1987	3.655	354.500	3.400	502.800
1988	3.889	372.700	41.700	488.700
1989	3.931	254.800	124.200	521.400
1990	3.576	196.200	68.600	570.800
1991	3.362	238.100	50.500	490.200
1992	4.115	190.700	235.200	511.200
1993	4.274	213.200	129.200	643.100
1994	4.241	164.700	161.300	658.800
1995	3.567	95.300	223.100	510.500
1996	3.924	189.000	300.000	394.600
1997	3.245	86.400	69.600	602.900
1998	3.362	145.000	6.500	642.300
1999	4.165	130.000	8.600	846.600
2000	3.350	90.700	19.000	709.000
2001	2.791	48.300	59.600	562.300
2002	722	0	30.000	141.800

Tabella I Profilo produttivo della centrale

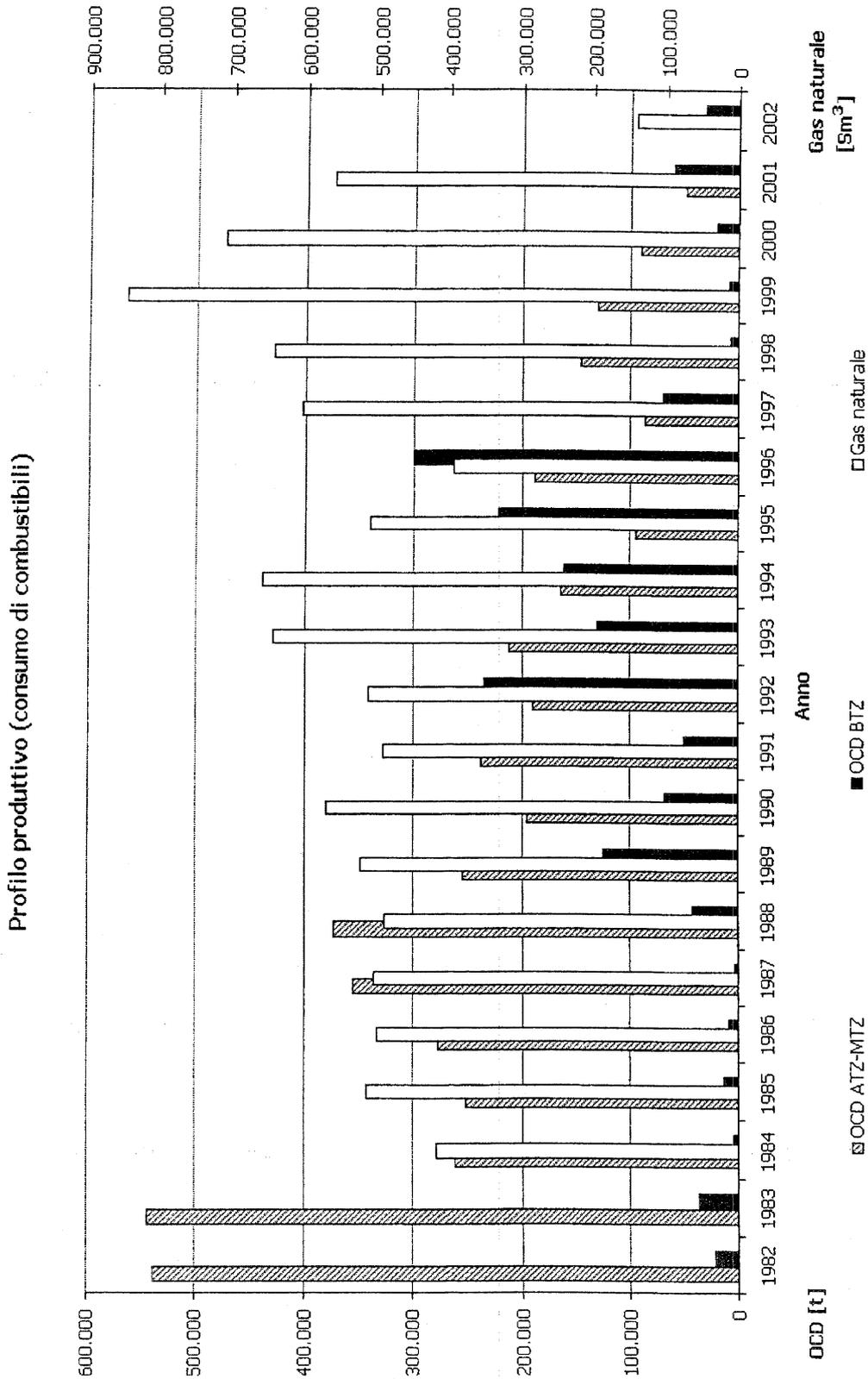


Figura 2 – Profilo produttivo - consumo di combustibili, periodo 1982 - 2002

Nel nuovo assetto produttivo in ciclo combinato, viene usato come combustibile per la produzione di energia elettrica il solo Gas Naturale. Si utilizza anche una limitata quantità annuale di gasolio per il riscaldamento e per le prove e l'eventuale intervento dei gruppi di emergenza dotati di motori diesel.

E' stato quindi totalmente eliminato l'impiego di Olio Combustibile Denso. Pertanto, il parco serbatoi è attualmente asservito esclusivamente al funzionamento della centrale termoelettrica ENEL-Produzione di Augusta. Il combustibile per quest'ultima è acquisito da ISAB-ERG via oleodotto, viene stoccato temporaneamente per poi essere trasferito all'impianto di Augusta tramite autobotti. I quantitativi trasferiti negli ultimi anni, espressi in tonnellate, sono riportati nella Tabella seguente.

1997	1998	1999	2000	2001	2002
88.472	32.472	51.702	45.249	82.960	187.515

*Tabella 3: quantitativi di Olio Combustibile Denso trasferiti alla centrale di Augusta (tonnellate)*

## 2.5 Attività, operazioni, situazioni e sostanze ambientalmente rilevanti

Per rendere più semplice e immediata la lettura e l'individuazione delle attività ambientalmente rilevanti, sono state realizzate delle schede descrittive per ciascuna di esse, in cui sono evidenziate anche le sostanze tossiche e nocive impiegate.

In generale le attività connesse al processo produttivo, ambientalmente rilevanti sono:

- movimentazione dei combustibili;
- stoccaggio dei combustibili;
- stoccaggio ed uso di materiali e sostanze (escluso rifiuti);
- gestione di rifiuti;
- movimentazione delle ceneri;
- raccolta e trattamento delle acque inquinate;
- scarico acqua di raffreddamento.

Non tutte le attività descritte nelle schede risulteranno importanti ai fini della definizione del modello concettuale, tuttavia, data la grande quantità di dati pregressi esistenti, si ritiene particolarmente utile fornire un quadro conoscitivo completo; successivamente poi verranno evidenziati solo gli elementi, le attività e le sostanze potenzialmente "a rischio" secondo quanto disposto dal D.M. 471/99.

Un esempio relativo a quanto detto è costituito dalle sostanze pericolose; nelle successive schede, infatti, queste verranno tutte descritte dettagliatamente, tuttavia le sole attività di stoccaggio di sostanze che possano presentare un "rischio" significativo per l'ambiente, in termini soprattutto quantitativi, sono costituite dallo stoccaggio di olio combustibile presso i relativi serbatoi e delle ceneri da olio nelle vasche di decantazione.

Tutte le altre sostanze utilizzate nel processo produttivo e/o i rifiuti prodotti si possono considerare marginali, anche se a volte intrinsecamente più pericolosi, dati i loro ridotti quantitativi (relativamente ai due sopra menzionati) e le adeguate condizioni d'uso/stoccaggio/smaltimento, e individualmente non costituiscono un significativo rischio per l'ambiente, potenziale o attuale.

**STOCCAGGIO COMBUSTIBILI LIQUIDI**

Lo stoccaggio dei combustibili avviene tramite serbatoi fuori terra e interrati; il numero dei serbatoi e la loro descrizione viene fornita nella seguente tabella<sup>2</sup>.

Contenuto	Localizzazione (Tavola II)	Quantità n°	Volume m <sup>3</sup>	Tipologia	Materiale costruzione	Precauzioni di sicurezza
OCD	Rif. 21	3	50.000	Fuori terra; tetto galleggiante con tenuta secondaria, riscaldamento di fondo tramite serpentina	Acciaio	Bacino di contenimento con fondo e pareti in cemento dotato di vasca trappola interna al bacino; sistema antincendio
Gasolio	Rif. 20	2	500	Fuori terra; tetto fisso	Acciaio	Bacino di contenimento; sistema antincendio
Gasolio		2	15	Interrato		

*segue Tabella 4: schede descrittive delle attività ambientalmente rilevanti connesse al processo produttivo*

<sup>2</sup> Tutti i serbatoi sono stati costruiti nel 1978

STOCCAGGIO MATERIALI E SOSTANZE (continua)						
Contenuto	Localizzazione (Tavola II)	Quantità n°	Volume m <sup>3</sup>	Tipologia	Materiale costruzione	Precauzioni di sicurezza
Acqua demineralizzata <sup>10</sup>	24a	2	2000	Fuori terra	Fe 42 B	
Acqua industriale di processo <sup>11</sup>	24b	2	2000	Fuori terra	Fe 42 B	
Metabisolfito di sodio per impianto Demi e potabilizzatore <sup>12</sup>		3	2,85	Fuori terra	Ferro ebanitato, PVC, vetroresina	Bacino di contenimento
Acido solfamnico <sup>13</sup>		1	2	Fuori terra	PVC	Bacino di contenimento

*segue Tabella 4: schede descrittive delle attività ambientalmente rilevanti connesse al processo produttivo*

<sup>10</sup> Il volume indicato in tabella è la somma dei volumi dei 2 serbatoi

<sup>11</sup> Il volume indicato in tabella è la somma dei volumi dei 2 serbatoi

<sup>12</sup> Il volume indicato in tabella è la somma dei volumi dei 3 serbatoi (2 per l'impianto Demi, di volumi pari a 0,6 e 2 m<sup>3</sup>, e 1 per l'impianto di potabilizzazione, di volume pari a 0,25 m<sup>3</sup>)

