

**Cliente** Enel PRODUZIONE PSV-AAU

**Oggetto** Centrale Termoelettrica Enel di Sulcis (CA) – Piano della Caratterizzazione

**Ordine** e-mail di Urbani del 21/11/2003

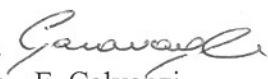

**Note**

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

**N. pagine** 108                      **N. pagine fuori testo** 27

**Data** 08/04/2004

**Elaborato** DAM – Linea Acque e Suolo  
Consulenti

R. Garavaglia   
 x S. Malinverno - F. Calvenzi 

**Verificato** DAM – Linea Acque e Suolo

R. Vitali 

**Approvato** DAM – Responsabile Linea Acque e Suolo

R. Vitali 

## *Indice*

<b>SINTESI NON TECNICA.....</b>	<b>4</b>
<b>1   PREMESSA.....</b>	<b>8</b>
<b>2   DESCRIZIONE DEL SITO, ATTUALE E STORICA .....</b>	<b>9</b>
2.1   IL SITO PRODUTTIVO .....	9
2.2   STORIA DELL'IMPIANTO .....	13
2.2.1 <i>Fasi successive di realizzazione degli impianti</i> .....	13
2.2.2 <i>Misure di ambientalizzazione</i> .....	13
2.3   DESCRIZIONE DEL PROCESSO .....	15
2.3.1 <i>Il ciclo produttivo</i> .....	15
2.3.2 <i>Profilo produttivo della centrale</i> .....	28
2.3.3 <i>Tipologia dei processi</i> .....	29
2.3.4 <i>Attività, operazioni, situazioni e sostanze ambientalmente rilevanti</i> .....	31
2.4   EPISODI AMBIENTALMENTE RILEVANTI RISCONTRATI IN PASSATO .....	39
2.4.1 <i>Area del Parco Ceneri</i> .....	39
2.4.2 <i>Stato generale dell'area di centrale</i> .....	46
2.4.3 <i>Ritrovamento di sostanze oleose disperse nel terreno</i> .....	46
2.4.4 <i>Fuoriuscita di OCD dal serbatoio di stoccaggio TK3</i> .....	47
<b>3   CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DEL SITO.....</b>	<b>48</b>
3.1   INQUADRAMENTO GEOGRAFICO TERRITORIALE DEL SITO .....	48
3.2   METEOROLOGIA.....	48
3.3   INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO .....	50
3.3.1 <i>Assetto regionale</i> .....	50
3.3.2 <i>Assetto locale</i> .....	50
3.3.3 <i>Stratigrafia del sito</i> .....	50
3.4   ASSETTO IDROGEOLOGICO .....	56
3.4.1 <i>Assetto regionale</i> .....	56
3.4.2 <i>Assetto del sito</i> .....	56
3.4.3 <i>Pozzi di approvvigionamento</i> .....	59
3.5   DESTINAZIONE D'USO PREVISTA DAGLI STRUMENTI URBANISTICI.....	60
3.6   OBIETTIVI DI RECUPERO DELL'AREA IN FUNZIONE DEI RIFERIMENTI NORMATIVI E DELLA DESTINAZIONE D'USO .....	60
<b>4   MODELLO CONCETTUALE PRELIMINARE.....</b>	<b>64</b>
4.1   IDENTIFICAZIONE DEI "CENTRI DI PERICOLO".....	64
4.2   SINTESI DELLO STATO QUALITATIVO DELL'AREA.....	65
4.3   CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DELL'ACQUIFERO.....	65
4.4   ACCUMULI DI CARBONE.....	66
4.4.1 <i>Descrizione del parco carbone</i> .....	66
4.4.2 <i>Percorsi di migrazione della contaminazione e vie di esposizione</i> .....	66
4.4.3 <i>Individuazione delle sostanze indicatrici</i> .....	69
4.5   STOCCAGGIO DELL'OLIO COMBUSTIBILE .....	70
4.5.1 <i>Descrizione del deposito degli oli combustibili</i> .....	70
4.5.2 <i>Prodotti Stoccati</i> .....	70
4.5.3 <i>Percorsi di migrazione della contaminazione e vie di esposizione dei possibili bersagli</i> .....	70
4.5.4 <i>Individuazione delle sostanze indicatrici</i> .....	73
4.6   ACCUMULI DI CENERI DI CARBONE.....	74

4.6.1	<i>Descrizione del parco ceneri.....</i>	74
4.6.2	<i>Prodotti Stoccati.....</i>	74
4.6.3	<i>Percorsi di migrazione della contaminazione e vie di esposizione.....</i>	76
4.6.4	<i>Individuazione delle sostanze indicatrici.....</i>	78
4.7	<b>ALTRI CENTRI DI PERICOLO.....</b>	<b>80</b>
4.7.1	<i>Area dell'impianto ITAR.....</i>	80
4.7.2	<i>Area dell'impianto ITAO.....</i>	81
4.7.3	<i>Area dell'impianto acque ammoniacali.....</i>	82
4.7.4	<i>Vasca di decantazione delle ceneri pesanti.....</i>	82
4.7.5	<i>Serbatoi di gasolio (attuali e dismessi).....</i>	83
4.7.6	<i>Area dell'impianto TSD (Trattamento Spurghi Desox).....</i>	83
4.7.7	<i>Area dell'ex centrale Portovesme.....</i>	84
<b>5</b>	<b>PIANO DI INVESTIGAZIONE INIZIALE.....</b>	<b>85</b>
5.1	<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>85</b>
5.2	<b>UBICAZIONE DELLE INDAGINI.....</b>	<b>85</b>
5.2.1	<i>Maglia sistematica.....</i>	86
5.2.2	<i>Maglia ragionata.....</i>	86
5.2.3	<i>Maglia complessiva di indagine.....</i>	87
5.2.4	<i>Profondità dei sondaggi.....</i>	87
5.3	<b>METODOLOGIE DI INDAGINE DEL SUOLO/SOTTOSUOLO E ACQUE SOTTERRANEE.....</b>	<b>92</b>
5.3.1	<i>Esecuzione dei sondaggi a carotaggio continuo.....</i>	92
5.3.2	<i>Modalità di prelievo dei campioni di terreno.....</i>	94
5.3.3	<i>Prelievo di campioni di terreno superficiale destinate alla determinazione di Diossine e Furani... ..</i>	96
5.3.4	<i>Prove di permeabilità tipo Lefranc.....</i>	96
5.3.5	<i>Installazione dei piezometri.....</i>	98
5.3.6	<i>Misure di soggiacenza della falda.....</i>	100
5.3.7	<i>Modalità di prelievo delle acque sotterranee.....</i>	101
5.4	<b>DETERMINAZIONI ANALITICHE.....</b>	<b>103</b>
5.4.1	<i>Parametri da determinare.....</i>	103
5.4.2	<i>Procedure di laboratorio.....</i>	103

## ELENCO DELLE TAVOLE FUORI TESTO Tot. pagg. 9

**ALLEGATO 1** prot. A4/005102 - Tabelle di risultati analitici stralciate dal documento “*Piano per la sistemazione dei siti interessati dalla presenza di ceneri di carbone, terreni di riporto e materiali di scavo nell’area della centrale Sulcis*” – *Relazione Tecnica Generale* – luglio 2000. Tot pagg. 12

**ALLEGATO 2** prot. A4/005100 - Tabelle di risultati analitici stralciate dal documento “*Risultati della caratterizzazione del suolo, del sottosuolo e delle acque sotterranee nell’area della centrale Termoelettrica Sulcis*”- luglio 2001. Tot pagg. 6

## Storia delle revisioni

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
0	08/04/2004	A4/011098	prima emissione

## SINTESI NON TECNICA

Il settore delle bonifiche è stato normato per la prima volta in modo organico dall'articolo 17 del Decreto Legislativo del 5 febbraio 1997, n. 22. Il regolamento tecnico richiesto da tale provvedimento normativo si esplicita con il Decreto Ministeriale del 25 ottobre 1999, n. 471 *"Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica ed il ripristino ambientale dei siti inquinati"*.

In tale DM sono stati stabiliti i criteri, le modalità e le procedure per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati e sono stati fissati i limiti di accettabilità della contaminazione dei suoli, il cui superamento obbliga ad effettuare interventi di bonifica.

A queste indicazioni normative si aggiunge l'articolo 1 della Legge del 9 dicembre 1998, n. 426 *"Nuovi interventi in campo ambientale"*, in cui si individua un primo elenco di interventi di bonifica di "interesse nazionale".

La centrale Termoelettrica di Sulcis ricade all'interno del sito di interesse nazionale del Sulcis-Iglesiente-Guspinese, come risulta dalla perimetrazione specificata nel successivo Decreto Ministeriale del 12 marzo 2003.

Secondo le indicazioni contenute nell'Allegato 4 al D.M. 471/99, il "Piano di Caratterizzazione":

- descrive dettagliatamente il sito e tutte le attività che si sono svolte o che ancora si svolgono;
- individua le correlazioni tra le attività svolte e tipo, localizzazione ed estensione della possibile contaminazione;
- descrive le caratteristiche delle componenti ambientali sia all'interno del sito che nell'area da questo influenzata;
- descrive le condizioni necessarie alla protezione ambientale e alla tutela della salute pubblica;
- presenta un piano delle indagini da attuare per definire tipo, grado ed estensione dell'inquinamento.

Il presente lavoro si prefigge quindi di definire il Piano della Caratterizzazione del sito su cui insiste la Centrale Enel di Sulcis.

Tutti i dati e le informazioni presentate costituiscono la sintesi e la sistematizzazione della documentazione pregressa circa la storia, le geologia, le condizioni attuali del sito e le indagini già effettuate.

Il **Capitolo 2** presenta una dettagliata descrizione del sito, sia nelle sue condizioni attuali che storiche.

La Centrale termoelettrica di Sulcis è ubicata nella costa sud-occidentale della Sardegna, in corrispondenza della demarcazione tra le aree geografiche denominate Iglesias e Sulcis.

Occupava un'area di circa 70 ettari, sul territorio del Comune di Portoscuso all'interno del polo industriale di Portovesme. Sorge in una zona a destinazione d'uso industriale.

In precedenza le aree occupate dall'insediamento erano incolte, occasionalmente asservite a pascolo. Da segnalare che le opere di livellamento del piano campagna per la costruzione della centrale hanno comportato anche il riporto di terreni di copertura per colmare alcune aree acquitrinoso/salmastre.

L'impianto è dedicato alla produzione di energia elettrica tramite l'uso di carbone e di olio combustibile denso.

Nell'area della centrale Sulcis sono presenti tre sezioni termoelettriche, la 1 e la 2 da 240 MW lordi alimentabili a carbone, attualmente in via di trasformazione e ambientalizzazione mediante la costruzione di un'unica caldaia a letto fluido alimentabile a carbone e la sezione 3 da 240 MW lordi, alimentabile a carbone e OCD. Le prime due sezioni (Sulcis 1 e 2) costruite dalla Società CARBOSARDA, sono state conferite all'Enel successivamente all'atto della costituzione dell'Ente Elettrico ed entrate in esercizio commerciale rispettivamente il 15/04/65 e il 06/05/66.

La terza sezione termoelettrica (Sulcis 3) è stata totalmente realizzata dall'Enel ed è entrata in esercizio commerciale il 21/11/86. Oggi è l'unico impianto in funzione nel sito.

Nel paragrafo 2.3. vengono quindi presentati:

- i dati relativi alla produzione,
- la tipologia dei processi industriali,
- le attività, operazioni, situazioni e sostanze ambientalmente rilevanti.

Questi ultimi in particolare vengono presi in esame individualmente e presentati sotto forma di schede descrittive.

Nel paragrafo 2.4. vengono presentate le principali industrie site nelle aree limitrofe alla centrale e descritti i loro processi produttivi al fine di ipotizzare il loro impatto ambientale.

Nel paragrafo 2.5. vengono descritti ed analizzati gli episodi ambientalmente rilevanti occorsi in passato e presentati i risultati di studi ambientali precedentemente condotti sul sito.

Il **Capitolo 3** presenta una caratterizzazione ambientale del sito, che viene dettagliata nei seguenti punti:

- inquadramento geografico-territoriale del sito,
- meteorologia,
- inquadramento geologico e geomorfologico,
- assetto idrogeologico.

La Centrale Termoelettrica di Sulcis è situata nel Comune di Portoscuso, in fregio al litorale.

Le intere aree di questo Comune sulle quali oggi sorgono gli stabilimenti industriali, sono state ottenute livellando quelli che erano terreni incolti, originati da depositi alluvionali con un orizzonte di spessore superiore ai 30 m costituito da sabbie limose.

In base alle informazioni reperite circa la stratigrafia del sito, il sottosuolo della centrale è caratterizzato da un pacco di depositi alluvionali continuo e sostanzialmente omogeneo, costituito da un orizzonte di sabbie limose con spessore superiore ai 30 m. L'omogeneità dei depositi è spesso interrotta dalla presenza di lenti estese di materiale più fine (argilla chiara plastica) che però non possono considerarsi continue.