<sup>13</sup> Questo serbatoio è stato costruito nel 1981

GESTIONE DEI RIFIUTI	
	Descrizione e utilizzo
<i>Rifiuti pericolosi</i>	<p>La centrale è autorizzata allo stoccaggio provvisorio di rifiuti speciali tossico e nocivi in quantità e tempi prescritti dall'autorizzazione Regionale. Per alcune tipologie di rifiuto è stata inoltrata istanza di autorizzazione allo stoccaggio preliminare. In attesa del rilascio dell'autorizzazione, la Centrale gestisce gli smaltimenti in conformità al Decreto legislativo 22/97.</p> <p>In Centrale è presente un locale chiuso (Rif. 54 della planimetria di Tavola II), realizzato in conformità al progetto approvato da apposita autorizzazione Regionale, destinato allo stoccaggio autorizzato di rifiuti di amianto, rifiuti contaminati da PCB e morchie. Tale locale ha un volumetria complessiva di 81 m<sup>3</sup> ed è suddiviso in tre aree denominate A, B e C dedicate allo stoccaggio di:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A. Area stoccaggio residui liquidi e residui solidi contaminati da PCB</li> <li>B. Area morchie</li> <li>C. Area stoccaggio amianto</li> </ul> <p>Gli oli esausti sono temporaneamente stoccati, in attesa di conferimento, in due serbatoi, uno per olio lubrificante esausto e uno per olio isolante esausto, situati in una apposita struttura, costruita secondo accorgimenti di buona tecnica, adiacente al parco serbatoi di Olio Combustibile Denso (Rif. della planimetria di Tavola II)</p> <p>Secondo quanto previsto dal D. Lgs. 22/97, i rifiuti pericolosi sono avviati alle operazioni di smaltimento e di recupero, tramite ditte autorizzate o consorzi obbligatori (consorzio obbligatorio oli usati, consorzio obbligatorio batterie).</p> <p>Per quanto riguarda, in particolare, i rifiuti contenenti amianto, le attività di scoibentazione e confezionamento dei relativi rifiuti prodotti sono sempre affidate a ditte specializzate, in base ad un contratto di appalto predisposto al fine del rispetto della normativa vigente.</p>
<i>Rifiuti non pericolosi</i>	<p>I rifiuti non pericolosi prodotti in Centrale sono:</p> <p><u>Ceneri leggere</u>: attualmente non si ha più produzione di ceneri leggere; in passato le ceneri, in attesa dello smaltimento, venivano immagazzinate in appositi silos di stoccaggio (1 silos per ogni sezione termoelettrica) da 65 m<sup>3</sup> (1 silos per ogni sezione termoelettrica). In Centrale sono presenti due vasche della capacità di 5000 m<sup>3</sup> ciascuna, interrate e impermeabilizzate con telo HDPE, che potevano essere utilizzate come deposito di ceneri umide, nell'eventualità ci fossero difficoltà di smaltimento.</p> <p>La quasi totalità della cenere prodotta veniva conferita per riutilizzo e venduta a ditte terze (specialmente cementifici) che la inserivano nel loro ciclo produttivo. Attualmente, entrambe le vasche sono vuote.</p> <p><u>Fanghi impianto ITAR</u>: i fanghi derivanti dalla depurazione delle acque nell'impianto ITAR, prodotti per filtrazione attraverso un filtro sottovuoto, possono essere accumulati in una vasca interrata di stoccaggio del volume di circa 8000 m<sup>3</sup>, interrata e impermeabilizzata con telo HDPE, situata nella zona sud dell'area di impianto. (riferimento 56 della planimetria di Tavola II)</p> <p>È intento della Centrale smaltire i fanghi contestualmente alla produzione inviandoli al riutilizzo e riservare l'utilizzo della vasca in caso di difficoltà di conferimento. Attualmente la vasca è vuota.</p> <p><u>Rottami metallici</u> (alluminio, bronzo, ferro), rottami di vario tipo (cavi e materiale elettrico, rottami di apparecchiature fuori uso, rottami di ceramica, materiale isolante non contenente amianto, legno, carta, plastica), rifiuti urbani ed assimilabili, rifiuti sanitari, materiale inerte da demolizioni: sono stoccati in varie parti dell'impianto, indicate in planimetria di Tavola II.</p> <p>Tali materiali vengono smaltiti secondo i tempi e le modalità previste dal D. Lgs. 22/97.</p>

*segue Tabella 4: schede descrittive delle attività ambientalmente rilevanti connesse al processo produttivo*

### 3 INQUADRAMENTO AMBIENTALE DEL SITO

#### 3.1 Assetto geografico-territoriale

La Centrale Termoelettrica di Priolo Gargallo è collocata in un'area industriale nella quale sono presenti numerosi insediamenti produttivi. Tale area, dichiarata ad elevato rischio ambientale, è costituita dai territori dei Comuni di Augusta, Priolo, Melilli, Siracusa, Floridia e Solarino in Provincia di Siracusa, per un'estensione complessiva di circa 550 chilometri quadrati.

Il territorio in oggetto si estende tra le strutture dei monti Iblei, ad Ovest, ed il mare Ionio, ad Est, quindi presenta settori prevalentemente collinari e montuosi che degradano verso le zone pianeggianti della fascia costiera.

#### 3.2 Meteorologia

Il sito è caratterizzato da un clima "temperato subtropicale" (secondo Köppen) con temperature medie mensili sempre superiori a 10 °C caratteristico di alcune zone costiere dell'Italia meridionale ed insulare. I dati ISTAT di piovosità negli anni 1985-1989 evidenziano una precipitazione media annua pari a 50 mm con 56 giorni di pioggia.

Le condizioni termiche sono state ricavate dalle misurazioni fatte nelle stazioni termometriche più vicine al sito in esame: le stazioni di Lentini e Siracusa.

Da queste si ricava che:

- la temperatura minima mensile registrata in entrambe le stazioni è del mese di Febbraio (7,2°C per Siracusa e 5,2 °C per Lentini);
- la temperatura massima mensile registrata in entrambe le stazioni è del mese di agosto (31,9 °C per Siracusa e 34,8 °C per Lentini);
- l'escursione termica massima si registra per entrambe le stazioni nei mesi di luglio agosto (di 11,3 °C per Siracusa e 15 °C per Lentini).

Il rapporto e la correlazione dei dati pluviometrici con quelli termometrici denotano caratteri climatici xerotermici di tipo termo-mediterraneo (curva termica sempre positiva e giorni più lunghi concentrati nel periodo secco).

#### 3.3 Assetto geologico e geomorfologico

##### 3.3.1 Assetto regionale

Da un punto di vista geomorfologico l'impianto si trova in un'area caratterizzata dalla presenza della piana costiera. A Nord il sito confina con la salina di Magnisi, la quale confluisce nell'omonima piccola penisola collegata alla terraferma tramite un istmo stretto e basso, di interesse sia archeologico, per la presenza dell'insediamento preistorico di Thapos, nonché naturalistico, per la presenza delle saline; ad est si affaccia sul golfo compreso tra la penisola di Magnisi ed il capo S. Panagia, parte meridionale del più ampio golfo di Augusta; a Sud lambisce il confine settentrionale del comune di Siracusa; infine, ad Ovest si collega con i rilievi dei Monti Climiti (300-400 m).

Nella zona costiera, l'area è contraddistinta dalla forte presenza di insediamenti industriali, che la rendono il più importante polo industriale della Sicilia, mentre l'entroterra è caratterizzato da zone prevalentemente destinate ad uso agricolo.

Dal punto di vista geologico, l'elemento principale, a livello regionale, è costituito dalla presenza di strutture alternativamente rialzate e riabbassate ad "horst e graben", legate a eventi tettonici pliocenici, che hanno condizionato la geometria del substrato e lo spessore dei depositi sedimentari quaternari.

- limo sabbioso talora con livelli di sabbia, in passaggio laterale, verso Ovest, con l'orizzonte precedente, di colore marrone non supera in affioramenti i cinque metri di potenza;
- calcarenite vacuolare, mediamente cementata di colore giallastro, in alcuni punti con passate più sabbiose, di potenze variabili ma sempre sub decametriche;
- argilla plastica di colore grigio con passaggi compatti e livelli debolmente sabbiosi; mostra potenze crescenti da Ovest verso Est che arrivano fino a diverse decine di metri;
- sabbia fossilifera talora limosa argillosa che interrompe, con passaggio laterale e con potenze metriche, l'orizzonte precedente, in particolare andando dall'interno verso la costa; nella zona più costiera si ripresenta anche alla base delle argille;
- calcarenite sabbiosa di colore bianco giallastro con grado di cementazione variabile e potenze, di diverse decine di metri, in diminuzione da Ovest verso Est.

### 3.4 Assetto idrogeologico

#### 3.4.1 Assetto regionale

Dal punto di vista idrogeologico, si evidenzia la presenza di strutture acquifere sovrapposte, costituite da un acquifero superficiale senza protezione, dello spessore di alcuni metri, costituito da materiali permeabili di diversa natura, sede di una falda libera alimentata prevalentemente dall'infiltrazione o da corsi d'acqua superficiali e da una formazione argillosa quaternaria, che costituisce il substrato dell'acquifero superficiale di cui sopra e lo strato di confinamento dell'acquifero profondo.

Lo spessore dell'argilla, che aumenta procedendo dall'interno verso la costa da pochi metri ad alcune centinaia di metri, è strettamente associato alla struttura tettonica dell'area ed è evidentemente maggiore laddove le argille hanno colmato le depressioni corrispondenti ai graben presenti nelle formazioni sottostanti.

L'acquifero profondo è costituito da diversi termini litologici sovrapposti, comprendenti, dal basso verso l'alto, una serie carbonatica miocenica, una formazione irregolare di vulcaniti basiche fortemente alterate mioceniche ed una formazione calcarenitica del Pliocene inferiore. Esso è sede di una falda confinata che costituisce la fonte di approvvigionamento idrico del polo di Augusta - Priolo. La falda, originariamente in pressione, è da tempo oggetto di intenso sfruttamento, con relativo abbassamento del livello piezometrico (dell'ordine del centinaio di metri) e conseguente formazione di un cono di depressione e dell'instaurarsi di condizioni di richiamo dell'acqua di mare.

#### 3.4.2 Assetto locale

Per quanto concerne gli aspetti idrogeologici, la documentazione disponibile indica la presenza di strutture acquifere sovrapposte, così schematizzabili:

- i. Un acquifero superficiale senza protezione dello spessore di alcuni metri, costituito da materiali permeabili di diversa natura, comprendenti: a) terreni alluvionali sabbioso-limosi (con variazioni verticali ed orizzontali della granulometria) con permeabilità dell'ordine di  $10^{-3}$ - $10^{-5}$  cm/s, b) sabbie e calcareniti organogene del Pleistocene medio (che costituiscono il sedimento di chiusura dei depositi che hanno colmato i graben presenti nelle formazioni sottostanti), con permeabilità dell'ordine di  $10^{-2}$ - $10^{-3}$  cm/s. Lungo la costa questo acquifero è a contatto diretto con l'acqua di mare. Questo acquifero è sede di una falda libera alimentata prevalentemente dall'infiltrazione o da corsi d'acqua superficiali.
- ii. Una formazione argillosa quaternaria, il cui tetto si trova a una profondità variabile compresa tra i 5 e i 10 m dal piano campagna, che costituisce il substrato dell'acquifero superficiale e lo strato di confinamento dell'acquifero profondo. Lo spessore dell'argilla, che aumenta procedendo dall'interno verso la costa da pochi metri ad alcune centinaia di metri, è strettamente associato alla

### 3.5 Assetto idrografico

#### 3.5.1 Assetto regionale

Il sistema idrografico dell'area in esame è poco sviluppato, caratterizzato da corsi d'acqua brevi e a regime torrentizio, con bacini imbriferi di modesta dimensione a prevalente andamento subortogonale alla costa; fatta eccezione per il fiume Anapo e per i torrenti che sfociano nella baia di Augusta. I pochi corsi d'acqua presenti attraversano aree, nei pressi della foce, fortemente industrializzate e quindi sono regimati, canalizzati e il loro letto è completamente impermeabilizzato.

Per tutta la rete idrografica di quest'area si evidenzia il problema legato al progressivo drenaggio delle acque reflue di origine industriale verso i corsi d'acqua stessi: questo fa sì che essi presentino flussi idrici dovuti in gran parte alle acque di scarico e non ai deflussi naturali.

#### 3.5.2 Situazione locale

Gli unici corpi idrici di interesse per la vicinanza al sito sono costituiti da:

- il Mare Ionio, sul quale il sito si affaccia e dal quale viene prelevata l'acqua di raffreddamento,
- le ex saline Magnisi, adiacenti al sito lungo il suo lato nord. L'area delle saline attualmente costituisce una zona umida soggetta a vincolo di protezione ambientale ed è stata dichiarata Riserva Naturale.

Le acque di raffreddamento, i reflui degli impianti di trattamento delle acque, unitamente alle acque meteoriche ritenute non inquinabili vengono scaricate insieme alle acque di raffreddamento e avviate al canale di restituzione a mare.

L'acqua di processo viene prelevata dai pozzi di centrale, mentre l'acqua potabile viene prodotta a partire da acqua di mare, mediante un impianto ad osmosi inversa. I prelievi dalla rete idrica consortile sono cessati a partire dal 1997.

### 3.6 Destinazione d'uso prevista dagli strumenti urbanistici

Per tutta l'area industriale compresa tra Siracusa e Augusta, vige il Piano Regolatore sovracomunale del Consorzio Area Sviluppo Industriale (A.S.I.).

La zonizzazione allegata alla variante al Piano Regolatore redatta nell'ottobre 1990 definisce l'intera proprietà ENEL come area destinata ad insediamenti industriali.

### 3.7 Obiettivi di recupero dell'area in funzione dei riferimenti normativi e della destinazione d'uso

La centrale ENEL di Priolo Gargallo è stata inserita nel programma nazionale di bonifica e ripristino ambientale dei siti inquinati, soggetti ad interventi di interesse nazionale, mediante la Legge n° 426 del 9 dicembre 1998, art. 4) "*Nuovi interventi in campo ambientale*", lettera c) Gela e Priolo, in riferimento all'articolo 18, comma 1 del D.Lgs. 22/97 (perimetrazione delle aree di interesse nazionale). La perimetrazione del sito di interesse nazionale di Priolo, è definita dal Decreto del Ministero dell'Ambiente del 10 gennaio 2000.

La normativa di riferimento per la bonifica dei terreni contaminati a livello nazionale è costituita dal D. Lgs. n°22 del 5 febbraio 1997 (Decreto Ronchi) e dal relativo Regolamento Attuativo DM n° 471 del 25 ottobre 1999.

		DM 471/99 col. B	
	Parametro	C. L.	Unità di misura
	<b>Composti inorganici</b>		
1	Antimonio	30	mg/kg
2	Arsenico	50	mg/kg
3	Berillio	10	mg/kg
4	Cadmio	15	mg/kg
5	Cobalto	250	mg/kg
6	Cromo totale	800	mg/kg
8	Mercurio	5	mg/kg
9	Nichel	500	mg/kg
10	Piombo	1000	mg/kg
11	Rame	600	mg/kg
12	Selenio	15	mg/kg
13	Stagno	350	mg/kg
14	Tallio	10	mg/kg
15	Vanadio	250	mg/kg
16	Zinco	1500	mg/kg
	<b>Aromatici</b>		
19	Benzene	2	mg/kg
20	Etilbenzene	50	mg/kg
21	Stirene	50	mg/kg
22	Toluene	50	mg/kg
23	Xilene	50	mg/kg
24	Sommatoria organici aromatici (da 20 a 23)	100	mg/kg
	<b>Aromatici Policiclici</b>		
25	Benzo(a)antracene	10	mg/kg
26	Benzo(a)pirene	10	mg/kg
27	Benzo(b)fluorantene	10	mg/kg
28	Benzo(k,)fluorantene	10	mg/kg
29	Benzo(g, h, i,)perilene	10	mg/kg
30	Crisene	50	mg/kg
31	Dibenzopirene	10	mg/kg
32	Dibenzo(a,h)antracene	10	mg/kg
33	Indenopirene	5	mg/kg
34	Pirene	50	mg/kg
35	Sommatoria policiclici aromatici (da 25 a 34)	100	mg/kg
	<b>Fenoli non clorurati</b>		
67	Metilfenolo (o-, m-, p-)	25	mg/kg
68	Fenolo	60	mg/kg
	<b>Fenoli clorurati</b>		
69	2-clorofenolo	25	mg/kg
70	2,4-diclorofenolo	50	mg/kg
71	2,4,6 - triclorofenolo	5	mg/kg
72	Pentaclorofenolo	5	mg/kg
	<b>Diossine e furani</b>		
89	Sommatoria PCDD, PCDF (conversione T.E.)	$1 \times 10^{-4}$	mg/kg
	<b>PCB</b>		
90	PCB	5	mg/kg
	<b>Idrocarburi</b>		
91	Idrocarburi leggeri C<12	250	mg/kg
92	Idrocarburi pesanti C>12	750	mg/kg
	<b>Altre sostanze</b>		
93	Amianto (fibre libere)	1000	mg/kg

Tabella 6: Valori di concentrazione limite accettabili nel suolo e nel sottosuolo, riferiti all'uso industriale e commerciale dei siti (colonna B della Tabella 1 dell'Allegato 1 al D.M. 471/99)

		DM 471/99	
	Parametro	C. L.	Unità di misura
45	1,1,2-Tricloroetano	0.2	µg/L
46	Tricloroetilene	1.5	µg/L
47	1,2,3-Tricloropropano	0.001	µg/L
48	1,1,2,2-Tetracloroetano	0.05	µg/L
49	Tetracloroetilene (PCE)	1.1	µg/L
50	Esaclorobutadiene	0.15	µg/L
51	Sommatoria Organoalogenati	10	µg/L
	<b>Alifatici Clorurati non Cancerogeni</b>		
52	1,1-Dicloroetano	810	µg/L
53	1,2-Dicloroetilene	60	µg/L
	<b>Alifatici alogenati Cancerogeni</b>		
54	Tribromometano (bromoformio)	0.3	µg/L
55	1,2-Dibromoetano	0.001	µg/L
56	Dibromoclorometano	0.13	µg/L
57	Bromodichlorometano	0.17	µg/L
	<b>Fenoli e clorofenoli</b>		
69	2-clorofenolo	180	µg/L
70	2,4-diclorofenolo	110	µg/L
71	2,4,6 - triclorofenolo	5	µg/L
72	Pentaclorofenolo	0.5	µg/L
	<b>Altre Sostanze</b>		
	Idrocarburi <sup>14</sup>	10	µg/L

**Tabella 7: Valori di Concentrazione Limite Accettabili per le acque sotterranee**  
(Allegato 1 al D.M. 471/99)

<sup>14</sup> Quale limite di riferimento per gli idrocarburi nelle acque, viene assunto il valore di 10 µg/L, sulla base del parere espresso da Istituto Superiore di Sanità e come richiesto dalla Conferenza di Servizi del 20 gennaio 2003.

- ENEL – Produzione ha ritenuto di fare eseguire n° 6 sondaggi aggiuntivi, posizionati lungo il tracciato di un oleodotto interrato, di proprietà della Società SOMICEM, che trascorre in corrispondenza del confine nord dell'area di sua proprietà sondaggi identificati con le sigle da S62 a S66;
- a seguito del rinvenimento di un'evidenza di contaminazione del suolo da parte di sostanze idrocarburiche in corrispondenza del sondaggio S07, sono stati eseguiti sondaggi aggiuntivi (concordati con le Autorità locali, vedi Verbali ARPA Sicilia – DAP Siracusa del 15, 16 e 21 ottobre 2003), in numero totale di 6 (identificati con le sigle S67, S68, S69, S70, S71 e S72), al fine di meglio definire l'estensione dell'area contaminata; n° 3 di tali sondaggi sono stati attrezzati con piezometro (S68, S70 e S71), allo scopo di permettere il monitoraggio della qualità dell'acqua di falda.

Oltre ai sondaggi a carotaggio continuo, sono stati eseguiti n° 6 campionamenti di suolo superficiale destinati alla sola determinazione di PCDD e PCDF (Diossine e Furani), eseguiti con attrezzi manuali fino alla profondità massima di 10 cm e su di una superficie quadrata di 1m di lato. Questa metodologia di prelievo è stata indicata da ARPA Sicilia - DAP Siracusa, come risulta dal Verbale di Riunione del 17/04/2003. I punti di indagine per la determinazione delle Diossine sono stati identificati con le sigle D1, D2, D3, D4, D5 e D6.

Le coordinate di tutti i punti di sondaggio sono state rilevate tramite l'utilizzo del ricevitore satellitare Trimble mod. ProXRS corredato del sistema per la ricezione dei dati di correzione provenienti dal satellite geostazionario OMNISTAR.

Le quote del piano campagna in corrispondenza dei punti di sondaggio sono state ottenute per mezzo di livellazioni plano-altimetriche eseguite con strumentazione ottica.

La localizzazione dei punti di sondaggio è riportata nella planimetria di Tavola IX.

sondaggio	coordinate Gauss-Boaga Roma 40 fuso est		quota [m slm]	note
	E	N		
S01	2539151	4110804	3,1	
S02	2539156	4110700	3,1	piezometro
S03	2539153	4110593	3,1	
S04	2539207	4110601	2,9	piezometro
S05	2538992	4110507	2,9	
S06	2539097	4110520	3,1	
S07	2539200	4110524	3,0	
S08	2539303	4110503	2,7	
S09	2539411	4110504	2,7	
S10	2538907	4110415	3,0	
S11	2539000	4110404	3,0	
S12	2539094	4110402	3,0	
S13	2539251	4110402	3,0	piezometro
S14	2539304	4110411	2,7	
S15	2539400	4110441	2,3	piezometro
S16	2538896	4110299	3,0	
S17	2539033	4110301	3,0	
S18	2539090	4110272	3,0	
S19	—	—	—	posizione inaccessibile
S20	2539308	4110299	2,9	
S21	2539455	4110300	2,8	
S22	2538892	4110201	3,0	

sondaggio	coordinate Gauss-Boaga		quota [m slm]	note
	Roma 40 fuso est			
	E	N		
<b>D1</b>	2539002	4109868	2,0	solo per PCDD/PCDF
<b>D2</b>	2538700	4110756	2,3	solo per PCDD/PCDF
<b>D3</b>	2539411	4110522	2,5	solo per PCDD/PCDF
<b>D4</b>	2539308	4110299	2,9	solo per PCDD/PCDF
<b>D5</b>	2538979	4110360	3,0	solo per PCDD/PCDF
<b>D6</b>	2539317	4110746	2,8	solo per PCDD/PCDF

Tabella 8 coordinate dei punti di sondaggio

#### 4.1.2 Esecuzione dei sondaggi a carotaggio continuo

Le caratteristiche tecniche delle attrezzature di perforazione impiegate sono descritte nell'Allegato 1.

In tutte le fasi di perforazione sono stati adottati tutti gli accorgimenti necessari ad evitare fenomeni di contaminazione indotta generata dall'attività di perforazione (trascinamento in profondità del potenziale inquinante o collegamento di livelli di falda a diverso grado di inquinamento).

Le operazioni di sondaggio sono state eseguite rispettando alcuni criteri di base essenziali al fine di rappresentare correttamente la situazione esistente in sito, in particolare:

- i sondaggi sono stati condotti in modo da garantire il campionamento in continuo di tutti i litotipi oggetto delle perforazioni, garantendo il minimo disturbo del suolo e sottosuolo interessati.
- la composizione chimica e biologica del materiale prelevato non deve essere alterata a causa di surriscaldamento, di dilavamento o di contaminazione da parte di sostanze e attrezzature utilizzate durante il campionamento;
- la profondità di prelievo nel suolo è stata determinata con la massima accuratezza possibile, non peggiore di 0,1 metri;
- il campione prelevato è stato conservato con tutti gli accorgimenti necessari affinché non subisca alterazioni;
- nell'esecuzione dei sondaggi, è stata adottata ogni cautela al fine di non provocare la diffusione di inquinanti a seguito di eventi accidentali.

Nel corso degli interventi di prelievo dei campioni tutto il materiale estratto è stato esaminato e tutti gli elementi che lo caratterizzano sono stati riportati su un apposito rapporto.

In particolare, è stata sempre segnalata la presenza nei campioni di contaminazioni evidenti.

I carotaggi sono stati eseguiti a secco, evitando l'utilizzo di fluidi che potrebbero alterare le caratteristiche chimiche dei materiali da campionare. Solo in casi di assoluta necessità, qualora la consistenza del terreno impedisse l'avanzamento (trovanti, strati rocciosi), è stata consentita la circolazione temporanea ad acqua pulita, sino al superamento dell'ostacolo. Si è ripresa, quindi, la procedura a secco.