La falda freatica, alloggiata in orizzonti sabbiosi o limosi, risulta di scarso rilievo e per lo più alimentata dai regimi delle ricadute meteoriche. Il livello statico si situa a debole profondità, con oscillazioni contenute,

Il sito Enel di Sulcis non è interessato da corsi d'acqua naturali o artificiali.

L'acqua di raffreddamento, che costituisce la quasi totalità dell'acqua consumata dalla centrale, è prelevata esclusivamente dal mare all'interno del porto commerciale.

Da segnalare che nella zona sud della centrale, confinante con la discarica dei "fanghi rossi" della società Eurallumina, è tuttora presente, seppure non più utilizzato, un bacino per il deposito delle ceneri da carbone, dove sono ancora giacenti oltre 100.000 metri cubi di vecchie ceneri.

Nel **Capitolo 4** viene presentato il cosiddetto Modello Concettuale preliminare, dedotto sulla base delle informazioni esistenti. I dati disponibili vengono presentati in maniera dettagliata per ognuna delle situazioni di attenzione individuate.

Il modello concettuale deve permettere di individuare nel dettaglio le caratteristiche di impianti e strutture presenti sul sito correlandole con la loro potenzialità a generare inquinamento nelle diverse matrici ambientali, quali suolo, sottosuolo, atmosfera, acque superficiali e sotterranee.

Dall'esame delle componenti funzionali del processo produttivo, alcune attività di stoccaggio si evidenziano immediatamente per presentare un "rischio" significativo per l'ambiente, per la loro rilevanza in termini soprattutto quantitativi. Questi stoccaggi sono:

- lo stoccaggio di carbone presso il parco carbone,
- lo stoccaggio di Olio Combustibile Denso (O.C.D.) presso il parco nafta,
- lo stoccaggio delle vecchie ceneri da carbone.

La definizione del modello concettuale viene focalizzata a questi tre elementi prioritari sopra evidenziati.

Dal punto di vista idrogeologico, sulla scorta dei dati e delle stratigrafie raccolti, la zona presenta delle caratteristiche che possono così essere sinteticamente riassunte:

- il terreno, in tutta l'area della centrale, presenta una certa omogeneità, sia in senso verticale sia in senso orizzontale;
- l'area, è stata ottenuta per livellazione, utilizzando modesti apporti di materiali di riporto. Tali materiali, costituiscono il primo orizzonte stratigrafico, molto permeabile e spesso pochi metri. In tale strato è presente una falda alimentata dalle infiltrazioni meteoriche. La soggiacenza di tale falda, si attesterebbe a circa 2 m di profondità dal piano di campagna, che corrisponde ad una elevazione di 0,50 m s.l.m.; E' possibile identificare almeno due direzioni principali delle acque di falda, una NNE-SSO e l'altra ENE-OSO, entrambe dirette verso il mare e tendenti a convergere verso la zona centrale del sito. Questa falda freatica risente dell'andamento delle precipitazioni ed è soggetta ad intrusioni del cuneo salino in relazione alla vicinanza del sito alla linea di costa.

Nel settore compreso tra la centrale, la discarica di fanghi rossi di proprietà Eurallumina, la linea di costa e l'attuale porto industriale di Portovesme, su di una superficie di circa 14 ettari, è ubicata la cosiddetta "Area 5", in passato utilizzata come stoccaggio di ceneri veicolate ad umido con acqua di mare.

Nel 1989 l'Enel avviò le operazioni di rimozione delle ceneri stoccate, con successivo smaltimento in discarica controllata. Da indagini effettuate nel 1999-2000, è stata evidenziata la presenza di ceneri, residue dalla precedente rimozione, per un volume stimato pari a circa 120.000 m<sup>3</sup>, corrispondente ad un quantitativo di circa 140.000 tonnellate. Gli spessori più consistenti di cenere (da 50 cm a 3 m) interessano circa il 40 % dell'area totale. In alcuni dei punti di sondaggio indagati sono stati evidenziati superamenti della CMA per il parametro Vanadio.

Infine, il 40 % circa dell'area relativa al parco ceneri risulta coperta da uno strato di terreno di copertura il cui spessore varia da 5 a 100 cm circa. Il terreno era stato a suo tempo fornito in qualità di tout-venant di cava; successivamente è stato accertato che il materiale, in realtà, è

costituito da sterili di miniera provenienti dal vicino comprensorio minerario, con tenori di piombo, cadmio e zinco superiori ai limiti imposti dal D.M. 471/99 per quanto riguarda i suoli destinati ad uso commerciale ed industriale.

Nell'area sono stati installati pozzi piezometrici e sono state analizzate le acque sotterranee. I risultati analitici ottenuti mostrano che le concentrazioni nelle acque di falda degli elementi potenzialmente lisciviabili dalle ceneri di carbone non superano i limiti accettabili nelle acque sotterranee stabiliti dal Decreto Ministeriale 471/99.

La rimanente area del territorio della centrale è stata indagata per mezzo di un numero limitato di sondaggi e piezometri. I parametri analitici determinati sia sulle acque sia sui terreni non hanno evidenziato alcun superamento delle CMA previste dal D.M. 471/99.

Lo sviluppo del Modello Concettuale relativo ai tre centri di pericolo principali, sviluppato relativamente all'identificazione di:

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

non ha portato all'identificazione di alcun possibile recettori di eventuali contaminazioni in atto.

Oltre ai centri di pericolo costituiti dalle aree di stoccaggio sopra menzionate, presso l'impianto esistono, o sono esistiti, numerosi altri potenziali centri di pericolo di minore rilevanza, tra i quali si segnalano:

- l'area dell'impianto ITAR
- l'area dell'impianto ITAO
- l'area dell'impianto di trattamento delle acque ammoniacali (impianto Castagnetti)
- la vasca di decantazione delle ceneri pesanti
- i serbatoi di gasolio (attuali e dismessi)
- l'impianto di stoccaggio dell'ammoniaca
- l'area dell'impianto TSD
- l'area su cui insisteva la centrale Portovesme, ora smantellata.

Nel **Capitolo 5** viene presentato il Piano di Indagini che si intende mettere in atto presso il sito della centrale di Sulcis. Esso prevede:

- n° 140 sondaggi del terreno,
- n° 6 prelievi di terreno superficiale per la sola determinazione di Diossine e Furani e PCB,
- n° 29 prove di permeabilità di tipo Lefranc, per la caratterizzazione fisica della falda,
- installazione di n° 29 piezometri di controllo dell'acqua sotterranea,
- prelievo ed analisi chimiche di campioni di terreno,
- prelievo ed analisi chimiche di campioni di acque sotterranee,

Vengono illustrate nel dettaglio la localizzazione e le caratteristiche di tutti i punti di indagine e le modalità operative che verranno seguite.

## 1 PREMESSA

Il presente lavoro si inquadra nel nuovo contesto normativo nazionale in ambito di bonifica e ripristino ambientale.

Il settore delle bonifiche, infatti, è stato normato per la prima volta in modo organico dall'articolo 17 del Decreto Legislativo del 5 febbraio 1997, n. 22. Il regolamento tecnico richiesto da tale provvedimento normativo si esplicita con il Decreto Ministeriale del 25 ottobre 1999, n. 471 "*Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica ed il ripristino ambientale dei siti inquinati*". In tale DM sono stati stabiliti i criteri, le modalità e le procedure per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati e sono stati fissati i limiti di accettabilità della contaminazione dei suoli, il cui superamento obbliga ad effettuare interventi di bonifica.

Questo vale anche per quelle aree in cui si manifesta il pericolo concreto ed attuale di inquinamento.

A queste indicazioni normative si aggiunge l'articolo 1 della L. del 9 dicembre 1998, n. 426 "*Nuovi interventi in campo ambientale*", in cui si individuano quattordici aree industriali e siti ad alto rischio ambientale su cui attuare i primi interventi di "interesse nazionale".

La centrale Termoelettrica di Sulcis ricade all'interno del sito di interesse nazionale del Sulcis-Iglesiente-Guspinese, come risulta dalla perimetrazione specificata nel Decreto Ministeriale del 12 marzo 2003.

Le modalità di caratterizzazione sono quelle dettate dal D.M. 471/99 ed in particolare, da un punto di vista puramente operativo, da quanto indicato nell'Allegato 4 del suddetto decreto. In tale allegato infatti è riportato in modo estremamente puntuale l'iter di analisi per giungere alla definizione dello stato di fatto di un sito potenzialmente inquinato, fino all'attuazione del piano di bonifica vero e proprio, nel caso in cui fosse riscontrato un inquinamento in atto.

La prima di queste fasi è la definizione di un "Piano di caratterizzazione" il quale:

- descrive dettagliatamente il sito e tutte le attività che si sono svolte o che ancora si svolgono;
- individua le correlazioni tra le attività svolte e tipo, localizzazione ed estensione della possibile contaminazione;
- descrive le caratteristiche delle componenti ambientali sia all'interno del sito che nell'area da questo influenzata;
- descrive le condizioni necessarie alla protezione ambientale e alla tutela della salute pubblica;
- presenta un piano delle indagini da attuare per definire tipo, grado ed estensione dell'inquinamento.

Al fine di rendere organiche queste informazioni si redige una relazione descrittiva finale in cui si sintetizzano i dati raccolti ed elaborate in tre fasi distinte che costituiscono il piano stesso:

- raccolta e sistematizzazione dei dati esistenti;
- caratterizzazione del sito e formulazione preliminare del Modello Concettuale;
- piano di investigazione iniziale.

Il presente lavoro si prefigge quindi di definire il Piano della Caratterizzazione del sito su cui insiste la Centrale Enel di Sulcis.



## 2 DESCRIZIONE DEL SITO, ATTUALE E STORICA

### 2.1 Il sito produttivo

Il sito della centrale policom bustibile del Sulcis è ubicato nella costa sud-occidentale della Sardegna, in corrispondenza della demarcazione tra le aree geografiche denominate Iglesiasiente e Sulcis, circa 60 km in linea d'aria a ovest di Cagliari, in vista delle isole di S. Pietro (circa 8 km a sud-ovest) e di S. Antioco (circa 10 km a sud).

La collocazione geografica della centrale è mostrata nella Figura 1 e, con maggior dettaglio, nella Tavola I.

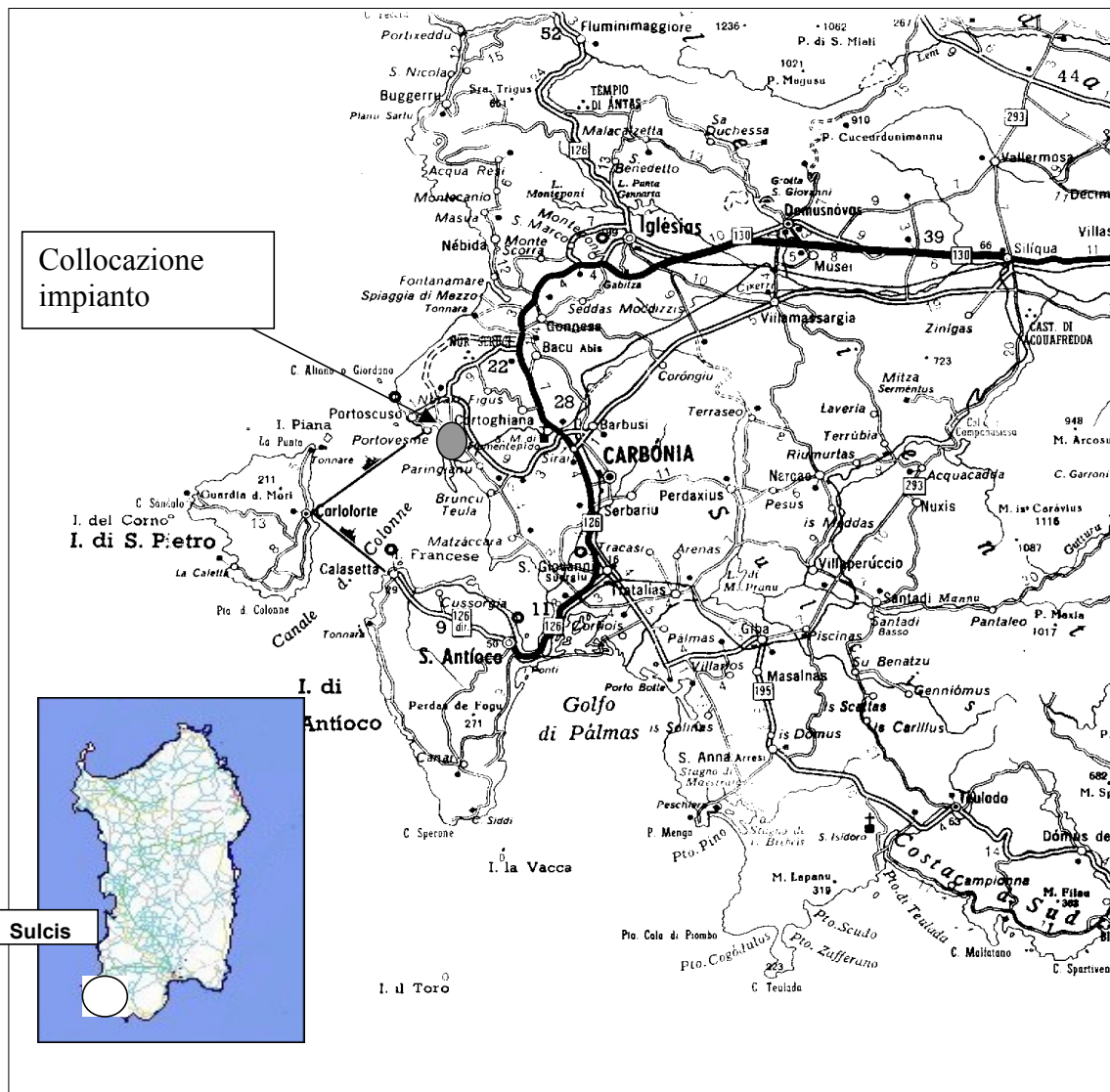


Figura 1: Collocazione geografica della centrale Sulcis

Il sito, che si estende su un'area di circa 68 ettari di proprietà dell'Enel e 3,6 ettari in concessione demaniale, è inserito all'interno del polo industriale di Portovesme, nel Comune di Portoscuso (5.868 ab. – ISTAT '91), nella fascia costiera pianeggiante delimitata a nord-est da rilievi vulcanici, a ovest dal mare e a sud dal rio Flumentepido.