Per le perforazioni, sono state impiegate attrezzature del tipo a rotazione, con caratteristiche idonee all'esecuzione di perforazioni del diametro di almeno 200 mm e della profondità di almeno 20 metri, sia in materiale lapideo che non lapideo.

Le corone e gli utensili per la perforazione a carotaggi sono stati scelti di volta in volta in base alle necessità evidenziatesi, e sono stati impiegati rivestimenti, corone e scarpe non verniciate.

Durante la perforazione, la fine di evitare che il terreno subisca surriscaldamento, la velocità di rotazione è sempre stata mantenuta su valori moderati in modo da limitare l'attrito tra suolo ed attrezzo campionario.

Al fine di evitare il trascinamento in profondità di contaminanti di superficie, oltre che per evitare franamenti delle pareti del foro nei tratti non lapidei, la perforazione è stata eseguita impiegando una tubazione metallica provvisoria di rivestimento. Tale tubazione provvisoria, avente diametro di 178 mm, è stata infissa dopo ogni manovra, fino alla profondità ritenuta necessaria per evitare franamenti del

Il Piano di Caratterizzazione era a suo tempo stato redatto sulla base di alcune indicazioni di ordine generale:

- la necessità di caratterizzare l'acquifero più superficiale, potenzialmente più soggetto ad impatto legato all'attività produttiva della centrale;
- la necessità di campionare i terreni alle diverse profondità fino al letto della falda superficiale (difficilmente si avranno contaminazioni del suolo a profondità superiori);
- la necessità di identificare i diversi tipi di contaminanti in funzione della potenziale fonte di inquinamento, in tal caso le sostanze indicatrici avranno comportamenti diversi in funzione della loro natura chimico-fisica e quindi potranno interessare profondità differenti.

Alla luce di queste considerazioni la profondità massima stabilita per punti della maglia sistematica di indagine era pari a  $7 \div 10$  metri da p.c.. Nei casi in cui gli strati di argilla che costituiscono il letto dell'acquifero siano stati raggiunti prima della profondità massima prevista, i sondaggi sono stati interrotti alla profondità raggiunta, al fine di non interrompere la continuità dei suddetti strati impermeabili. Numerosi sondaggi sono stati spinti oltre la profondità massima prevista di 10 m, con l'intento di raggiungere, se possibile, gli strati impermeabili che costituiscono il fondo dell'acquifero; in alcuni casi, comunque, ciò non è stato comunque possibile.

I sondaggi della maglia ragionata condotti in prossimità degli oleodotti, sia lungo l'oleodotto che rifornisce la centrale stessa (sondaggi identificati con le sigle da S57 ad S61) sia lungo l'oleodotto SOMICEM (sondaggi identificati con le sigle da S62 ad S66) sono stati spinti, in generale, fino alla profondità massima di 5 m, considerata comunque ben inferiore alla profondità di posa delle tubazioni da controllare.

Per numerosi punti di indagine sono state introdotte modifiche in corso d'opera rispetto alla profondità prevista, in funzione delle condizioni lito-stratigrafiche incontrate.

Le caratteristiche esecutive dei sondaggi sono riassunte nella tabella seguente.

sondaggio	profondità max da p.c. [m]	data di esecuzione	piezometro	note
S1	7,0	08/10/03		
S2	13,0	25/09/03	SI	
S3	6,0	13/10/03		
S4	13,0	23/09/03	SI	
S5	5,0	30/09/03		
S6	8,0	09/10/03		
S7	6,0	13/10/03		
S8	9,0	10/10/03		
S9	12,0	13/10/03		
S10	5,0	01/10/03		
S11	7,0	02/10/03		
S12	8,0	02/10/03		
S13	13,0	12/09/03	SI	
S14	12,0	10/10/03		
S15	15,0	18/09/03	SI	
S16	5,2	02/10/03		
S17	7,0	15/10/03		
S18	8,0	03/10/03		
S19	--	--		posizione inaccessibile
S20	10,0	14/10/03		
S21	10,0	14/10/03		
S22	6,0	30/09/03		
S23	8,0	30/09/03		
S24	7,0	03/10/03		

al punto S67, sondaggio in prossimità dei serbatoi di gasolio. In questo punto la presenza di un sottoservizio ha impedito la prosecuzione della perforazione, ma la profondità raggiunta ha comunque consentito il prelievo di n° 2 campioni per le determinazioni chimiche.

#### **4.1.4 Prelievo di campioni di terreno mediante sondaggi a carotaggio continuo**

In corrispondenza di ogni sondaggio, sono stati prelevati almeno 3 campioni di terreno come segue:

1. un campione nel materiale di riporto superficiale entro il primo metro di profondità;
2. un campione in corrispondenza della frangia capillare, cioè all'interno della zona di oscillazione della falda o comunque dell'interfaccia zona satura / zona insatura;
3. un campione nel materiale costituente la base dell'acquifero superficiale o, quando non venisse incontrato entro la profondità massima prevista, a fondo foro.

Nei sondaggi mirati al controllo degli oleodotti interrati presenti nel sito (sondaggi identificati con le sigle da S57 a S66) è stato prelevato un solo campione di terreno in corrispondenza dell'interfaccia zona satura / zona insatura, orizzonte dove dovrebbero accumularsi gli idrocarburi petroliferi. In alcuni casi il campionamento è stato effettuato in corrispondenza del letto dello strato di limi che sovrastano l'orizzonte permeabile dove è localizzata la falda, nell'ipotesi che gli eventuali idrocarburi dispersi nel sottosuolo potessero essere stati trattenuti dagli strati limosi poco permeabili.

In corrispondenza del sondaggio S54, facente parte della maglia sistematica di indagine, ma riucadente in immediata prossimità de uno degli oleodotti interrati, in luogo del campione superficiale è stato prelevato un campione di terreno alla base del riporto, immediatamente al di sopra degli strati di limi, nella stessa ipotesi di cui sopra.

Nei sondaggi presso i depositi di combustibile (serbatoi di gasolio), identificati con le sigle S68, S70 e S71, sono stati prelevati n° 4 campioni di terreno, considerando i seguenti orizzonti: riporto superficiale entro il primo metro di profondità, in corrispondenza del letto dello strato di limi che sovrastano l'orizzonte permeabile dove è localizzata la falda, frangia capillare e base dell'acquifero superficiale o fondo foro.

Nello scegliere la profondità esatta alla quale prelevare il campione di terreno, si è data preferenza ai livelli di terreno a granulometria fine, in quanto questi trattengono maggiormente le sostanze contaminanti eventualmente presenti.

In totale sono stati perciò prelevati 195 campioni di terreno, come specificato nella Tabella seguente.

Ogni campione di terreno prelevato e sottoposto alle analisi è costituito da un campione composito nell'intervallo di profondità indicato.

sondaggio	campione	profondità di prelievo (m da p.c.)	
		da	a
S37	S36-3	5,4	5,9
	S37-1	0,0	1,0
	S37-2	2,7	3,1
	S37-3	5,5	6,1
S38	S38-1	0,0	1,0
	S38-2	3,5	3,9
	S38-3	6,1	6,5
S39	S39-1	0,2	0,9
	S39-2	6,5	6,9
	S39-3	10,2	10,5
S40	S40-1	0,3	1,0
	S40-2	3,9	4,2
	S40-3	11,0	11,5
S41	S41-1	0,1	1,0
	S41-2	1,7	2,0
	S41-3	5,5	6,0
S42	S42-1	0,0	1,0
	S42-2	4,5	5,0
	S42-3	8,0	8,5
S43	S43-1	0,1	1,0
	S43-2	2,9	3,3
	S43-3	5,5	6,0
S44	S44-1	0,2	1,0
	S44-2	2,8	3,2
	S44-3	5,5	6,0
S45	S45-1	0,2	1,0
	S45-2	5,1	5,4
	S45-3	5,7	6,0
S46	S46-1	0,3	1,3
	S46-2	6,2	6,5
	S46-3	10,0	10,5
S47	S47-1	0,5	1,5
	S47-2	5,6	6,2
	S47-3	8,6	9,1
S48	S48-1	0,3	1,0
	S48-2	5,5	6,2
	S48-3	8,3	8,6
S49	S49-1	0,5	1,0
	S49-2	4,1	4,5
	S49-3	4,8	5,0
S50	S50-1	0,2	1,0
	S50-2	4,0	4,5
	S50-3	5,5	6,0
S51	S51-1	0,2	1,0
	S51-2	4,0	4,5
	S51-3	5,5	6,0
S52	S52-1	0,1	1,0

sondaggio	campione	profondità di prelievo (m da p.c.)	
		da	a
S53	S52-2	3,7	4,0
	S52-3	7,3	8,1
	S53-1	0,2	1,0
S54	S53-2	3,5	4,0
	S53-3	13,7	14,0
	S54-1	2,8	3,2
S55	S54-2	5,2	5,8
	S54-3	6,0	7,0
	S55-1	0,1	1,0
S56	S55-2	7,3	7,7
	S55-3	8,0	8,5
	S56-1	0,1	1,0
S57	S56-2	5,8	6,3
	S56-3	6,5	7,0
	S57	S57	4,1
S58	S58	3,5	4,0
S59	S59	3,2	3,5
S60	S60	4,0	4,5
S61	S61	4,5	5,0
S62	S62	6,8	7,5
S63	S63	2,8	3,0
S64	S64	5,2	5,6
S65	S65	4,5	5,0
S66	S66	4,4	5,0
	S67-1	0,2	1,0
	S67-2	2,2	2,8
S68	S68-1	0,2	1,0
	S68-2	2,4	3,1
	S68-3	5,6	6,5
S69	S68-4	12,8	13,3
	S69-1	0,1	1,0
	S69-2	2,5	3,3
S70	S69-3	5,2	6,0
	S70-1	0,2	1,0
	S70-2	2,3	3,5
S71	S70-3	5,5	6,3
	S70-4	12,0	12,5
	S71-1	0,2	1,0
S72	S71-2	2,6	3,0
	S71-3	5,6	6,1
	S71-4	12,2	12,8
S72	S72-1	0,2	1,0
	S72-2	2,8	3,5
	S72-3	5,4	6,0

*Tabella 10: profondità di prelievo dei campioni di terreno*

Nelle Figure seguenti sono rappresentate graficamente le profondità di prelievo dei sondaggi eseguiti.