L'impianto è dedicato alla produzione di energia elettrica tramite l'uso di carbone e di olio combustibile denso.

Nell'area del Sulcis sono presenti tre sezioni termoelettriche:

- la 1 e la 2 da 240 MW lordi alimentabili a carbone e OCD, attualmente in via di trasformazione ed ambientalizzazione mediante la realizzazione di un unico gruppo a letto fluido alimentato a carbone,
- la sezione 3 da 240 MW lordi, alimentabile a carbone e OCD.

In precedenza le aree occupate dall'insediamento erano incolte, occasionalmente asservite a pascolo. Da segnalare che le opere di livellamento del piano campagna per la costruzione della centrale hanno comportato anche il riporto di terreni di copertura per colmare alcune aree acquitrinoso/salmastre.

Le prime due sezioni (Sulcis 1 e 2) costruite dalla Società CARBOSARDA, sono state conferite all'Enel successivamente all'atto della costituzione dell'Ente Elettrico ed entrate in esercizio commerciale rispettivamente il 15/04/65 e il 06/05/66.

La terza sezione termoelettrica (Sulcis 3) è stata totalmente realizzata dall'Enel ed è entrata in esercizio commerciale il 21/11/86. Oggi è l'unico impianto ambientalizzato e in funzione nel sito.

Le tre sezioni termoelettriche sono state realizzate in modo da poter produrre energia indipendentemente l'una dall'altra, trattandosi d'impianti autonomi, bruciando sia carbone che olio combustibile.

Le tre sezioni termoelettriche sono collegate alla rete elettrica mediante tre linee a 220 kV.

Fanno parte integrante del sito Sulcis le tubazioni di trasferimento dell'OCD che collegano il pontile industriale ex-Alsar ai serbatoi di centrale, le tubazioni delle acque reflue e dell'acqua demineralizzata provenienti dalla C.le Portoscuso, limitatamente alla parte di tubazione collocata all'interno della recinzione della C.le Sulcis.

Il "layout" generale dell'impianto è mostrato nella Tavola II.

La centrale del Sulcis è composta da varie aree aggregabili in relazione alla destinazione d'uso e all'omogeneità delle attività svolte (vedi Tavola III).

Area n° 1- Processo di produzione e trasformazione:

- Un corpo centrale nel quale sono alloggiati le turbine, gli alternatori, i condensatori, gli evaporatori, le sale manovra, le apparecchiature del ciclo termico, gli impianti trattamento condensato, il laboratorio chimico e il vecchio laboratorio strumenti.
- I generatori di vapore del tipo a circolazione naturale con surriscaldamento, che producono cadauno 740 t/h di vapore surriscaldato a 540°C e 180 Ate.
- Una ciminiera, alta 250 metri, costituita da una canna esterna in cemento armato e 3 canne interne in muratura con rivestimento antiacido, collegate ai gruppi tramite tre condotti fumi separati.
- Sulla ciminiera è installata la strumentazione idonea al controllo delle emissioni di polveri, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> e CO.
- La stazione elettrica del tipo blindato in SF<sub>6</sub> con configurazione a doppia sbarra nella quale le pertinenze di Enel Produzione si fermano all'interruttore di macchina.

## Area n° 2 - Stoccaggio combustibili:

- Due parchi per lo stoccaggio dell'olio combustibile, con capacità complessiva di circa 90.000 m<sup>3</sup>, costituiti rispettivamente da 3 serbato da 25.000 m<sup>3</sup> e da 2 serbato da 7.500 m<sup>3</sup>, alimentati da un oleodotto, che li mette in comunicazione con il pontile industriale ex-Asar. L'olio combustibile impiegato è il tipico olio denso (BUNKER C) per caldaie, residuo della distillazione dei greggi, di provenienza prevalentemente medio orientale.
- Un parco per lo stoccaggio del combustibile solido (carbone), con capacità di circa 180.000 t e relativi impianti di trasporto e movimentazione. I combustibili solidi attualmente impiegati, sono carboni di importazione (sud africano, americano) e carbone nazionale (carbone Sulcis).
- Un serbatoio di stoccaggio del gasolio da 400 m<sup>3</sup> e relativo circuito di alimentazione.

## Area n° 3- Opere idrauliche:

- L'opera di presa, collocata all'interno del porto, in prossimità del lato nord della banchina, costituita da una finestra di presa di 30x2 m.
- Le opere idrauliche il trasporto dell'acqua di mare impiegata per i condensatori di vapore, i refrigeranti, l'impianto antincendio, ecc.
- Un diffusore per lo scarico delle acque di raffreddamento, ubicato nella zona sud del porto all'interno della diga frangiflutti.
- Opere idrauliche di trasporto dell'acqua di mare utilizzate nell'impianto osmosi inversa e utenze varie dell'impianto DESOX della sezione 3.

## Area n° 4 - Trattamento acque:

- Gli impianti per il trattamento dell'acqua di mare e industriale, per la produzione dell'acqua demineralizzata, comprendenti: 4 dissalatori, due letti misti di rifinitura dei dissalatori, un impianto alimentato ad acqua industriale, 5 serbatoi di accumulo dell'acqua demineralizzata, di cui due dismessi.
- L'impianto di produzione di acqua industriale a osmosi inversa.
- L'impianto per il trattamento delle acque reflue (ITAR), per il trattamento delle acque oleose (ITAO).
- L'impianto per il trattamento degli spurghi DESOX (T.S.D.).

## Area n° 5- Trattamento fumi:

- Un impianto di abbattimento polveri, costituito da due precipitatori elettrostatici disposti in parallelo e idonei a trattare, ciascuno, la metà della portata dei gas di combustione.
- Un impianto di desolfurazione dei fumi (DESOX), della sezione Sulcis 3, basato sul principio di assorbimento ad umido del tipo calcare/gesso.
- Un denitrificatore catalitico dei fumi (DENOX), installato a valle del desolfatore, nella sezione Sulcis 3.

## Area n° 6 – Area per la raccolta e il trasporto ceneri:

- Le opere per la presa (tramogge) e il trasporto (impianto pneumatico in depressione) delle ceneri leggere, raccolte in 2 silos d'acciaio della capacità di 3.000 m<sup>3</sup> ciascuno.

- Le opere per la presa (tramoggia), la frantumazione (frantoio), il trasporto (impianto pneumatico in depressione) delle ceneri pesanti ai silos di raccolta di cui sopra.

Area n° 7 – Depositi temporanei e/o preliminari dei rifiuti:

- Zone destinate a deposito temporaneo e/o preliminare dei rifiuti sotto elencati:  
PERICOLOSI (rifiuti contenenti solventi, accumulatori al piombo, rifiuti contenenti mercurio, pile esauste, rifiuti oleosi, rifiuti da presidio sanitario, morchie e fondi di serbatoio).

NON PERICOLOSI (rifiuti urbani misti, ferro e acciaio, metalli non ferrosi, gesso da DESOX, fanghi ITAR e TSD, rifiuti da costruzione e demolizioni, resine di scambio ionico sature, rifiuti da presidio sanitario, ceneri leggere da carbone).

Area n° 8 - Servizi:

- Gli edifici per i servizi logistici: direzione, spogliatoi, mensa, portineria, garage, parcheggi, officine (meccanica, elettrica, civile e carpenteria) magazzini, infermeria, laboratorio strumenti e chimico.
- Il pontile industriale (ex Alsar) per l'attracco delle navi carboniere e petrolifere, situato all'interno del porto di Portovesme.

All'interno del recinto della Centrale Sulcis vi sono, o sono stati presenti, alcuni impianti dismessi:

- Una centrale termoelettrica (ex C.le Portovesme) policombustibile (carbone e OCD), costituita da due sezioni da 32 MW ciascuno, dismessa nel 1986. Gli impianti tecnologici sono stati rimossi ed attualmente è in fase di demolizione anche il fabbricato. Detta area è recintata lungo tutto il suo perimetro.
- Tre impianti pilota impiegati per la sperimentazione dei sistemi di rimozione della SO<sub>2</sub> dai fumi. Terminata la sperimentazione i tre impianti sono stati dapprima messi in sicurezza e successivamente demoliti.

## 2.2 Storia dell'impianto

La Centrale termoelettrica di Sulcis svolge l'attività di produzione di energia elettrica mediante la combustione di carbone e olio combustibile. L'impianto è composto da tre sezioni termoelettriche, di dimensione e anno di costruzione diversi, per una potenza nominale complessiva di 720 MW.

E' da segnalare che le aree attualmente occupate dagli impianti sono state acquisite in tempi diversi. In particolare la Tavola III mostra le aree acquistate successivamente all'acquisizione dell'impianto avvenuta con la nazionalizzazione dell'energia elettrica.

### 2.2.1 Fasi successive di realizzazione degli impianti

Nella tabella seguente sono presentati i dati identificativi delle sezioni della Centrale e l'anno di entrata in esercizio:

Denominazione	Potenza (MW)	Inizio attività	Caldaia	Circolazione caldaia
Sezione 1	240	1965	Breda	Naturale
Sezione 2	240	1966	Breda	Naturale
Sezione 3	240	1986	AMN	Naturale

*Tabella 1 : Dati identificativi delle diverse sezioni della Centrale*

### 2.2.2 Misure di ambientalizzazione

Rispetto allo stato di costruzione iniziale, nel corso dei vari anni sono state apportate modifiche impiantistiche aventi rilevanza ambientale, di seguito sinteticamente descritte.

Alla fine degli anni '70 furono montati, sulle sezioni 1-2, dei sistemi di depurazione fumi a captazione elettrica delle ceneri (Elettrofiltri). Sulla sezione 1 fu montato un elettrofiltro della Cifa Progetti; sulla sezione 2 della Termokimik.

Su entrambe le sezioni fu sostituito il sistema di evacuazione ceneri leggere (progetto DE CARDENAS) e modificato parzialmente l'impianto di evacuazione delle ceneri pesanti che, invece di essere convogliate a parco, venivano inviate a umido ad una vasca di decantazione, insilate e quindi a mezzo camion conferite in discarica autorizzata.

Nel 1988 l'elettrofiltro della sezione 1 fu potenziato con la costruzione di un terzo modulo denominato PE3 affidato alla Cifa-Progetti.

Originariamente, alla nascita delle sezioni 1-2, la dispersione degli effluenti gassosi era realizzata tramite due camini (uno per ogni sezione e attualmente demoliti). Nel 1986 è entrata in servizio l'esistente ciminiera alta 250 metri circa.

Le emissioni gassose sono controllate con un sistema di monitoraggio continuo che permette di misurare i valori di concentrazione delle polveri, degli ossidi di azoto, degli ossidi di zolfo, dell'ossigeno, e dell'ossido di carbonio.

Le sezioni 1-2 sono attualmente in fase di trasformazione in impianto a letto fluido.

Di interesse, rispetto alle caratterizzazioni oggetto del presente Rapporto, sono anche da segnalare alcune modifiche apportate sulla sezione 3; in particolare:

- Impianto di desolforazione dei fumi (Desox, in esercizio dal 1998);
- Bruciatori a basso NO<sub>x</sub> (in esercizio dal 1996);
- Impianto di denitrificazione dei fumi (DeNO<sub>x</sub>, in esercizio dal 2000).

Dette realizzazioni saranno descritte nel § 2.3.1, all'interno della trattazione del ciclo produttivo.

## 2.3 Descrizione del processo

### 2.3.1 Il ciclo produttivo

Date le finalità della trattazione, in questo paragrafo la Centrale termoelettrica del SULCIS, viene descritta in toto, considerandola costituita da tre unità da 240 MW ciascuna, anche se attualmente i gruppi 1 e 2 sono già stati parzialmente trasformati e sono in corso le opere per la costruzione un nuovo gruppo con caldaia a letto fluido.

Come detto, la centrale nasce con due gruppi termoelettrici, denominati SULCIS 1 e 2, entrati in servizio commerciale rispettivamente il 15/04/65 ed il 06/05/66.

Successivamente al Decreto MICA del 06/10/82, emanato in base alla delibera del CIPE del 04/12/81 (riguardante tra l'altro la realizzazione di centrali termoelettriche a carbone compresa quelle da realizzare nella regione Sardegna), venne autorizzata la costruzione e l'esercizio di un ulteriore gruppo termoelettrico da 240 MW da realizzarsi nel territorio di Portoscuso. Tale gruppo, denominato SULCIS 3, entrò in esercizio commerciale il 21/11/86. L'entrata in servizio di SULCIS 3 ha quindi comportato un aumento della potenza installata, passata dai 480 MW iniziali di SULCIS 1 e 2 (240 MW per ciascun gruppo) ai 720 MW complessivi.

Con decreto ministeriale del 28/11/97, l'Enel è stata autorizzata ad attuare una serie di interventi di adeguamento ambientale che hanno comportato profonde modifiche rispetto alla situazione impiantistica originale.

#### 2.3.1.1 I gruppi SULCIS 1 e 2

I due gruppi, erano fondamentalmente identici e pertanto i dati riportati di seguito sono relativi ad uno solo di essi.

#### Generatore di vapore

Il generatore di vapore, di costruzione Breda a circolazione naturale, aveva i seguenti dati di targa:

- Potenzialità 740 t/h
- Temperatura acqua alimento 285 °C
- Condizioni vapore uscita SH:
  - Temperatura 540 °C
  - Pressione 170 kg/cm<sup>2</sup>
- Condizioni vapore ingresso RH:
  - Temperatura 335 °C
  - Pressione 38 kg/cm<sup>2</sup>
- Condizione vapore uscita RH:
  - Temperatura 540 °C
  - Pressione 36 kg/cm<sup>2</sup>
- Pressione di bollo 193,5 kg/cm<sup>2</sup>
- Superficie totale di riscaldamento 56.615 m<sup>2</sup>
- Carico termico 200.000 kcal/m<sup>3</sup>/h

#### Bruciatori

Ogni caldaia era dotata di 24 bruciatori della portata massima di 2220 kg/h disposti su quattro piani nella parete frontale della caldaia. Ciascun bruciatore era corredato di torcia pilota e scintillatore per facilitare le operazioni di accensione.

Il complesso bruciatori era dotato di un sistema di telecomando che svolgeva le operazioni di supervisione e di comando sia dei bruciatori che delle torce pilota e degli scintillatori.

### **Turbina**

Il vapore proveniente dalla caldaia era utilizzato per alimentare la turbina di costruzione RATEAU-SCHNEIDER del tipo ad azione a risurriscaldamento. La turbina era dotata, inoltre, di 7 spillamenti per il preriscaldamento dell'acqua alimento.

I dati di targa sono i seguenti:

- Potenza max 240 MW
- Pressione vapore ammissione 538 °C
- Pressione allo scarico 38,1 mmHg

Il vapore degli spillamenti era usato quasi interamente per preriscaldare l'acqua alimento. Una piccola parte di tale vapore era utilizzata per il preriscaldamento dell'aria destinata alla combustione (RAV) e per i soffiatori di fuliggine.

### **Alternatore**

L'alternatore era di costruzione SCHNEIDER-WESTINGHOUSE a due poli.

Il raffreddamento, sia dei conduttori di statore che per quelli di rotore, era ad idrogeno.

Le caratteristiche sono le seguenti:

- Potenza apparente 275 MVA
- Tensione 20 kV

### **Trasformatori principali**

Ogni gruppo era dotato di due trasformatori di macchina di costruzione Breda Elettromeccanica dalle seguenti caratteristiche:

- Potenza nominale 130 MVA
- Rapporto di trasf. a vuoto 20/238 kV

### **Ciclo condensato e alimento**

Ogni gruppo era dotato di un condensatore (Breda cantieri navali), del tipo ad un solo passaggio e con superficie di scambio pari a 13.700 m<sup>2</sup> con tubi in alluminio-Brass della lunghezza di m 12.

Il condensato era prelevato dal pozzo caldo per mezzo di due pompe estrazione (Worthington) da 515 kW, portata 515 m<sup>3</sup>/h e prevalenza di 230 m ciascuna.

Di seguito a tali pompe era presente l'impianto trattamento condensato, costituito dall'insieme di un prefiltro a candela e da due letti misti uno di riserva all'altro.

A valle di questi si trovavano i tre preriscaldatori BP ciascuno dei quali bypassabile ed escludibile con il gruppo in esercizio.

Di seguito ai preriscaldatori BP era disposto un degasatore costituito dall'insieme di una torretta degasante e da un serbatoio di accumulo.

Il degasatore di ciascun gruppo era progettato per fornire 767,6 t/h di acqua alimento.

Dal degasatore l'acqua alimento era estratta per mezzo di tre gruppi di pompaggio.

Il singolo gruppo di pompaggio era costituito da una pompa alimento con moltiplicatore, da una pompa booster con riduttore, da un motore elettrico e da un giunto idraulico variagiri.

La pompa alimento (Worthington 8W NC) era del tipo "barrel" a quattro stadi con portata pari a 492 m<sup>3</sup>/h alla temperatura di 164,7 °C e con prevalenza di 2100 m.

Tale pompa era mantenuta in rotazione, alla velocità di 8650 RPM, da un motore 6 kW da 5400 HP e 2960 RPM.



L'albero di tale motore era collegato alla pompa per mezzo di un giunto idraulico variagiri (Breda Sinclair) e di un moltiplicatore di giri tipo RENK.

L'aspirazione della pompa alimento era collegata alla mandata della pompa "booster" (Worthington tipo 6 CNS) azionata, a 1460 RPM, dal motore già citato per mezzo di un riduttore di velocità.

A valle del gruppo di pompaggio si trovava un collettore da cui si staccano due linee in parallelo contenenti, ciascuna, 4 preriscaldatori di alta pressione.

Ciascuna delle suddette linee aveva la possibilità di essere intercettata con il gruppo in servizio. Era quindi consentita la marcia con un solo filo di preriscaldatori a condizione di non superare l'80% del massimo carico.

### Acqua di circolazione

La portata di acqua di mare di raffreddamento del condensatore era assicurata da due pompe di circolazione, centrifughe ad asse verticale di costruzione RIVA. I dati caratteristici di ciascuna di tali pompe sono i seguenti:

- Portata nominale 32 m<sup>3</sup>/s
- Prevalenza 8 m

Il filtraggio dell'acqua di mare da inviare alle suddette pompe era realizzato, per ciascun gruppo, mediante 2 filtri rotanti di costruzione Passavant con cestelli in acciaio inox.

A monte di tali filtri erano inoltre presenti, per ciascun gruppo, due griglie fisse adatte a trattenere impurità di grossa pezzatura eventualmente presenti nell'acqua di mare. Tali griglie erano dotate di rastrello mobile comandato ed azionato automaticamente in maniera da assicurarne una costante pulizia.

Il condensatore era dotato, inoltre, di un sistema di pulizia TAPROGGE a sferette, per assicurare la pulizia interna dei tubi.

### Ciclo chiuso

Per il raffreddamento dei diversi macchinari con acqua demineralizzata era presente un ciclo chiuso dotato di tre refrigeranti, due in esercizio ed uno di riserva. In tali refrigeranti avviene il raffreddamento dell'acqua demineralizzata per mezzo di acqua di mare.

#### 2.3.1.2 Il gruppo SULCIS 3

### Generatore di vapore

Il Gruppo 3 da 240 MW della Centrale Termoelettrica SULCIS è adatto alla combustione sia di carbone che di olio combustibile.

Esso è dotato di un generatore di vapore di costruzione ANSALDO -BREDA a circolazione naturale a tiraggio bilanciato con i seguenti dati di targa:

- Potenzialità 784 T/h
- Temperatura di esercizio 540 °C
- Pressione di esercizio SH ed RH 170 ate
- Pressione di timbro 189,7 bar

Questo è costituito da una camera di combustione dotata di tramogge di fondo per l'accumulo delle ceneri pesanti e di un condotto fumi costituito da due condotti elementari paralleli ed intercettabili. Anche i condotti dell'aria comburente sono in numero di due dotati, ciascuno, di un ventilatore forzato.

L'aria prelevata dalla mandata di ciascun ventilatore viene riscaldata dai preriscaldatori aria a vapore (RAV) alimentati dal 4° spillamento di turbina e, di seguito, dai riscaldatori aria di tipo Ljungstrom (RA). Ciascuno dei 2 RA ha una potenzialità del 50% della portata complessiva di fumi ed è dimensionato per le seguenti condizioni:

- Temperatura aria entrante 60 °C
- Temperatura non corretta gas uscenti 160 °C

Il gruppo è dotato di due precipitatori elettrostatici TERMOKIMIK per l'abbattimento delle polveri presenti nei fumi. In caso di alimentazione del gruppo con carbone di importazione le caratteristiche funzionali di tali dispositivi risultano:

- Peso specifico fumi 1,324 kg/Nm<sup>3</sup>
- Portata volumetrica fumi 873.860 Nm<sup>3</sup>/h
- Temperatura gas in ingresso 140 °C
- Contenuto ceneri in ingresso 15 g/Nm<sup>3</sup>
- Quantità di cenere prodotta 12.999 kg/h
- Residuo max di cenere in uscita 125 mg/Nm<sup>3</sup>
- Rendimento 99,7%

### Bruciatori

La caldaia è dotata di 24 bruciatori disposti su 4 piani in grado di bruciare sia OCD che carbone. Tali bruciatori sono di costruzione BREDA Termomeccanica con atomizzazione a polverizzazione meccanica con assistenza di vapore:

- Portata max combustibile 3000 kg/h
- Portata min combustibile 60 kg/h
- Pressione max 14,7 kg/cm<sup>2</sup>

### Turbina

Il vapore proveniente dalla caldaia viene utilizzato per alimentare la turbina ANSALDO a risurriscaldamento, con doppio flusso sulla bassa pressione e spillamenti non regolati. Gli stadi che costituiscono i corpi AP ed MP sono del tipo ad azione con un leggero grado di reazione.

I dati di targa sono i seguenti:

- Anno di costruzione 1985
- Potenza massima 240 MW
- Pressione vapore ammissione 163 ate
- Temperatura vapore ammissione 538 °C
- Numero stadi 22
- Pressione allo scarico 36,8 mmHg
- Sistema termico RH 538 °C

I cuscinetti principali sono autoallineanti a seggio sferico e lubrificati con olio in pressione. La posizione assiale del rotore è mantenuta per mezzo di un cuscinetto reggispinta.

### Alternatore

L'alternatore utilizzato nel gruppo è di costruzione ANSALDO raffreddato con circolazione di idrogeno in circuito chiuso per quanto riguarda il rotore mentre lo statore è raffreddato con acqua trattata. Il sistema di ventilazione è costituito da due ventilatori assiali montati sull'albero e da 4 elementi refrigeranti incorporati nella carcassa. La ventilazione in circuito chiuso con idrogeno in sovrappressione rispetto all'atmosfera esterna offre il vantaggio di impedire l'entrata di sporcizia ed umidità nella macchina.

Rilevatori di temperatura ed altri dispositivi permettono la misura della temperatura degli avvolgimenti e della temperatura, pressione e purezza dell'idrogeno.

I principali dati di targa sono i seguenti:

- Potenza massima 290 MVA
- Tensione ai morsetti 20 kV

### **Ciclo condensato e alimento**

Il condensatore del gruppo è suddiviso in due casse esercibili separatamente.

Esso è dotato di due pompe del vuoto, una di riserva all'altra, in funzionamento continuo e di due eiettori a vapore utilizzabili in fase di avviamento del gruppo.

Il condensato è prelevato dal pozzo caldo per mezzo di due pompe di estrazione ciascuna da 425 kW e prevalenza di 247 mmH<sub>2</sub>O, una di riserva all'altra, di tipo centrifugo verticale ciascuna in grado di garantire una portata pari al 110 % del massimo flusso da estrarre.

Di seguito a tali pompe è presente l'impianto di trattamento del condensato costituito da tre prefiltri SOLKAFLOC e da due letti misti. Quando uno è in rigenerazione l'altro assicura il trattamento del condensato. Anche i prefiltri sono escludibili per permetterne la rigenerazione.

A valle dei letti misti si trovano i tre preriscaldatori di bassa pressione il primo dei quali è montato nel collo del condensatore. Ciascun preriscaldatore è bypassabile ed escludibile con il gruppo in servizio ed è comunque in grado di trattare tutta l'acqua richiesta dalla potenza massima continua del gruppo.

Di seguito al preriscaldatore 3 è disposto il degasatore costituito da una torretta degasante e da un serbatoio di accumulo sottostante.