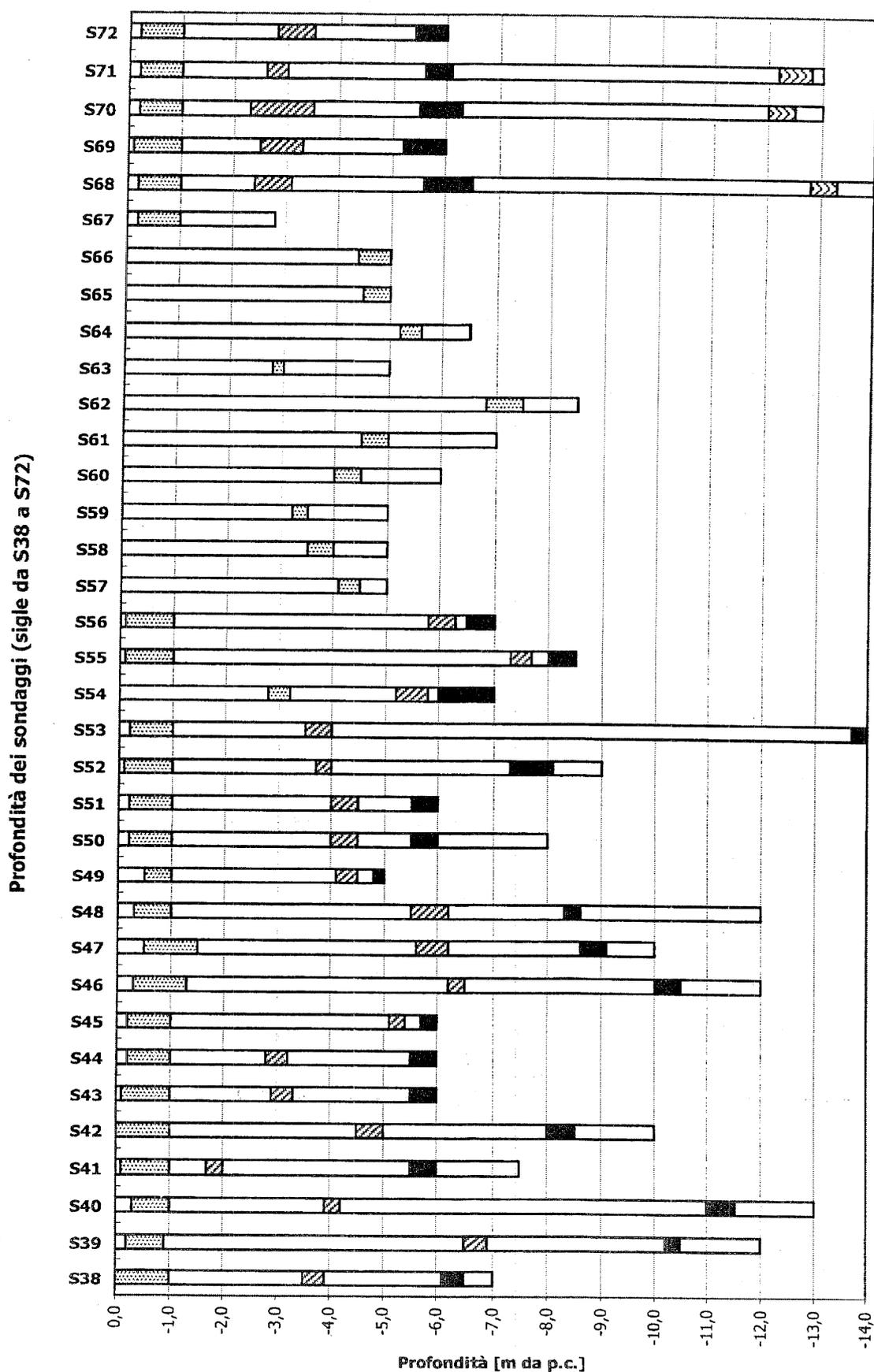


Figura 5 – Profondità dei prelievi dei sondaggi eseguiti (sigle dei sondaggi da S38 a S72)

Le aliquote ottenute sono state immediatamente poste in refrigeratore alla temperatura di 4°C e così mantenute durante tutto il periodo di trasporto e conservazione, fino al momento dell'analisi di laboratorio.

#### 4.1.5 *Prelievo di campioni di terreno superficiale destinate alla determinazione di Diossine e Furani*

Per il prelievo dei campioni di terreno destinati alla determinazione delle Diossine e dei Furani, si è operato in accordo con la procedura proposta da ARPA Sicilia - DAP Siracusa, come riportato nel Verbale di Riunione del 17/04/2003.

Il prelievo è stato eseguito per mezzo di scavi manuali di circa 1 m x 1 m, della profondità massima di 10 cm circa. Il materiale risultante da questi scavi è stato omogeneizzato e suddiviso mediante le usuali tecniche di quartatura. In totale, sono stati eseguiti n° 6 prelievi; la loro localizzazione è riportata nella planimetria di Tavola X.

#### 4.1.6 *Prove di permeabilità tipo Lefranc*

Le prove di permeabilità sono state finalizzate alla determinazione dei parametri caratteristici dell'acquifero/i ed in particolare della sua permeabilità (coefficiente di permeabilità  $K$ ) e trasmissività. Rispetto a quanto previsto dal Piano di caratterizzazione, la distribuzione delle prove di permeabilità ha subito modifiche in corso d'opera, in funzione e a giudizio del geologo che ha seguito le indagini, con l'intento di ottenere una soddisfacente caratterizzazione dell'acquifero su tutta l'area interessata dai sondaggi.

Le prove sono state eseguite in avanzamento, entro fori di sondaggio rivestiti fino alla sommità della sezione di prova, impiegando, in funzione della natura del terreno, il metodo più opportuno: a carico variabile o a carico costante. Le prove di permeabilità sono state condotte presso i sondaggi e alle profondità specificate nella Tabella seguente.

Sondaggio	Profondità di prova [m da p.c.]	Metodo di esecuzione
S01	6,5 - 7,0	carico costante
S03	5,5 - 6,0	carico costante
S06	6,0 - 6,5	carico costante
S09	11,0 - 11,5	carico costante
S11	5,0 - 5,5	carico costante
S15	13,0 - 13,5	carico variabile
S16	4,5 - 5,0	carico costante
S20	9,0 - 9,5	carico costante
S23	7,0 - 7,5	carico costante
S24	6,5 - 7,0	carico costante
S31	7,0 - 7,5	carico variabile
S33	7,0 - 7,5	carico variabile
S39	7,0 - 7,5	carico variabile
S43	5,5 - 6,0	carico variabile
S45	5,5 - 6,0	carico variabile
S46	8,5 - 9,0	carico variabile
S55	7,5 - 8,0	carico costante
S63	4,5 - 5,0	carico costante

Tabella 12: Elenco dei sondaggi nei quali sono state effettuate le prove Lefranc

ID	Data esecuzione	Profondità massima [m da p.c.]	Intervallo di finestratura [m]	Lunghezza tubo cieco [m]	Lunghezza tubo finestrato [m]	Quota bocca tubo [m slm]
S02	25-set-03	13,0	3,5 - 12,5	4	9	3,56
S04	23-set-03	13,0	3,5 - 12,5	4	9	3,38
S13	12-set-03	13,0	6,0 - 13,0	6	7	3,40
S15	18-set-03	15,0	6,5 - 14,5	7	8	2,63
S27	19-set-03	13,0	4,0 - 12,0	4	8	2,15
S39	05-set-03	12,0	4,0 - 11,0	4	7	2,22
S40	26-set-03	13,0	2,5 - 12,5	3	10	3,00
S41	01-ott-03	7,5	1,5 - 7,5	2	6	4,33
S42	12-set-03	9,0	2,5 - 9,5	3	7	4,34
S46	04-set-03	12,0	1,5 - 10,5	2	9	4,77
S47	03-set-03	10,5	3,0 - 10,0	3	7	3,64
S48	05-set-03	10,0	4,5 - 9,5	5	5	3,42
S52	29-set-03	9,0	2,5 - 8,5	3	6	3,23
S53	22-set-03	14,0	2,5 - 12,5	3	10	3,96
S68	16-ott-03	14,0	6,5 - 13,5	6,5	7	2,86
S70	22-ott-03	13,0	5,5 - 12,5	5,5	7	2,93
S71	21-ott-03	13,0	6,0 - 13,0	6	7	3,32

Tabella 13 – Caratteristiche costruttive dei piezometri installati

La localizzazione dei piezometri è riportata nella Tavola IX.

#### 4.1.8 Misure di soggiacenza della falda

Per la definizione della superficie della falda semiconfinata, sono state eseguite misure di soggiacenza della falda, con precisione di almeno 1 cm, presso i piezometri installati.

Il livello statico dell'acqua all'interno di tutti i piezometri è stato misurato per mezzo di un freatometro, nell'arco della stessa giornata del 16 ottobre 2003. In data successiva (22 ottobre) sono stati misurati solo quei piezometri la cui realizzazione, al momento della prima misura, non era ancora stata completata (S68, S70 e S71).

Tutte le misure sono state riferite alla bocca del tubo piezometrico, della quale è stata appositamente rilevata la quota sul livello del mare.

#### 4.1.9 Prelievo di campioni di acque di falda

Prima del prelievo di acqua sotterranea, i piezometri sono stati adeguatamente spurgati mediante una pompa centrifuga sommersa, avendo cura di rimuovere un volume di acqua pari almeno a circa 3 volte il volume del piezometro e fino al raggiungimento della stabilità nei valori dei principali parametri di qualità dell'acqua, misurati in linea sull'acqua effluente (vedi paragrafo successivo).

Il prelievo è sempre avvenuto immediatamente dopo l'operazione di spurgo.

In generale, ove possibile è sempre stata data preferenza al campionamento di tipo statico, a causa dell'elevato rischio di contaminazione incrociata associato al prelievo tramite una pompa e le relative tubazioni.

Per i campionamenti statici sono stati impiegati dispositivi di prelievo (bailer) monouso, nuovi e sigillati nelle confezioni originali, e corde di manovra anch'esse monouso, costituite da cavo in Nylon monofilo.

I pozzi di approvvigionamento della centrale sono stati sottoposti a campionamento dinamico, attraverso un apposito punto di presa campioni esistente, durante il periodo di normale funzionamento delle pompe

sigla aliquota	parametri	trattamento	contenitore	conservazione
<b>A</b>	Metalli (Al, As, B, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Se, Sb, Sn, Tl, V, Zn)	decantazione per 2 ore	bottiglia in HDPE da 100 ml	4°C
<b>B</b>	Cromo esavalente e Cianuri	NaOH 10 M 0,1 ml/l	bottiglia in HDPE da 50 ml	4°C
<b>F</b>	BTEX+Stirene Idrocarburi Clorurati cancerogeni e non cancerogeni	HCl dil. 1:1 500 µl	3 fiale in vetro da 40 ml con sottotappo in Teflon (sigillate senza bolle d'aria all'interno)	4°C (le fiale sono state mantenute capovolte)
<b>G</b>	Fenoli clorurati Fenoli non clorurati	HCl 1:1 5 ml/l	bottiglia in vetro scuro da 1 l. con sottotappo in Teflon	4°C
<b>L</b>	Idrocarburi totali	HCl 1:1 5 ml/l	bottiglia in vetro scuro da 1 l. con sottotappo in Teflon	4°C
<b>O</b>	Idrocarburi Policiclici Aromatici	nessuno	bottiglia in vetro scuro da 1 l. con sottotappo in Teflon	4°C

*Tabella 15 – suddivisione in aliquote dei campioni di acque e trattamenti di conservazione*

Le aliquote ottenute sono state immediatamente poste in frigorifero alla temperatura di 4°C e così mantenute durante tutto il periodo di trasporto e conservazione, fino al momento della consegna agli incaricati di ENEL GreenPower.

#### **4.1.10 Misure in sito di parametri di qualità dell'acqua**

Al momento del prelievo, i campioni di acqua sono stati sottoposti a misura elettrometrica dei principali parametri di qualità.

Le misurazioni dei campioni di acqua sono effettuate direttamente in campo, utilizzando tecniche elettrometriche, con misura eseguita direttamente in linea durante lo spurgo dei piezometri, con elettrodi alloggiati in una cella di flusso.

## **4.2 Interventi adottati a seguito della scoperta della contaminazione**

Durante lo svolgimento dell'attività, sono state raccolte evidenze di tracce di contaminazione del suolo in un sondaggio ubicato a Sud dei serbatoi di stoccaggio del gasolio e acque reflue (K25/1 e K25/2), identificato con la sigla S07.

Le evidenze organolettiche di presenza di contaminanti sono state supportate in campo mediante misure speditive della presenza i Composti Organici Volatili, per mezzo di rivelatore portatile a fotoionizzazione (PID).

La sostanza contaminante sembrava essere costituita da prodotti petroliferi leggeri.