Dal degasatore tre tubi separati alimentano i tre gruppi di pompaggio, costituiti ciascuno da un motore elettrico, una pompa booster completa di riduttore ed una pompa alimento completa di moltiplicatore di giri e giunto idraulico. I tre gruppi alimento, in condizione di normale funzionamento a massimo carico, risultano due in funzione ed uno in stand-by. I principali dati di targa di ciascuna pompa alimento risultano:

- Potenza assorbita 2828 kW
- Pressione di mandata 204 ate
- Velocità di rotazione 8360 RPM

A valle dei gruppi di pompaggio si trova il collettore da cui si staccano due linee in parallelo contenenti ciascuna quattro preriscaldatori di alta pressione. Una linea di by-pass viene utilizzata in caso di disservizio di uno dei due fili di preriscaldatori.

Il gruppo è provvisto di un impianto automatico di iniezione chimica direttamente nel degasatore per il condizionamento del condensato.

### **Acqua di circolazione**

La portata di acqua di mare di raffreddamento del condensatore è assicurata da due pompe di circolazione ad asse verticale di costruzione RIVA CALZONI con girante a 5 pale ad inclinazione regolabile.

Il circuito dell'acqua di circolazione provvede alla filtrazione dell'acqua di mare in ingresso all'opera di presa mediante una griglia fissa, dotata di sgrigliatore, ed un filtro rotante PASSAVANT. Due pompe lavaggio griglie provvedono in continuo alla rimozione delle impurità trattenute mediante getti di acqua di mare.

Il condensatore è dotato, inoltre, di un sistema di pulizia TAPROGGE per assicurare la pulizia dei tubi dal lato acqua di mare.

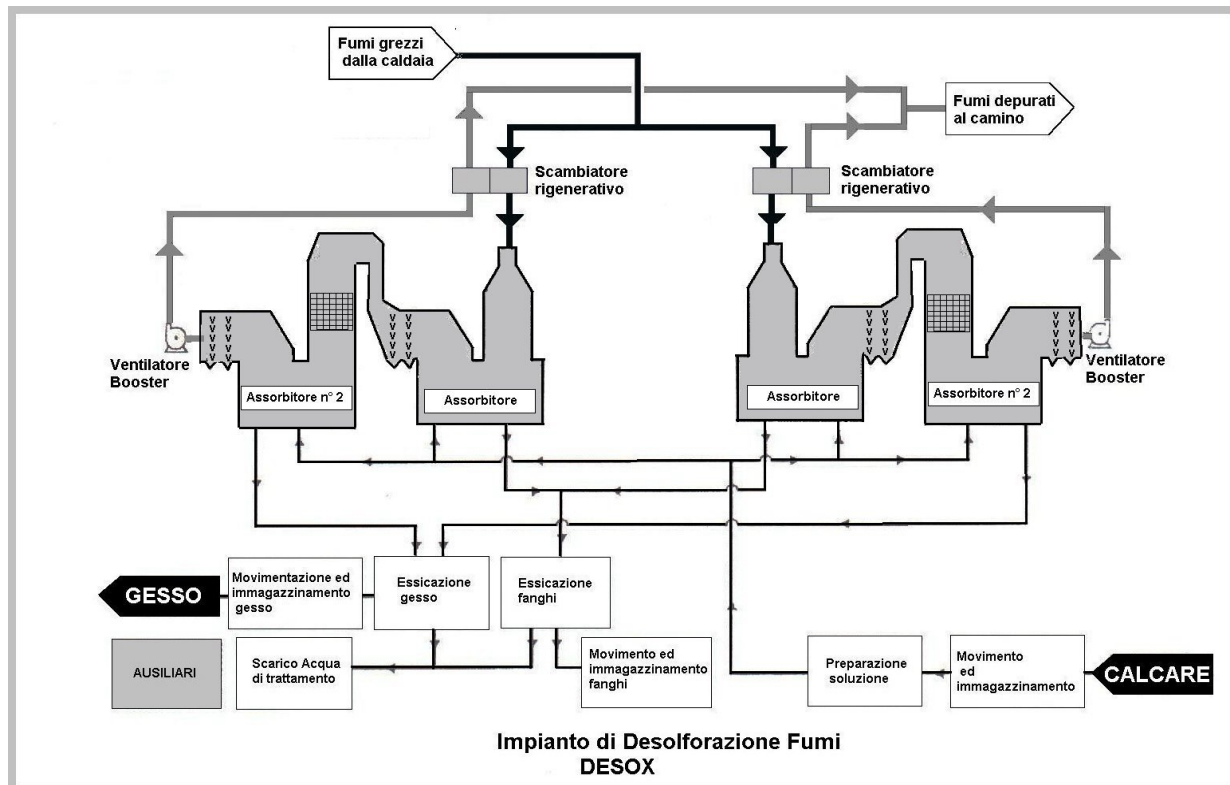
### Ciclo chiuso

Per il raffreddamento dei diversi macchinari del gruppo è presente un ciclo chiuso dotato di tre refrigeranti raffreddati ad acqua di mare, due in servizio ed uno in riserva.

### Impianto desolfurazione fumi (DESOX)

L'impianto DESOX, installato nella sezione 3 della Centrale Sulcis, è di costruzione del Consorzio EURIALO su licenza Mitsubishi ed è basato sul sistema di assorbimento a umido del tipo calcare/gesso.

La figura seguente mostra lo schema di funzionamento di tale impianto.



*Figura 2: Schema dell'impianto di desolfurazione fumi*

Tale sistema consiste in una fase di pretrattamento (prescrubber), in cui i fumi vengono lavati con acqua per eliminare i fluoruri, i cloruri ed il particolato residuo, ed una fase di assorbimento in ambiente ossidante che trasforma la  $SO_2$  in solfato, che reagendo con il calcare, dosato nel sistema, produce solfato di calcio biidrato (gesso).

L'impianto installato presso la Centrale Sulcis consente l'abbattimento della  $SO_2$  derivante da combustione di olio combustibile denso, carbone estero, nazionale e miscele con tenore di zolfo fino a un massimo dell'8%.

In particolare il processo viene realizzato in due linee, costituite da due assorbitori ciascuna, che possono lavorare in diverso assetto rispetto al tenore di zolfo del combustibile.

Gli assetti possibili sono:

- tenori di zolfo fino al 3%;
- tenori di zolfo compresi tra  $3 < S \leq 8$

- Nel primo caso, il primo assorbitore (Prescrubber) ha la funzione di eliminare dai gas di combustione il particolato residuo ed altri elementi presenti come cloruri, fluoruri etc. Per questo motivo, a seguito della formazione dei rispettivi acidi, l'ambiente è fortemente acido

(pH ~ 1). Nel secondo assorbitore avviene l'ossidazione dell'anidride solforosa a solforica, con l'insufflazione di aria, che in presenza di calcare a pH ~ 5 determina la precipitazione del gesso.

- Nel secondo caso, con tenori di zolfo compresi tra il 3% e l'8%, il primo assorbitore ha la stessa funzione del secondo assorbitore prima descritta. La differenza consiste nel fatto che il gesso prodotto ha una purezza inferiore dovuta alla presenza di ceneri ed altri elementi derivanti dalla combustione del carbone Sulcis. Nel caso di impiego di solo carbone Sulcis, il primo stadio di assorbimento ha un fattore di abbattimento della SO<sub>2</sub> di circa il 70%, realizzando una concentrazione all'ingresso del secondo assorbitore uguale a quella prevista nell'impianto unificato per l'impiego di carbone/olio combustibile con zolfo al 3%. Tutto ciò viene realizzato con l'evidente scopo di ottenere una maggiore uniformità di tali impianti.

Il gesso prodotto in entrambi gli assorbitori viene separato dalla fase liquida con sistemi differenti ed inviato a stoccaggio in depositi distinti.

La fase liquida separata dal gesso del primo assorbitore, essendo ricca di sali, viene inviata al trattamento TSD; quella derivante dalla separazione del gesso del secondo assorbitore, viene utilizzata come reintegro al sistema in aggiunta all'acqua di media salinità prodotta da un impianto ad osmosi inversa.

Tale impianto è dedicato alla produzione di acqua parzialmente deionizzata a partire dall'acqua di mare.

Con l'utilizzo del DESOX, la concentrazione di SO<sub>2</sub> emessa risulta essere  $\leq 400 \text{ mg/Nm}^3$  in ogni condizione di carico con combustibili aventi di S  $\leq 8\%$  nel rispetto dei limiti di legge (DM del 12/07/90).

### **Impianto TSD (Trattamento Spurghi Desolfatore)**

L'impianto di trattamento spurghi è stato progettato, e posto in esercizio nel 1998, per trattare i reflui provenienti dall'impianto DESOX.

Gli apporti prevalenti sono costituiti da spurghi dei circuiti di prelavaggio e assorbimento; in particolare:

- con concentrazione di zolfo nel combustibile fino al 3% lo spurgo del circuito di prelavaggio dei fumi è costituito da una soluzione concentrata degli elementi derivanti dalla combustione del carbone e/o dell'olio con ceneri sospese in ambiente fortemente acido (se funziona da Prescrubber il primo assorbitore) ed una temperatura di circa 50°C;
- con concentrazione di S che supera il 3%, dato che nel primo assorbitore si produce gesso ad un pH di circa 4-5, i reflui che vengono inviati al TSD sono debolmente acidi ma contengono sempre gli elementi derivanti dalla combustione.

Oltre agli scarichi continui sopra descritti, vanno considerati scarichi periodici associati al lavaggio degli scambiatori di calore rigenerativi GGH e gli scarichi saltuari durante la manutenzione (drenaggi e lavaggi di apparecchiature). Tali scarichi sono in generale caratterizzati dalla presenza di solidi sospesi e hanno reazione acida. Tutti gli scarichi sopra elencati vengono raccolti in una opportuna rete e inviati all'impianto di trattamento costituito da una linea in grado di trattare in continuo fino a 160 m<sup>3</sup>/h. In caso di fuori servizio della linea il refluo prodotto viene stoccato in appositi serbatoi.

L'impianto può essere suddiviso in tre sezioni:

- un Sistema Trattamento Spurghi con due fasi, una primaria - costituita da serbatoi di accumulo, vasche di neutralizzazione, vasche di solforazione, vasche di desolfurazione,

- chiarificatori e ispessitori - e una secondaria - costituita da vasche di coagulazione, vasche di flocculazione, vasche di correzione pH, sedimentatori e ispessitori -
- un sistema Filtrazione Fanghi (costituita da filtri pressa, pompe e coclee)
  - un sistema Reagenti con un trattamento primario (che utilizza latte di calce per la neutralizzazione, solfuro di sodio per la solforazione, cloruro ferroso per la desolforazione e polielettrolita per la flocculazione) e un trattamento secondario (che utilizza cloruro ferrico per la coagulazione, soda caustica e acido cloridrico per la neutralizzazione e polielettrolita per la flocculazione).

### **Bruciatori TEA (Sistema di combustione a basso NOx)**

Nella Sezione 3 della Centrale Termoelettrica Sulcis è stato installato un sistema di combustione a bassa produzione di NOx, al fine di abbattere il livello di emissione dell'ossido di azoto ( $\leq$  a 650 mg/Nm<sup>3</sup>).

La sostituzione del sistema di combustione si è resa necessaria per ottemperare al disposto del decreto MICA del 20/07/90 che prevede, inoltre, di contenere gli incombusti ad un valore non superiore al 7% nelle ceneri, e rientra negli interventi previsti dal Progetto Ambiente Enel, per l'adeguamento dell'intero parco di produzione ai livelli di emissione previsti dalle direttive europee.

Gli interventi hanno riguardato l'installazione dei bruciatori Low-NOx tipo TEAC.

L'utilizzo dei nuovi bruciatori ha permesso di ridurre l'emissione degli ossidi di azoto (NOx) a valori variabili in funzione del combustibile impiegato, comunque inferiori a 650 mg/Nm<sup>3</sup>.

### **Impianto DeNox**

Nel mese di aprile 2000, al fine del rispetto dei limiti imposti per l'emissione di ossidi di azoto è entrato in servizio l'impianto DeNox.

L'impianto in oggetto, che integra sia i bruciatori a bassa produzione di NOx, sia l'impianto di desolforazione per l'abbattimento dell'SO<sub>2</sub>, precedentemente descritti, prevede il trattamento dei fumi per l'abbattimento del contenuto di NOx.

Il processo di denitrificazione, del tipo a catalisi selettiva, consiste nel trasformare gli ossidi di azoto presenti nei gas di combustione in azoto molecolare ed acqua mediante l'impiego di ammoniaca in presenza di catalizzatori specifici.

L'impianto di denitrificazione catalitica dei fumi (SCR) per la sezione 3 dell'ITE Sulcis è installato in configurazione "TAIL-END", cioè posto a valle dell'impianto di desolforazione e pertanto normalmente tratta il 100% dei fumi provenienti dallo stesso.

L'impianto può essere considerato suddiviso nei seguenti sistemi:

- sistema di denitrificazione catalitica (SCR)
- sistema di vaporizzazione dell'ammoniaca
- sistema di caricamento e stoccaggio dell'ammoniaca
- sistema fumi.

La linea di trattamento è costituita da uno scambiatore di calore rigenerativo tipo Ljungstroem in cui i fumi provenienti dall'impianto di desolforazione (depurati dalla SO<sub>2</sub>) scambiano calore con quelli trattati in uscita dal reattore SCR in modo da raggiungere una temperatura dei fumi a valle dello scambiatore rigenerativo stesso pari a 290°C.

All'uscita dallo scambiatore rigenerativo i fumi vengono ulteriormente riscaldati di circa 30°C in modo da raggiungere una temperatura di esercizio di 320°C, mediante uno scambiatore di calore alimentato con vapore ad alta pressione. Le condense di tale scambiatore alimentano il sistema di vaporizzazione dell'NH<sub>3</sub>.

I fumi entrano quindi nel reattore a forma di parallelepipedo a sezione rettangolare e asse verticale, in cui viene alloggiato il catalizzatore, raccordato con opportune cappe ai condotti di ingresso e di uscita. Il reattore è dotato di due strati di catalizzatore più uno vuoto di riserva.

L'ammoniaca, ottenuta dalla vaporizzazione completa di una soluzione acquosa al 25-30%, viene iniettata nei fumi a monte del catalizzatore e miscelata con l'aria utilizzata per la vaporizzazione stessa. Il quantitativo di  $\text{NH}_3$  viene dosato in funzione degli  $\text{NO}_x$  in ingresso in modo da ottenere l'abbattimento desiderato.

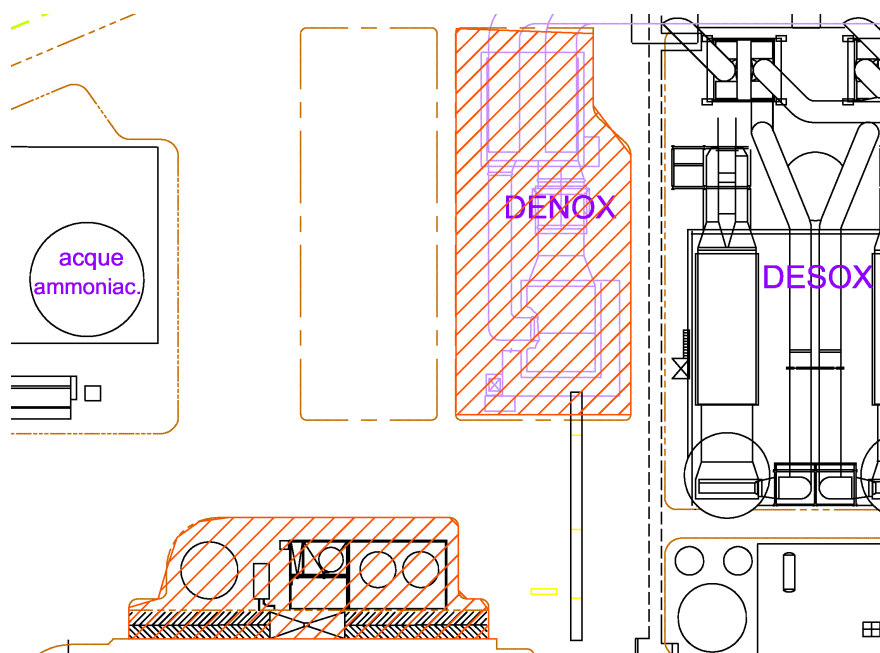
Attualmente, è previsto il by-pass dell'impianto di desolforazione. Tale by-pass consente di inviare i fumi direttamente al camino escludendo sia l'impianto DESOX, sia l'impianto DENOX. Esso sarà utilizzato durante la fase di avviamento, fino al raggiungimento delle condizioni operative dell'unità termoelettrica.

Sono inoltre previsti il by-pass dell'impianto DESOX e del sistema SCR, in modo che ciascuno di essi possa funzionare anche indipendentemente dall'altro.

L'impianto occupa una superficie complessiva pari circa  $3500 \text{ m}^2$  compresa all'interno dell'area di pertinenza dell'impianto a suo tempo identificata come "cantiere DCO, per la realizzazione dell'impianto di desolforazione".

Lo stralcio di planimetria mostrata nella figura seguente, mostra le installazioni relative all'impianto in oggetto. Come evidenziato l'impianto di denitrificazione è suddiviso funzionalmente e fisicamente su due aree distinte:

- area fumi denox: superficie circa  $2.000 \text{ m}^2$
- area caricamento e stoccaggio ammoniac: superficie circa  $1.500 \text{ m}^2$ .



**Figura 3:** Area dell'installazione Denitrificazione fumi

### **Impianto di estrazione ceneri a secco**

Nella sezione 3 della Centrale Termoelettrica Sulcis è stato installato un sistema di estrazione e trasferimento a secco delle ceneri pesanti dalla tramoggia di fondo caldaia.

Precedentemente al montaggio del nuovo sistema, le ceneri pesanti venivano estratte e trasferite, dal fondo tramoggia, mediante un sistema ad umido in un silo di stoccaggio dotato di un opportuno sistema di drenaggio dell'acqua.

Il nuovo sistema estrae a secco, mediante un nastro metallico posto sotto la tramoggia di fondo caldaia, le ceneri prodotte che possono presentarsi in blocchi di dimensioni variabili e con caratteristiche fisiche dipendenti dai vari tipi di combustibili bruciati, le riduce finemente in granuli mediante frantumazioni successive e le trasferisce a secco, mediante l'impianto pneumatico esistente, al silo delle ceneri leggere.

Si precisa che il limite di commerciabilità delle ceneri prevede che le stesse non abbiano un particolato con granulometria eccedente i 230 Mesh (0.063mm) superiore al 25%.

Il nastro trasportatore è in grado di sopportare l'impatto di scorie di grossa dimensione. La configurazione della tramoggia di transizione e del blindaggio del nastro permettono l'estrazione di emergenza (con caldaia spenta) di eventuali blocchi di scoria.

#### *2.3.1.3 Parti comuni*

### **Pontile ex-Alsar**

L'Enel Produzione S.p.A. è titolare di una concessione per l'esercizio di attività portuale nell'ambito del porto di Portovesme, limitatamente al pontile industriale denominato "EX ALSAR", per esercire lo scarico di navi/chiatte per il trasporto di carbone e di olio combustibile.

Più dettagliatamente vengono effettuate le seguenti attività:

- Scarico di navi/chiatte aventi DWT fino a 32.500 con carico di olio combustibile o carbone o petrolcoke;
- trasporto del carbone verso il parco mediante nastro trasportatore;
- trasporto dell'olio combustibile verso i depositi degli Impianti Sulcis e Portoscuso ed Eurallumina mediante tubazioni;
- trasporto del coke verso i silo di stoccaggio dell'Alcoa tramite nastro trasportatore.

### **Alimentazione combustibili**

#### *- Olio combustibile*

L'Impianto è dotato di 5 serbatoi (TK1 e TK2 giornalieri; TK 4-5-6 di stoccaggio) di OCD alimentati da un oleodotto che li mette in comunicazione con il pontile ex-Alsar.

Il circuito di alimentazione dell'OCD è dotato principalmente di:

- due pompe di tipo volumetrico a vite ad asse orizzontale, una di riserva all'altra, in grado di assicurare ciascuna una portata di 57 t/h ed una pressione di alimentazione di 18 bar;
- due riscaldatori a vapore, anch'essi uno di riserva all'altro;
- due filtri autopulenti disposti sull'aspirazione di ciascuna pompa.

Tutte le tubazioni sono dotate di un sistema di tracciatura alimentato da vapore ausiliario.

#### *- Gasolio*

La ITE Sulcis è dotata di 1 serbatoio di stoccaggio del gasolio da 400 m<sup>3</sup>.

Il circuito di alimentazione del gasolio è costituito principalmente da:

- due pompe di tipo volumetrico a vite ad asse orizzontale, una di riserva all'altra, per i 6 bruciatori di avviamento in grado di assicurare una portata complessiva di 8500 kg/h ad una pressione di esercizio di 17 bar;



- due pompe di tipo volumetrico a vite ad asse orizzontale, una di riserva all'altra, per le 24 torce pilota in grado di assicurare una portata complessiva di 6000 kg/h ed una pressione di esercizio di 26 bar;
- due filtri autopulenti disposti sull'aspirazione delle 4 pompe.

#### - Carbone

Il carbone viene approvvigionato tramite navi o chiatte normalmente attraverso il pontile ex-Alsar. Solo in casi particolari si utilizza la banchina commerciale.

Le navi sono scaricate con gru a benna (gru Savigliano) la cui tramoggia alimenta il nastro trasporto per la messa a parco del carbone. La definitiva sistemazione avviene con l'ausilio di pale meccaniche che lo compattano per evitare fenomeni di autocombustione e le frane durante gli acquazzoni. Inoltre sempre attraverso gli stessi mezzi il carbone viene movimentato fino al bunker di caricamento. Da questo sempre attraverso nastro, il carbone viene pulito da eventuale materiale ferroso e vagliato fino alla pezzatura richiesta dai mulini (operazione effettuata da apparecchiature ausiliarie denominate deferrizzatore -frantoio- vibrovaglio), quindi inviato alla sala tripper per il caricamento delle tramogge dei gruppi attraverso le quali viene inviato ai 6 mulini a palle tipo 8.5 di costruzione ANSALDO. In tali mulini avviene la polverizzazione del carbone fino a raggiungere le caratteristiche ottimali per la successiva combustione.

Il gruppo è in grado di fornire il pieno carico con 5 mulini in marcia.

L'area del parco carbone è dotata di un impianto di drenaggio delle acque meteoriche, rimodernato e completato nel 1998; consiste in una trincea in cemento coperta da grigliato, barriere e dossi di contenimento, disposte in modo da perimetrare il deposito. Le acque provenienti dal deposito sono raccolte dalla citata trincea e avviate ad una vasca di accumulo e rilancio. Da questa sono avviate all'impianto ITAR. Ciò è garantito a fronte di precipitazioni fino a 40 mm/ora. Per ricadute superiori la vasca è dotata di stramazzo che invia le eccedenze al mare. In tal caso viene attivato un campionamento automatico delle acque scaricate.

Il trasferimento dell'acqua avviene tramite una pompa sommergibile per acque luride e fanghi manualmente o automaticamente attraverso un livellostato.

#### **Trattamento acque industriali e reflue**

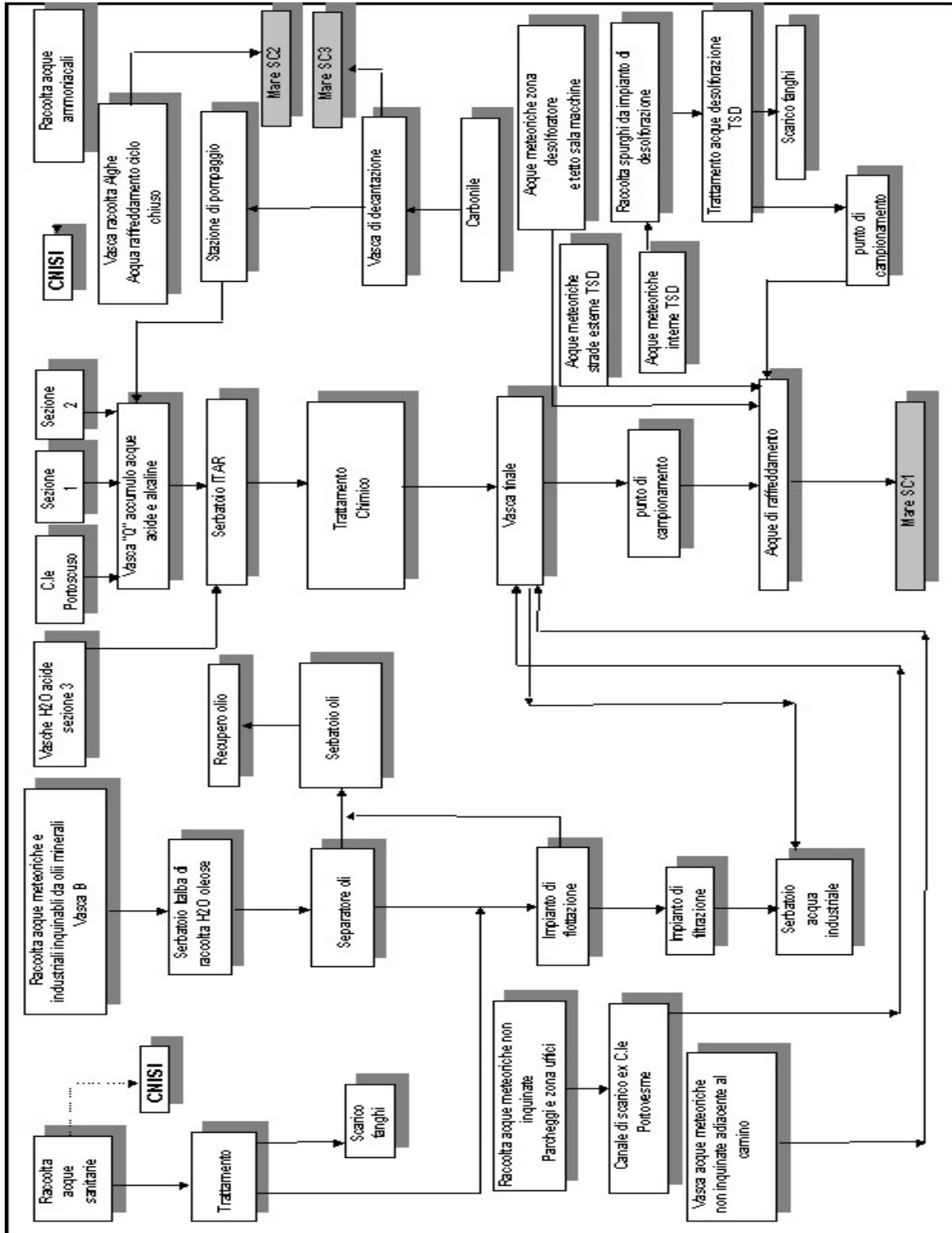
Sono presenti quattro dissalatori multflash di costruzione SOWIT, alimentati con acqua di mare, in grado di assicurare una produzione di distillato pari a 25 m<sup>3</sup>/h ciascuno. Sono presenti inoltre due letti misti di rifinitura del dissalato.