L'avvenuto riscontro di contaminazione è stato tempestivamente comunicato all'ARPA Sicilia DAP Siracusa che ha provveduto al sopralluogo nei giorni 15, 16 e 21 ottobre 2003 e alla pianificazione dei successivi interventi di indagine presso l'area.

Per delimitare l'estensione della contaminazione si è provveduto ad eseguire un infittimento dei punti di sondaggio interno alla possibile fonte di contaminazione, con maglia a croce di passo regolare 25 x 25 m e nella direzione presumibile del flusso della falda. Il numero e l'ubicazione di questi sondaggi aggiuntivi sono stati concordati con le Autorità di Controllo (vedi Verbali ARPA Sicilia – DAP Siracusa del 15, 16 e 21 ottobre 2003), in numero totale di 6 (identificati con le sigle S67, S68, S69, S70, S71 e S72), al fine di meglio definire l'estensione dell'area contaminata; n° 3 di tali sondaggi sono stati attrezzati con piezometro (S68, S70 e S71), allo scopo di permettere il monitoraggio della qualità

## 5 RISULTATI DELLE INDAGINI CONDOTTE

### 5.1 Stratigrafia del sito

La ricostruzione stratigrafica del sito, relativa agli strati superficiali, è stata ottenuta sulla base delle stratigrafie ottenute nello svolgimento della campagna di indagine eseguita nel settembre 2003.

Si tratta di 72 sondaggi a carotaggio continuo eseguiti a secco fino a profondità variabili da un minimo di 2,8 m a un massimo di 14 m da p.c., secondo quanto già descritto nei precedenti paragrafi.

Da un punto di vista morfologico, il sito di centrale è per lo più sub-pianeggiante con quote che variano gradatamente da Ovest (entroterra) a Est (linea di costa): le quote massime sono nell'ordine dei 4-5 m s.l.m., fino a 2-3 m s.l.m. nella porzione centrale della CTE, per arrivare a 1-0 m s.l.m. lungo la linea di costa.

Analizzando i 72 log stratigrafici riportati in Allegato, risulta evidente che i terreni attraversati dai sondaggi appartengono sia alle alluvioni e ai depositi di spiaggia recenti ed attuali (Olocene), sia ai depositi di biocalcareni e sabbie gialle (Pleistocene medio-sup.), fino ad arrivare, in alcuni sondaggi, alle argille marnose grigio-azzurre pleistoceniche (Pleistocene inferiore).

E' possibile, grazie ai suddetti log stratigrafici, fornire una sintesi della successione stratigrafica sovrastante il letto impermeabile argilloso (fino quindi profondità variabili da 10 a 15 m da p.c.), fornendo alcune indicazioni sulla probabile continuità dei singoli strati e sulla struttura della circolazione idrica sotterranea più superficiale.

Dal p.c. al letto impermeabile si distinguono:

- da 0 a massimo 6 m - Terreno vegetale e materiali di riporto; normalmente lo spessore del terreno di riporto è compreso tra i 2 e i 3 m da p.c., raggiungendo valori di 4-5 m, fino a un massimo di 6 m da p.c. (Sondaggio S20) in corrispondenza delle fondazioni degli edifici e degli impianti di centrale. Nell'ambito di questo orizzonte è possibile individuare una falda freatica, a carattere stagionale, alimentata dalle acque meteoriche di scarsa importanza sia dal punto di vista idrogeologico (non ha specifiche interconnessioni con il sistema acquifero vero e proprio) che produttivo (non ha portate e qualità chimico-fisiche sufficienti per essere potenzialmente sfruttabile).
- da 0-6 a massimo 7 m da p.c. - Limi argillosi nerastri. Si tratta di un orizzonte piuttosto continuo distribuito estesamente per tutto il sito della centrale. Il suo spessore può variare da 1,5 m minimo a 3 metri massimo e mostra una certa tendenza ad aumentare spostandosi dall'entroterra verso il mare. Solo localmente questo strato non è presente, in particolare in corrispondenza del settore Nord-Occidentale del sito, dove al di sotto dello strato di riporto o si intercetta subito il substrato calcarenitico (Sondaggi S49, S41 S06), o il suo livello di alterazione (S50 e S51) o un orizzonte limoso-sabbioso (Sondaggio S42).

La maggior continuità e consistenza di questo orizzonte la si rileva nel settore centrale e nel settore Ovest-Sud Ovest del sito, dove lo spessore di limi si aggira intorno ai 2 m e poggia direttamente sul substrato calcarenitico (Sondaggi da S28 a S33 e da S46 a S48). Nella porzione antistante la costa, questo orizzonte è spesso sovrastato da un livello di circa 1-2 m di spessore costituito da sabbie fini grigiastre (Sondaggi S9, S13, S15 e S21), mentre, spostandosi a Sud-Ovest, verso l'entroterra, è stata intercettata, a circa 3-3,5 m da p.c., una lente di torba, dallo spessore variabile da 1,5 a 2 m sovrastante l'orizzonte limoso (Sondaggi S36, S37 e S38).

L'origine di questo orizzonte è legato all'attività trasgressiva/regressiva delle acque del mare: esso, in particolare, è testimonianza di una fase regressiva, in cui l'area attuale di centrale, abbandonata dalle acque del mare, ha subito un impaludamento con conseguente deposizione di materiale fine in ambiente anaerobico, testimoniato dal colore scuro dei limi argillosi e dalla locale presenza di torba.

La scarsa/nulla permeabilità di questo orizzonte e la sua continuità spaziale, almeno in corrispondenza del sito di centrale, fa sì che la falda in pressione (semiconfinata) presente negli

- una o più falde freatiche sospese, stagionali e di scarso interesse, nelle alluvioni attuali e/o nei terreni di riporto;
- un acquifero vero e proprio, semiconfinato e/o freatico nelle calcareniti medio-pleistoceniche; al letto di questo orizzonte si trovano le argille grigio-azzurre praticamente impermeabili;
- una falda in pressione al di sotto delle argille azzurre presente nelle calcareniti pleistoceniche inferiori.

Le indagini eseguite sul sito hanno interessato almeno due di questi acquiferi:

1. la falda superficiale presente nei terreni di riporto generalmente grossolani a buona permeabilità; si tratta di una falda a carattere estremamente locale e stagionale, localmente separata, dal punto di vista idraulico, dalla falda sottostante dall'orizzonte per lo più continuo dei limi argillosi scuri, presenti praticamente in tutto il sito di centrale, a esclusione del settore nord-occidentale dove, sub-affiorano le calcareniti, sovrastate solo da un livello d'alterazione costituito da sabbie limose giallastre;
2. il secondo acquifero è rappresentato dalle calcareniti medio-pleistoceniche; si tratta di un acquifero potenzialmente molto produttivo, semiconfinato, compreso tra i limi al tetto e le argille grigio-azzurre al letto. Questo acquifero gode di un buon livello di protezione idraulica, garantito dalla presenza dei limi argillosi; tuttavia questi ultimi, in alcuni settori del sito non sono del tutto omogenei, passando a limi sabbiosi (settore nord-occidentale, Sondaggio S42) o addirittura scomparendo per lasciare il posto alle sabbie gialle di alterazione del substrato calcarenitico; queste ultime, così come i limi sabbiosi, sono comunque poco permeabili e determinano un forte rallentamento dell'infiltrazione dei potenziali inquinanti dagli strati più superficiali, non garantendo, però, un completo isolamento dell'acquifero.  
L'andamento prevalente di questo acquifero, nell'ambito della centrale, è O-E (Tavola XIII), tipicamente dall'entroterra verso il mare.

La falda artesianica sottostante, protetta dall'imponente pacco delle argille grigio-azzurre, non è stata mai raggiunta dai sondaggi eseguiti; essa risulta ben isolata idraulicamente dalle falde più superficiali.

#### 5.4 Misure in sito di parametri di qualità dell'acqua

Al momento del prelievo, i campioni di acqua sono stati sottoposti a misura elettrometrica dei principali parametri di qualità.

I risultati delle misure eseguite sono riportati nella Tabella seguente.

I valori di conducibilità elettrica sono riportati alla temperatura di 25°C.

I valori del potenziale di ossidoriduzione sono riferiti all'elettrodo standard ad idrogeno.

Piezometro / Pozzo	pH	Conducibilità [µS/cm]	O <sub>2</sub> disciolto [mg/l]	Potenziale Redox [mV]	T [°C]
S02	6,92	29000	0,37	263	22
S04	6,96	21700	0,82	140	25,2
S13	7,16	4990	0,23	247	26,7
S15	7,01	50700	0,22	10	20,9
S27	7,28	2050	0,25	87	27,6
S39	6,74	24100	0,21	133	20,8
S40	6,90	7310	0,34	221	20,7
S41	6,77	1806	0,33	348	22,5
S42	6,93	2120	1,52	373	19,6
S46	6,72	3690	0,37	420	20,4
S47	6,58	5130	0,62	434	20,2
S48	6,74	4230	1,11	366	22,2
S52	6,79	6450	0,48	356	18,5
S53	6,96	1263	5,7	360	19,8
S68	7,16	18300	0,9	311	22,2
S70	7,10	4750	0,52	90	22,8
S71	7,05	19400	0,50	163	22,2
PE1	6,76	18970	4,22	239	19,8
PE2	6,97	4270	4,621	276	19,8
PE3	6,99	9380	5,04	272	19,7

Tabella 17 – Misura dei parametri chimico – fisici

## 6 RISULTATI DELLE INDAGINI E CONFRONTO CON I LIMITI NORMATIVI

Le determinazioni analitiche sono state eseguite a cura dei Laboratori ENEL Greenpower, che hanno provveduto al ritiro dei campioni presso il sito, al loro trasporto al laboratorio analitico e a tutte le determinazioni quantitative di laboratorio.

ENEL Greenpower ha fornito a CESI i certificati analitici delle determinazioni effettuate, che sono stati ricevuti in data 09 gennaio 2004, n° protocollo A4/000369, qui riportati come Allegato 2

### 6.1.1 Terreni

I risultati delle determinazioni analitiche quantitative sui campioni di terreno, espressi come sostanza secca sulla frazione inferiore a 2 mm, sono riportati nei certificati analitici dell'Allegato 2, per i composti inorganici, e nel Rapporto di Prova dell'Allegato 4, per i composti organici e dell'Allegato 9 per la Diossine, a confronto con i valori di concentrazione limite accettabili specificati dal DM n° 471 del 25 ottobre 1999. Essendo l'area in oggetto un insediamento industriale attualmente attivo, i valori limiti di riferimento nel caso in esame sono quelli relativi alla destinazione d'uso industriale o commerciale.

Si sono misurati superamenti delle Concentrazioni Limite Accettabili per i parametri:

- Idrocarburi C>12

Per il parametro sopra citato, qui di seguito vengono messi in evidenza quei campioni che hanno manifestato superamenti delle Concentrazioni Limite Accettabili.

<b>IDROCARBURI C&gt;12</b>			
<i>CLA DM 471/99</i>		<i>mg/kg</i>	<i>750</i>
<b>sondaggio</b>	<i>profondità m da p.c.</i>		<i>concentrazione misurata</i>
	<i>da</i>	<i>a</i>	<i>mg/kg</i>
<b>S07</b>	3,4	4,0	2750
<b>S54</b>	2,8	3,8	1170
<b>S67</b>	2,2	2,8	3605
<b>S70</b>	2,3	3,5	3790

*Tabella 19: campioni di terreno che hanno superato la CLA per il parametro Idrocarburi C>12*

In tutti i casi, i superamenti dei limiti relativi agli Idrocarburi C>12 sono stati riscontrati negli strati che costituiscono la base del riporto, immediatamente al di sopra di un orizzonte costituito da limi argillosi, poco permeabili e che confinano, superiormente, la sottostante falda.

I sondaggi S07, S67 e S70 sono localizzati nell'area dei serbatoi di stoccaggio del gasolio (K25/1) e acque reflue oleose da inviare al trattamento di disoleazione (K25/2).

Il Sondaggio S54 non appartiene a quest'area, essendo ubicato in prossimità di uno degli oleodotti interrati di proprietà di terzi (oleodotto SOMICEM) che attraversano il territorio della proprietà ENEL Produzione.

Nella Tavola XIV viene illustrata la distribuzione dei punti di sondaggio che hanno evidenziato superamento dei limiti per gli Idrocarburi C>12.

Nella Tavola XVII viene illustrata la distribuzione dei piezometri nei quali si è evidenziato superamento dei limiti per l'Alluminio, assieme alla ricostruzione delle linee di isoconcentrazione del contaminante nell'acquifero, ottenuta per interpolazione tramite l'algoritmo di Kriging.

<b>BORO</b>	
<i>CLA DM 471/99</i>	<i>µg/L</i> <i>1000</i>
	<i>concentrazione misurata</i>
<b>piezometro</b>	<i>µg/L</i>
<b>S15</b>	2546
<b>S71</b>	1228

*Tabella 22: campioni di acque che hanno superato la CLA per il parametro Boro*

Nella Tavola XVII viene illustrata la distribuzione dei piezometri nei quali si è evidenziato superamento dei limiti per il Boro, assieme alla ricostruzione delle linee di isoconcentrazione del contaminante nell'acquifero, ottenuta per interpolazione tramite l'algoritmo di Kriging.

<b>FERRO</b>	
<i>CLA DM 471/99</i>	<i>µg/L</i> <i>200</i>
	<i>concentrazione misurata</i>
<b>piezometro</b>	<i>µg/L</i>
<b>PE1</b>	358
<b>S04</b>	348
<b>S40</b>	224
<b>S68</b>	831

*Tabella 23: campioni di acque che hanno superato la CLA per il parametro Ferro*

Nella Tavola XVIII viene illustrata la distribuzione dei piezometri/pozzi nei quali si è evidenziato superamento dei limiti per il Ferro, assieme alla ricostruzione delle linee di isoconcentrazione del contaminante nell'acquifero, ottenuta per interpolazione tramite l'algoritmo di Kriging.

## 7 FORMULAZIONE DEL MODELLO CONCETTUALE DEL SITO

### 7.1 Sintesi dello stato qualitativo dell'area

Per quanto riguarda lo stato qualitativo del sottosuolo, le indagini condotte hanno permesso di appurare quanto segue:

- per la maggior parte, il terreno presso il sito della centrale ENEL non è interessato da contaminazioni significative;
- in corrispondenza dei soli serbatoi di stoccaggio del gasolio (K25/1) e acque reflue oleose (K25/2), si è evidenziata una circoscritta contaminazione da sostanze organiche di origine petrolifera;
- la contaminazione del terreno interessa un'area ristretta, limitata al solo immediato intorno dei serbatoi, nei lati Sud e Ovest del bacino di contenimento;
- lo strato contaminato presenta uno spessore compreso tra 0,5 e 1,2 metri ed è localizzato a profondità variabile tra i 2,3 e i 4,0 metri da piano campagna;
- lo strato contaminato è costituito dalla base del riporto, al di sopra di un orizzonte di limi argillosi nerastri poco permeabili; questo orizzonte, che nell'area presenta uno spessore compreso tra 1,5 e 2,0 metri confina superiormente la falda e può costituire una protezione nei confronti della diffusione dei contaminanti; si è provveduto alla ricostruzione del profilo litostratigrafico di dettaglio in corrispondenza dell'area in oggetto, riportata nella Tavola XXIII;
- non si è evidenziata alcuna presenza di prodotto surnatante nei piezometri dell'area contaminata;
- la contaminazione da idrocarburi della falda acquifera, è stata riscontrata solo presso il piezometro S70, situato in corrispondenza del bacino di contenimento dei serbatoi del gasolio, già nei piezometri S68 e S71, posti immediatamente a valle, nel senso del gradiente idraulico, (di pochi metri e di 25 metri, rispettivamente) non si riscontrano superamenti della Concentrazioni Limite Accettabile per gli Idrocarburi; la contaminazione dell'acqua di falda risulta pertanto estremamente localizzata;
- è stato riscontrato un ulteriore punto di superamento della CLA per gli Idrocarburi C>12 nei terreni, precisamente presso il sondaggio S54, che risulta ubicato in accosto ad un tratto di oleodotto interrato di proprietà della società SOMICEM, che attraversa la porzione Nord del territorio di proprietà ENEL Produzione;
- l'acquifero superficiale principale presenta una direzione di scorrimento orientata in senso Ovest-Est, il cui vettore velocità è orientato perpendicolarmente alla linea di costa (vedi Tavola XIII);
- l'acquifero superficiale è di tipo semiconfinato, situato al di sotto di un orizzonte di limi argillosi; nella zona su cui insistono gli impianti, il tetto dell'acquifero si trova mediamente ad una profondità compresa tra i 5 e i 6 metri da p.c.. (vedi Tavola XXI);
- questo acquifero si presenta in leggera pressione, con risalienza fino a 1,5-2,5 m da p.c.;
- lo spessore dell'acquifero nella zona su cui insistono gli impianti, è compreso mediamente tra i 5 e i 7 metri (vedi Tavola XXII);
- nelle acque di falda si riscontra anche la presenza di Alluminio, Boro, Ferro, Manganese e Piombo in concentrazioni superiori ai limiti normativi; questa contaminazione è diffusa su tutta l'area anche attorno centrale ed interessa anche i piezometri e pozzi posti a monte, nel senso del gradiente idraulico, rispetto agli impianti della centrale (PE1, S40, S41, S42, S52, S53);

La contaminazione da parte di metalli appare estesa a tutta l'area del sito, ed interessa anche i piezometri e pozzi posti a monte, nel senso del gradiente idraulico, rispetto agli impianti della centrale. Si tratta dunque di una contaminazione diffusa su un'area vasta, che non origina all'interno del sito e che può derivare da cause antropiche (dispersione al suolo o interrimento di materiali contaminanti) o naturali (litologia ad elevata mineralizzazione).

Tra le passate attività della centrale che possono avere originato un rilascio di metalli, la più importante dal punto di vista del rischio di contaminazione del sottosuolo è costituita dall'accumulo delle ceneri da

La classificazione dei diversi prodotti petroliferi viene fatta sulla base del punto di ebollizione e del numero di atomi di carbonio presenti nelle molecole degli idrocarburi. All'aumentare del numero di atomi di carbonio, a parità di ramificazioni della molecola e legami chimici, diminuisce la volatilità ed aumenta il punto di ebollizione del liquido.

Andando in ordine dai più "leggeri" ai più "pesanti", si distinguono i seguenti prodotti:

Benzine: costituite da idrocarburi compresi per lo più nel campo tra C5 e C12 e da additivi che vi vengono miscelati allo scopo di migliorare le prestazioni come carburanti.

Gli idrocarburi sono principalmente alifatici e aromatici; la frazione aromatica, che può ammontare fino al 40%, contiene benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), toluene (C<sub>7</sub>H<sub>8</sub>), etilbenzene (C<sub>8</sub>H<sub>10</sub>) e xileni (C<sub>8</sub>H<sub>10</sub>), cumulativamente indicati come BTEX. Possono essere presenti anche piccole quantità di Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA). I più leggeri tra gli idrocarburi sono molto volatili ed evaporano rapidamente, per cui la loro quantità è molto ridotta negli sversamenti di vecchia data.

Gli additivi, utilizzati per aumentare il numero di ottano, consistono in composti ossigenati, come alcoli e eteri, in particolare il metil-terbutil-etero (MTBE), che è stato usato a partire dagli anni '80; in precedenza, come additivo veniva comunemente impiegato il tetraetil-piombo o altri composti simili.

Cherosene: miscela di idrocarburi da C11 a C13, che distillano nel campo da 150° a 250° C. Gli idrocarburi aromatici costituiscono dal 10 al 20% del cherosene.

Gasolio diesel: miscela di idrocarburi da C10 a C20, con punto di ebollizione tra 160° e 400° C. Una frazione compresa tra il 25% e il 35% è costituita da composti aromatici, principalmente benzeni alchilati e naftaleni; le concentrazioni di BTEX sono generalmente basse. A causa del loro elevato peso molecolare, i costituenti di questi prodotti sono meno volatili, meno solubili in acqua e meno mobili dei composti contenuti in benzine e cherosene.

Olio combustibile: costituito da idrocarburi nel campo da C19 a C25, con punto di ebollizione compreso tra 315° e 540° C; contiene dal 15% al 40% di aromatici, soprattutto fenantreni alchilati e naftaleni e una frazione tra il 15% e il 30% di composti polari contenenti azoto, zolfo, ossigeno. E' un liquido molto più viscoso dell'acqua.

Oli lubrificanti: costituiti principalmente da idrocarburi da C20 a C45, che bollono tra 425° e 540° C. Sono arricchiti delle frazioni molecolari più complesse presenti nel greggio di origine, come le cicloparaffine e gli idrocarburi aromatici polinucleari (PNA) e sono abbondanti le molecole contenenti azoto, zolfo e ossigeno. I composti aromatici costituiscono dal 10% al 30% del totale. Questi oli sono relativamente viscosi ed insolubili in acqua e poco mobili nel sottosuolo.

I prodotti idrocarburici identificati nei 4 campioni di terreno prelevati presso la centrale ENEL di Priolo risultati contaminati (di cui 3 nell'intorno dei serbatoi del gasolio e 1 in vicinanza dell'oleodotto interrato di proprietà della Società SOMICEM), rientrano in gran parte nel campo di strutture molecolari comprese tra C12 e C25.

A causa della complessità della composizione e dei numerosi fattori e fenomeni chimici, fisici e biologici che controllano e influenzano la migrazione e la degradazione dei composti organici, non è possibile stabilire a priori delle regole fisse riguardanti il loro comportamento nel sottosuolo.

I composti organici migrano nel sottosuolo con velocità diverse tra loro, perciò in presenza di una miscela di idrocarburi, si può creare un pennacchio di inquinamento frazionato. Tali differenze di migrazione sono funzione sia delle caratteristiche fisiche e geometriche della matrice solida del terreno, sia delle proprietà chimico-fisiche dei prodotti.

Molteplici sono i fenomeni che influenzano la migrazione e il destino dei composti organici nel sottosuolo, i più importanti dei quali sono: adsorbimento, volatilizzazione, diluizione, attività biologica.

I composti organici, una volta dispersi nel sottosuolo, si possono suddividere in tre fasi separate:

- fase volatile (gassosa),
- fase solubile in acqua,

matrice solida dei terreni, i metalli possono subire complessi processi chimico-fisici, mediati da reazioni chimiche (precipitazione di fasi solide), assorbimento, adsorbimento, scambio ionico, ecc. Nella maggior parte dei casi, la concentrazione di un particolare metallo è determinata dalla solubilità della sua fase solida meno solubile nelle condizioni chimiche presenti nel sottosuolo; queste condizioni sono funzione, principalmente, dei valori di pH e potenziale di ossidoriduzione, oltre che della concentrazione di tutte le altre specie presenti in soluzione.

Alluminio, Ferro e Manganese sono metalli ubiquitari e abbondanti, presenti anche nella matrice mineralogica dei terreni stessi.

La solubilizzazione dell'Alluminio è determinata dai valori di pH (la solubilità aumenta nettamente anche per piccoli scostamenti dalla neutralità, sia nel campo acido, sia nel campo alcalino), oltre che dalla presenza di ioni complessanti (in particolare gli ioni cloruro).