Per una ulteriore produzione di acqua demineralizzata è presente un impianto di costruzione CASTAGNETTI alimentato da acqua industriale preventivamente chiarificata e flocculata dall'impianto ITALBA. Eventuali ulteriori apporti di acqua demineralizzata sono forniti, tramite opportune condutture, dalla centrale di Portoscuso.

Sono presenti inoltre due impianti di trattamento acque reflue al quale confluiscono le acque acide/basiche e quelle oleose provenienti dall'intero impianto.

Lo schema generale del trattamento delle acque reflue è mostrato nella Figura 4 riportata nel seguito. E' da considerare che i reflui idrici prodotti dalla centrale Enel Portoscuso sono trattati dal sistema della centrale Sulcis.

Figura 4: Centrale Sulcis - Schema del sistema di trattamento delle acque reflue



### 2.3.1.4 Altre strutture

#### **Ex Centrale Portovesme**

All'interno del recinto della ITE SULCIS è presente, anche se in fase di demolizione, quanto resta della Centrale termoelettrica Portovesme.

Si trattava di una centrale termoelettrica policombustibile (carbone ed OCD) costituita da due gruppi da 32 MW ciascuno. Tale Centrale è stata dismessa nel 1986.

Attualmente l'area è solo parzialmente accessibile in quanto segregata da una recinzione.

L'esercizio della centrale è stato quello tipico dei gruppi di produzione elettrica di vecchia concezione con basse temperature e pressioni, tale da non richiedere la produzione di acque di ciclo di qualità elevata e quindi di sistemi di trattamento.

Si può inoltre riferire sulla presenza di piccoli serbatoi per OCD e gasolio alimentati a loro volta dai serbatoi della centrale Sulcis.

#### **Servizi logistici e amministrativi**

Oltre all'impianto termoelettrico ed alle altre strutture sopracitati, la ITE Sulcis comprende degli edifici adibiti a:

- officina meccanica
- officina elettrica
- laboratorio strumenti
- laboratorio chimico
- officina di carpenteria
- uffici vari per il personale tecnico ed amministrativo
- spogliatoi e servizi igienici
- mensa
- servizio sanitario aziendale
- portineria e centralino telefonico.

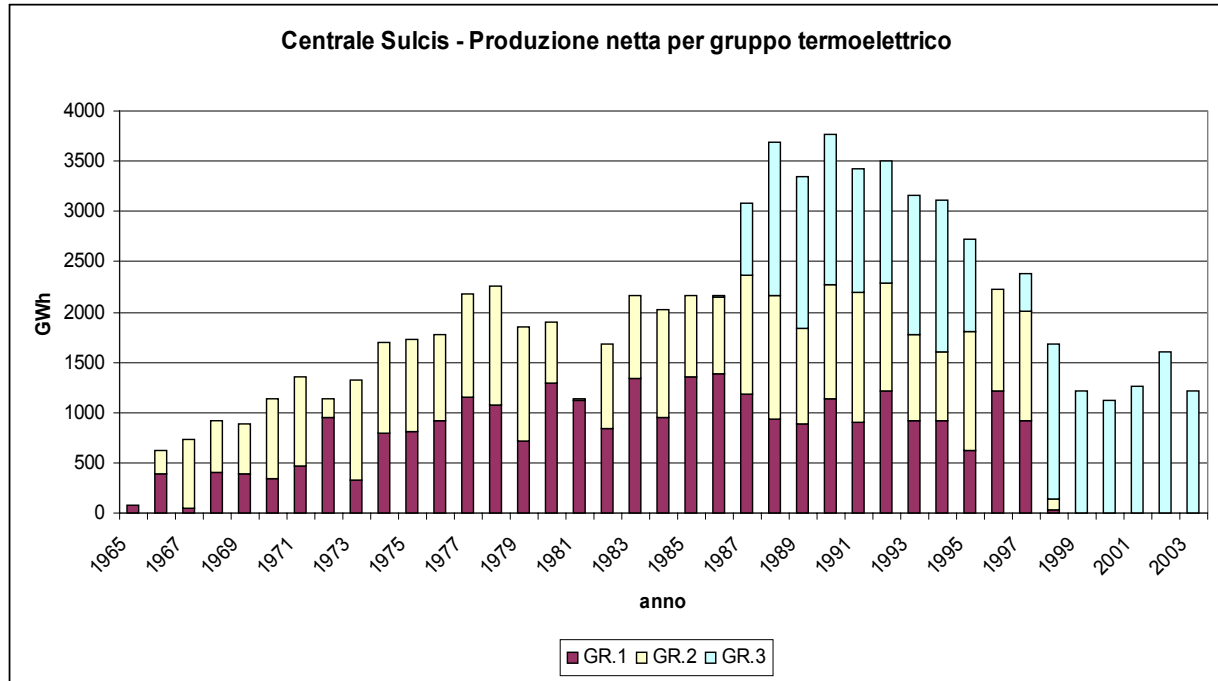
#### **Stazione elettrica**

La stazione elettrica dell'intera Centrale è del tipo blindato in SF<sub>6</sub> (esafluoruro di zolfo) con configurazione a doppia sbarra.

La gestione di tale stazione è di competenza della Centrale SULCIS sino all'interruttore di macchina, sia per quanto riguarda gli aspetti manutentivi che per quelli legati all'esercizio. Le parti restanti della stazione, che comprendono anche le linee AT che si dipartono dalla stazione stessa, sono di proprietà di TERNA S.p.A.

**2.3.2 Profilo produttivo della centrale**

Nella figura seguente sono sintetizzati i dati riferiti all'attività di produzione netta della Centrale di Sulcis per singolo gruppo di produzione..



**Figura 5:** Produzione netta in GWh dei gruppi termoelettrici presenti in centrale.

### 2.3.3 Tipologia dei processi

La Figura 6 rappresenta lo schema del processo produttivo, evidenziando in particolare quali sono gli elementi “in entrata” e quali quelli in “uscita”; lo stabilimento quindi viene considerato come una “scatola nera”, in cui tutti gli input sono destinati a diventare output seguendo diverse trasformazioni ma mantenendo inalterate le quantità.

Nella Tabella 2 invece, sono riportati i dati di input (le quantità in entrata) per le materie impiegate. L’intervallo di tempo considerato è degli ultimi cinque anni fino al 2003.

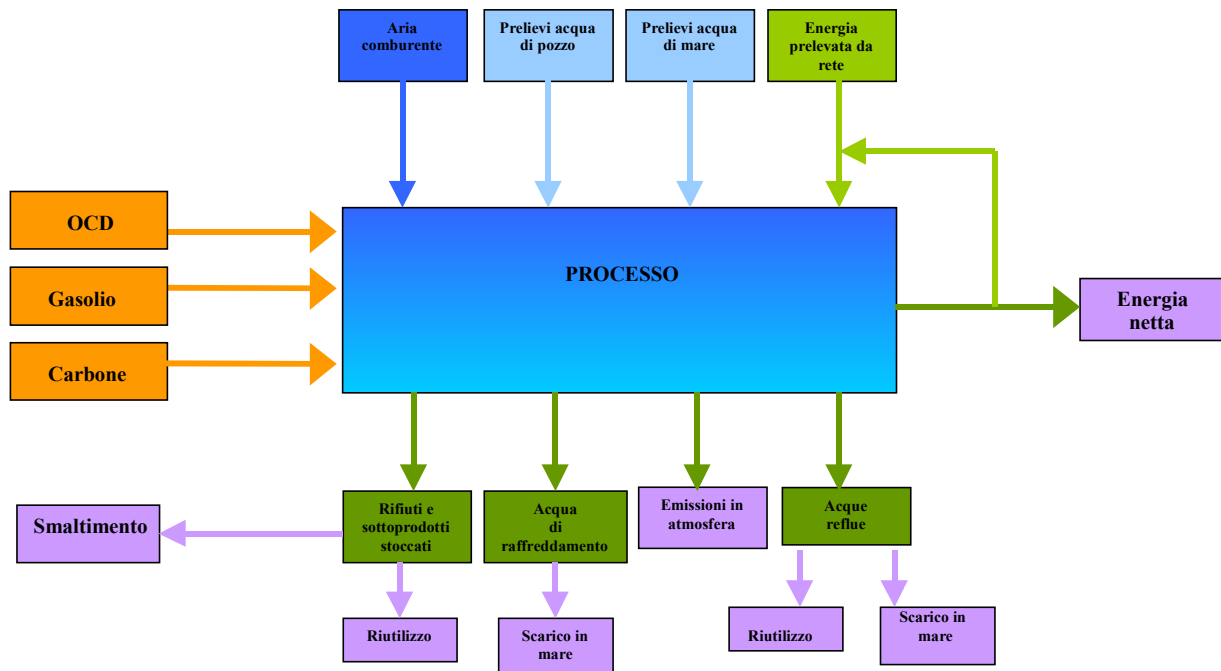


Figura 6: diagramma a blocchi che sintetizza il processo produttivo

	Unità di misura	1999	2000	2001	2002	2003
<b>COMBUSTIBILI</b>						
Carbone	t	403.160	482.076	649.283	723.804	501.097
OCD	t	64.960	31.404	9.654	17.046	24.405
<b>ACQUA</b>						
Prelievo da rete idrica (da acquedotto consortile per usi sanitari)	m <sup>3</sup>	22.500	22.964	14.374	11.126	49.866
Prelievo dal pozzo interno n° G per usi industriali		214	11.675	28.118	574	0
Prelievo dal pozzo interno n° E per usi industriali		0	0	0	2.365	28.165
Prelievo dal pozzo interno n° F per usi industriali		13.113	5.915	0	1.466	0
Totale prelievi da pozzi interni <sup>(1)</sup>		13.327	17.590	28.118	4.405	28.165
<b>REAGENTI CHIMICI</b>						
Acido Cloridrico 33%	kg	-	238.940	378.000	88.880	84.020
Sodio Idrato 48%		25.860	81.440	212.980	54.017	10.940
Cloruro Ferrico sol. 40%		112.439	45.180	50.200	87.500	40.720
Idrato di Ammonio 24,5%		2.200	3.057.650	4.594.960	5.014.900	3.676.930
Calce idrata		391.440	1.622.160	2.051.780	2.057.500	1.263.800
Ipoclorito di sodio		28.580	164.380	52.440	24.800	-
Calcare		38.018.000	31.996.000	25.639.000	43.682.585	11.760.000
Cloruro ferroso		-	28.680	14.800	24.780	-
Idrazina idrata (soluzione al 24% eliminata dal 2003).		3.770	4.750	3.800	1.900	-
Carboidrazide (dal 2003)		-	-	-	-	4.950
Solfuro di sodio		1.600	6.975	27.025	19.450	8.700

*Tabella 2: Consumi di materie prime (dati di input)*

<sup>1</sup> La posizione dei pozzi presenti in centrale è riportata nella Tavola II . Da segnalare che sono attualmente attivi solo i pozzi siglati E, F e G, mentre gli altri sono stati sigillati.

#### ***2.3.4 Attività, operazioni, situazioni e sostanze ambientalmente rilevanti***

Per rendere più semplice e immediata l'individuazione delle potenziali vie di contaminazione del suolo, del sottosuolo, delle acque superficiali e sotterranee, sono state realizzate delle schede sintetiche per le seguenti attività.

- movimentazione dei combustibili;
- stoccaggio del combustibile;
- stoccaggio ed uso di materiali e sostanze (escluso rifiuti);
- gestione di rifiuti;
- movimentazione delle ceneri;
- raccolta e trattamento delle acque reflue.

A tale scopo nelle schede successive sono descritte le attività che possono essere considerate delle potenziali sorgenti di contaminazione.

Non tutte le attività descritte risulteranno ugualmente 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 sufficientemente ampio.