Ferro e Manganese possono venire mobilizzati in condizioni chimiche riducenti, quali spesso si determinano nei suoli in cui si abbia presenza di materiale organico.

La solubilità del Piombo dipende direttamente dai valori di pH ed aumenta nel campo acido.

Il Boro è presente nelle acque marine a concentrazioni elevate, comprese tra 4.000 e 5.000 µg/l. Esso è particolarmente mobile in quanto entra in soluzione sotto forma di ossoanione borato, il quale subisce poche reazioni di attenuazione.

## 7.4 Percorsi di migrazione e vie di esposizione dei possibili bersagli

### 7.4.1 *Composti di origine petrolifera*

Dai risultati delle indagini condotte, è possibile individuare una sola sorgente di contaminazione che origina dalle attività svolte presso il sito, costituita dalla presenza di idrocarburi di origine petrolifera nell'immediato intorno dei serbatoi del gasolio.

La contaminazione interessa il terreno, nello strato alla base del riporto e immediatamente al di sopra dei limi argillosi che confinano superiormente la falda, che localmente presentano spessore da circa 1,5 a 2,0 metri. In corrispondenza del punto centrale di detta contaminazione, è stata riscontrata la presenza di idrocarburi in fase disciolta anche nell'acqua di falda. Questa contaminazione non è peraltro stata evidenziata nei piezometri posti immediatamente a valle, anche se posti a distanze molto prossime.

La contaminazione risulta, quindi, limitata quantitativamente e fortemente localizzata arealmente; non risulta essere in corso alcuna diffusione/dispersione attraverso le acque di falda.

In simile situazione, quindi, pur essendo in presenza di una sorgente di contaminazione, non si identifica alcun meccanismo di trasporto in atto e, di conseguenza, nessuna via di possibile esposizione e nessun recettore potenziale.

Il Modello Concettuale del Sito, per quanto riguarda:

- le sorgenti della contaminazione,
- i meccanismi di trasporto,
- i percorsi di possibile esposizione dei recettori,
- i potenziali recettori,

è sintetizzato nel diagramma di flusso seguente.

In conseguenza dell'analisi sopra riportata, alla luce delle conoscenze attuali, non si individua alcun possibile recettore.

7.4.2 Metalli

Il Modello Concettuale del Sito, per quanto riguarda:

- le sorgenti della contaminazione,
- i meccanismi di trasporto,
- i percorsi di possibile esposizione dei recettori,
- i potenziali recettori,

é sintetizzato nel diagramma di flusso seguente.

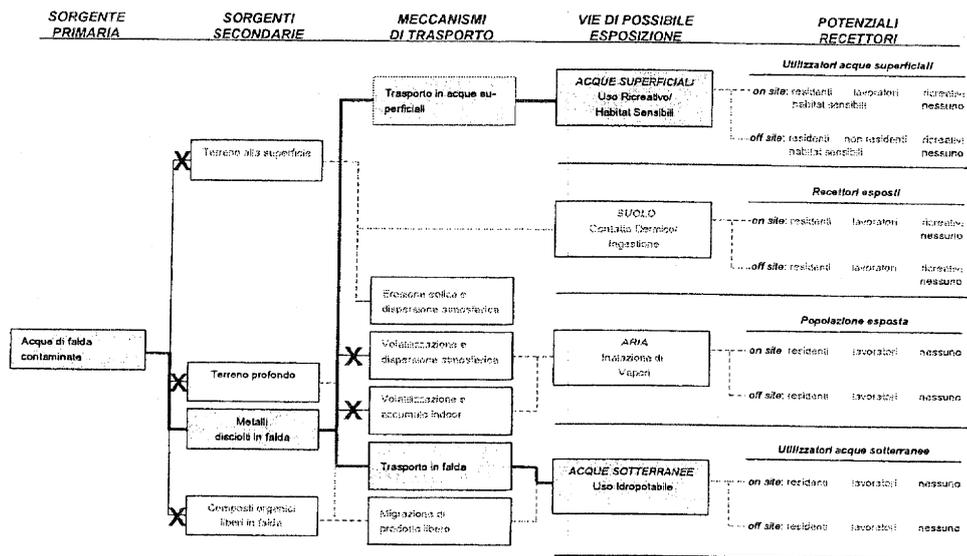


Figura 7: diagramma di flusso delle vie di esposizione dei possibili bersagli

Identificazione delle Sorgenti di Contaminazione

Nel diagramma, la sorgente della contaminazione è indicata come “ Acque di falda contaminate”; che, nel caso in esame, comporta la presenza di contaminanti inorganici (metalli) nell’acqua della falda superficiale, sotto forma di fase disciolta. Questa contaminazione risulta diffusa su tutta l’area attorno alla centrale, anche nel settore idraulicamente a monte e non risulta correlabile alle attività condotte in centrale.

Identificazione dei Meccanismi di trasporto

Poiché la contaminazione in esame è limitata alla sola acqua di falda e implica solo composti inorganici, le vie di migrazione dei contaminanti costituite dal ruscellamento superficiale delle acque meteoriche, dalla erosione eolica, dalla volatilizzazione di composti volatili e la migrazione di prodotto libero in falda non sono state considerate pertinenti nel caso in esame.

L’unico meccanismo di trasporto possibile, quindi, si riduce al solo trasporto in falda dei contaminanti in soluzione.

Identificazione delle vie di possibile esposizione

## 8 CONCLUSIONI

Nell'area indagata, l'acquifero superficiale principale è di tipo semiconfinato, situato al di sotto di un orizzonte di limi argillosi, e presenta una direzione di scorrimento orientata in senso Ovest-Est, il cui vettore velocità è orientato perpendicolarmente alla linea di costa. Questo acquifero si presenta in leggera pressione, con risalienza fino a 1,5-2,5 m da p.c.. Lo spessore dell'acquifero nella zona su cui insistono gli impianti, è compreso mediamente tra i 5 e i 7 metri.

Per la maggior parte, il terreno presso il sito della centrale ENEL non è interessato da contaminazioni significative.

Nell'area indagata è stata riscontrata unicamente una limitata contaminazione da parte di sostanze organiche di origine petrolifera, ristretta al solo immediato intorno dei serbatoi di stoccaggio del gasolio e acque reflue (K25/1 e K25/2). Tale contaminazione del terreno interessa l'immediato intorno dei serbatoi, nei lati Sud e Ovest del bacino di contenimento, ed è localizzato a profondità variabile tra i 2,3 e i 4,0 metri da piano campagna, alla base del riporto e al di sopra di un orizzonte di limi argillosi nerastri poco permeabili che confina superiormente la falda.

In nessuno dei piezometri e pozzi presenti nell'area contaminata si è evidenziata alcuna presenza di prodotto surnatante.

La presenza di idrocarburi in soluzione nelle acque della falda è stata riscontrata solo presso un piezometro situato in corrispondenza del bacino di contenimento dei serbatoi del gasolio; già nei piezometri posti immediatamente a valle, anche di pochi metri, non si riscontrano superamenti della Concentrazioni Limite Accettabili per gli Idrocarburi; la contaminazione dell'acqua di falda risulta pertanto estremamente localizzata.

È stato riscontrato un ulteriore punto di superamento della CLA per gli Idrocarburi  $C>12$  nei terreni, presso un punto di indagine che risulta ubicato in accosto ad un tratto di oleodotto interrato di proprietà della società SOMICEM, che attraversa la porzione Nord del territorio di proprietà ENEL Produzione;

Nelle acque di falda si riscontra anche la presenza di Alluminio, Boro, Ferro, Manganese e Piombo. in concentrazioni superiori ai limiti normativi; questa contaminazione è diffusa su tutta l'area attorno alla centrale, ed interessa anche i piezometri e pozzi posti a monte rispetto agli impianti della centrale. Si tratta dunque di una contaminazione diffusa su un'area vasta, che non origina necessariamente all'interno del sito

## ELENCO DELLE TAVOLE FUORI TESTO

- TAVOLA I:** corografia del sito (scala 1:7.500)
- TAVOLA II:** planimetria generale dell'impianto (scala 1:2.000)
- TAVOLA III:** planimetria delle indagini geognostiche pregresse (scala 1:4.000)  
*fonte: Progetto per la caratterizzazione dello stato qualitativo dell'area della centrale termoelettrica ENEL di Priolo Gargallo (SR) – ENEL/PIN/AMB, 1999*
- TAVOLA IV:** sezione stratigrafica (scala orizzontale 1:4.000; scala verticale 1:1.000)  
*fonte: Progetto per la caratterizzazione dello stato qualitativo dell'area della centrale termoelettrica ENEL di Priolo Gargallo (SR) – ENEL/PIN/AMB, 1999*
- TAVOLA V:** sezione stratigrafica (scala orizzontale 1:4.000; scala verticale 1:1.000)  
*fonte: Progetto per la caratterizzazione dello stato qualitativo dell'area della centrale termoelettrica ENEL di Priolo Gargallo (SR) – ENEL/PIN/AMB, 1999*
- TAVOLA VI:** sezione stratigrafica (scala orizzontale 1:4.000; scala verticale 1:1.000)  
*fonte: Progetto per la caratterizzazione dello stato qualitativo dell'area della centrale termoelettrica ENEL di Priolo Gargallo (SR) – ENEL/PIN/AMB, 1999*
- TAVOLA VII:** sezione stratigrafica (scala orizzontale 1:4.000; scala verticale 1:1.000)  
*fonte: Progetto per la caratterizzazione dello stato qualitativo dell'area della centrale termoelettrica ENEL di Priolo Gargallo (SR) – ENEL/PIN/AMB, 1999*
- TAVOLA VIII:** ubicazione dei pozzi di approvvigionamento idrico della centrale (scala 1:4.000)
- TAVOLA IX:** ubicazione dei punti di sondaggio (scala 1:4.000)
- TAVOLA X:** ubicazione dei punti di prelievo per la determinazione di PCDD/PCDF (scala 1:4.000)
- TAVOLA XI:** ubicazione delle sezioni idrogeologiche (scala 1:4.000)
- TAVOLA XII:** ricostruzione delle sezioni idrogeologiche
- TAVOLA XIII:** livello statico della falda semiconfinata, misura del giorno 22/10/2003 (scala 1:4.000)
- TAVOLA XIV:** punti di sondaggio che hanno evidenziato superamento dei limiti per gli Idrocarburi C>12 (scala 1:4.000)
- TAVOLA XV:** piezometri nei quali si è evidenziato superamento dei limiti per gli Idrocarburi (scala 1:4.000)
- TAVOLA XVI:** piezometri/pozzi nei quali si è evidenziato superamento dei limiti per l'Alluminio e ricostruzione delle linee di isoconcentrazione del contaminante nell'acquifero (scala 1:4.000)
- TAVOLA XVII:** piezometri/pozzi nei quali si è evidenziato superamento dei limiti per il Boro e ricostruzione delle linee di isoconcentrazione del contaminante nell'acquifero (scala 1:4.000)
- TAVOLA XVIII:** piezometri/pozzi nei quali si è evidenziato superamento dei limiti per il Ferro e ricostruzione delle linee di isoconcentrazione del contaminante nell'acquifero (scala 1:4.000)
- TAVOLA XIX:** piezometri/pozzi nei quali si è evidenziato superamento dei limiti per il Manganese e ricostruzione delle linee di isoconcentrazione del contaminante nell'acquifero (scala 1:4.000)
- TAVOLA XX:** piezometri/pozzi nei quali si è evidenziato superamento dei limiti per il Piombo (scala 1:4.000)
- TAVOLA XXI:** falda semiconfinata - profondità del tetto dell'acquifero (scala 1:4.000)

**TAVOLA I:** corografia del sito (scala 1:20.000)