<b>MOVIMENTAZIONE DEI COMBUSTIBILI</b>	
<b>Operazione</b>	<b>Descrizione</b>
Scarico stoccaggio e movimentazione del carbone	Lo scarico delle navi carboniere è assicurato da un ponte gru posto sopra il pontile ex-Alsar. Questi preleva il carbone e lo deposita su di un nastro trasportatore che lo convoglia fino al Parco Carbone. Il parco ha una capacità di 180.000 t. Il parco è circondato da un sistema per la raccolta delle acque meteoriche che ricadono sul parco stesso e per il loro invio al trattamento acque reflue. Nel parco, il carbone viene ammassato, compattato e movimentato, mediante pale meccaniche. L'avvio verso i gruppi di produzione avviene sempre mediante pale meccaniche che lo sospingono verso la tramoggia di caricamento di un nastro trasportatore, la cui prima parte si sviluppa in sotterraneo. Durante la movimentazione lungo questo "nastro", il carbone viene pulito da eventuale materiale ferroso e vagliato fino alla pezzatura richiesta dai mulini (operazione effettuata da apparecchiature ausiliarie denominate deferrizzatore -frantoio-vibrovaglio), quindi inviato alla sala "tripper" per il caricamento delle tramogge dei gruppi. Attraverso di queste il carbone viene inviato ai 6 mulini, nei quali avviene la sua polverizzazione fino a raggiungere le caratteristiche ottimali per la successiva combustione.
Scarico e trasferimento al deposito di impianto dell'olio combustibile denso	La Centrale viene approvvigionata con olio combustibile via mare; le navi e le bettoline che trasportano olio combustibile vengono scaricate mediante manichette che collegano l'oleodotto al pontile ex-Alsar. L'OC viene convogliato nei serbatoi del parco olio combustibile tramite un oleodotto con tubazioni da 10", 12", 16" e 20". La tubazione si sviluppa fuori terra in elevazione ed è quindi completamente ispezionabile. Dai serbatoi, l'OC viene direttamente prelevato con le pompe ed inviato ai bruciatori di caldaia.
Scarico gasolio	Il gasolio necessario per l'accensione delle caldaie ausiliarie e per il funzionamento delle torce pilota di sostegno fiamma, viene approvvigionato tramite autobotti ed è stoccato in serbatoio della capacità di 400 m <sup>3</sup> .



<b>STOCCAGGIO ED USO DI MATERIALI E SOSTANZE (ESCLUSO RIFIUTI)</b>	
<b>Materiale o sostanza</b>	<b>Descrizione</b>
Oli lubrificanti ed isolanti	Gli oli isolanti vengono utilizzati esclusivamente per l'esercizio dei trasformatori, mentre gli oli lubrificanti vengono utilizzati per differenti macchinari all'interno della Centrale.
Reagenti di processo	I principali reagenti di processo presenti in Centrale sono: ammoniaca (soluzione al 24,5% circa) acido cloridrico, idrato sodico, ipoclorito di sodio necessario alla clorazione dell'acqua condensatrice, calcare, calce, cloruro ferrico, cloruro ferroso, polielettrolita e idrazina idrata
Gas compressi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Idrogeno: è impiegato come fluido di raffreddamento degli alternatori ed è previsto un reintegro periodico. In particolare, l'idrogeno viene sfiatato in atmosfera per spiazzamento con CO<sub>2</sub> o azoto e il reintegro dello stesso avviene utilizzando bombole contenenti H<sub>2</sub>. Le bombole di idrogeno, raccolte in pacchi bombole da 16-20 elementi, sono stoccate in 2 fosse bombole di servizio; le fosse sono dotate di tetto mobile (copertura scorrevole), messa a terra contro le scariche atmosferiche e di un sistema antincendio che ne prevede l'allagamento in caso di bisogno. In caso di rottura dei flessibili di collegamento dei pacchi bombole all'impianto fisso, opportune valvole provvedono ad intercettare automaticamente il gas.</li> <li>• Anidride carbonica: viene impiegata come gas inerte di spiazzamento nelle fasi di riempimento e svuotamento del circuito idrogeno dell'alternatore, prima delle attività di manutenzione. E' inoltre presente come estinguente in molti estintori, sia fissi che mobili, come risulta dagli elenchi costituenti parte integrante del Certificato Prevenzione Incendi.</li> <li>• Azoto: è utilizzato per la pressurizzazione delle caldaie nei lunghi periodi di fermata e per lo spostamento dell'idrogeno negli alternatori.</li> <li>• Ossigeno, azoto ed argon: tali gas sono utilizzati per la strumentazione e le analisi di laboratorio.</li> <li>• Ossigeno ed acetilene: sono utilizzati nelle attività di saldatura e taglio dei metalli. Nei pressi dell'officina è presente un box di servizio per tali gas.</li> </ul> <p>Tutti i gas citati, eccetto l'idrogeno, sono stoccati in appositi idonei locali, gestiti dal Reparto Magazzino.</p>
Amianto	Da segnalare la presenza residuale di due tettoie realizzate in materiale contenente amianto (Eternit) per il parcheggio delle auto. Questi manufatti sono censiti ed il loro stato di conservazione è regolarmente monitorato.
PCB	<p>In Centrale non sono più presenti apparecchiature contenenti PCB, il cui smaltimento è stato ultimato nel 2002. Le apparecchiature contenenti PCB in una concentrazione superiore ai 50 ppm, furono censite e, a suo tempo, regolarmente denunciate ai sensi della normativa vigente. Erano costituite da 13 trasformatori contenenti Askarel per un totale di circa 14.400 kg e 6 trasformatori con oli contenenti PCB in concentrazioni comprese tra le 100 e le 200 ppm, per un totale di oli dielettrici di pari a 7200 kg.</p> <p>Erano inoltre presenti una serie di condensatori in Askarel per un totale di circa 30 kg ed un deposito di Askarel in fusti per un complessivo di 400 kg.</p> <p>Tabella 3, con riferimento alla planimetria presentata nella Tavola IV, riportano rispettivamente l'elenco e la posizione delle detenzioni di PCB che erano presenti in centrale. Da segnalare che i TR detenuti dalla centrale e mostrati nella citata tavola, erano installati all'interno di fabbricato "sala macchine" dei Gruppi 1, 2, e 3 o all'interno del fabbricato della ex centrale Portovesme su superfici impermeabilizzate o in presenza di vasche di contenimento.</p>

Tabella 3 (1 di 2): Elenco delle detenzioni di PCB

**ELENCO TRASFORMATORI CONTENENTI PCB**

Pos. Plan.	RIF. ENEL	COSTRUTTORE	matr.	Anno costruz.	Tensione KV	Potenza kVA	Quantità olio Kg	ppm PCB	NOTE
T/0002	PCG1	BREDA	5003	1963	3	1250	1390	Askarel	Smaltiti nel 2001
T/0003	PCG2	BREDA	5002	1963	3	1250	1390	Askarel	
T/0004	PC1T1	BREDA	5011	1963	3	1.250	1780	Askarel	
T/0005	PC1T2	BREDA	5009	1963	3	1.250	1780	Askarel	
T/0006	PC2T1	BREDA	5010	1963	3	1.250	1780	Askarel	
T/0007	PC2T2	BREDA	5012	1963	3	1.250	1780	Askarel	
T/0008	QL1	TRAFO	63426	1963	3	300	950	Askarel	
T/0009	QL2	TRAFO	63425	1963	3	300	950	Askarel	
T/0010	QLG	TRAFO	63427	1963	3	300	950	Askarel	
T/0011	PFMG	TRAFO	63428	1963	3	300	950	Askarel	
T/0012	CARBON.	TRAFO	66586	1966	5	50	150	Askarel	
T/0013	PCSG1	TRAFO	62800	1962	14	75	290	Askarel	
T/0014	PCSG2	TRAFO	62799	1962	14	75	290	Askarel	
T/49	Servizi SU-5	Siemens	T28933	-	6,93	6300	3000	144	Smaltiti nel 2002
T/59	All. Ditte esterne	Alice	165	1965	6	500	450	225	
T/43	Servizi SU-4	Siemens	T28934	1993	6,93	6300	3000	102	
T/53	Luce gr.4	Siemens	T50886	1953	6	200	200	172	
T/57	Impianto nafta	Siemens	T50887	1953	6	200	200	140	
T/68	Scorta S.M. Portovesme	Siemens	T54511	-	6	380	370	101	

(2 di 2): Elenco delle detenzioni di PCB

**ELENCO CONDENSATORI CONTENENTI PCB**

Pos. Plan.	RIF. ENEL	COSTRUTTORE	Anno costruz.	KV	Potenza KVAR	Quantità Askarel Kg	NOTE
C/1	Quadro eccit. Reg. soccorsi	LCSM	1963	0,75	5.298	1	
C/2	Quadro eccit. Reg. soccorsi	LCSM	1963	0,75	5.298	1	
C/3	PROT.GEN. Fase A	Passoni e Villa	1963	26	2.800	5	
C/4	Fase B	Passoni e Villa	1963	26	2.800	5	
C/5	Fase C	Passoni e Villa	1963	26	2.800	5	Smaltimento terminato nel 2002
C/6	Quadro Eccit. Regolaz. 2	LCSM	1963	0,4	1.100	1	
C/7	Quadro Eccit. Regolaz. 2	LCSM	1963	0,4	1.100	1	
C/8	Quadro Eccit. Regolaz. 2	LCSM	1963	0,4	1.100	1	
C/9	Quadro Eccit. Regolaz. 2	LCSM	1963	0,75	5.300	5	
C/10	Quadro Eccit. Regolaz. 2	LCSM	1963	0,4	1.100	1	
C/11	Quadro Eccit. Regolaz. 2	LCSM	1963	0,4	1.100	1	
C/12	Quadro Eccit. Regolaz. 2	LCSM	1963	0,4	1.100	1	
C/13	Quadro Eccit. Regolaz. 2	LCSM	1963	0,4	1.100	1	
C/14	Quadro Eccit. Regolaz. 2	LCSM	1963	0,4	1.100	1	
C/15	Quadro Eccit. Regolaz. 2	LCSM	1963	0,75	5.300	1	

**DLI CONTENENTI PCB DETENUTI IN DEPOSITO**

Pos. Plan.	RIF. ENEL	COSTRUTTORE	matr.	Anno costruz.	Tensione Ky	Potenza KVA	Quantità Apirolio (Kg)	NOTE
1	-	-	-	-	-	-	400	Smaltito nel 2001

<b>GESTIONE DEI RIFIUTI</b>	
	<b>descrizione e utilizzo</b>
Rifiuti pericolosi	<p>La planimetria presentata nella Tavola V, mostra i punti di raccolta, di deposito temporaneo e di deposito provvisorio, di tutti i rifiuti (pericolosi e non) prodotti in centrale. Per i rifiuti pericolosi sono state attrezzate diverse aree di stoccaggio provvisorio autorizzate evidenziate nella citata planimetria.</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), con cadenza bimestrale o quando il quantitativo raggiunge i 10 metri cubi.</p>
Rifiuti non pericolosi	<p>I rifiuti non pericolosi prodotti in Centrale sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Ceneri da carbone leggere e pesanti</u> (dal 1996 le ceneri pesanti sono trattate a secco ed assimilate alle ceneri leggere): le ceneri sono raccolte in due silos di processo della capacità unitaria di 3000 m<sup>3</sup> posti in prossimità della ciminiera (per maggiori dettagli vedi i punti 6 della Tavola II) e due silos da 6000 m<sup>3</sup> posti nella zona sud-est della centrale (punti 39a della mappa riportata nella Tavola II). Fino al 1989 le ceneri erano trasportate ad umido nel “parco ceneri”, detto anche area 5, dove erano lasciate decantare (l’area era autorizzata come discarica ceneri).</li> <li>• <u>Fanghi impianti ITAR e TSD</u>: i fanghi, derivanti dalla depurazione delle acque nell’impianto ITAR e TSD, prodotti per disidratazione tramite filtro-pressa, sono trasportati tramite idonei automezzi nel deposito preliminare autorizzato, all’interno del capannone fanghi e gessi.</li> <li>• <u>Gessi</u>: a partire dal 1998, in seguito all’avviamento dell’impianto di desolfurazione, è iniziata la produzione di gessi. Essi sono estratti dai desolficatori in sospensione acquosa, separati negli idrocycloni, ispessiti e disidratati in filtri sotto vuoto, vengono trasportati con un sistema di nastri nel deposito preliminare autorizzato, all’interno del capannone fanghi e gessi.</li> <li>• <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 nella planimetria presentata nella Tavola V.</li> </ul> <p>Tali materiali vengono smaltiti secondo i tempi e le modalità previste dal D. Lgs. 22/97.</p>

<b>MOVIMENTAZIONE DELLE CENERI</b>	
<b>Operazione</b>	<b>Descrizione</b>
Ceneri leggere	Costituite dal particolato solido presente nei fumi di combustione, sono trattenute dai sistemi di abbattimento ad elettrofiltri (per la descrizione della movimentazione vedi quanto detto nella scheda relativa ai rifiuti non pericolosi).
Ceneri pesanti	Costituite dal particolato solido che si deposita sulle pareti della camera di combustione e che viene raccolto nella tramoggia di fondo delle caldaie. L'estrazione delle ceneri pesanti, che precedentemente avveniva ad umido, attualmente avviene a secco tramite un nastro metallico chiuso, che provvede ad allontanare dalla caldaia le scorie raccolte nella tramoggia di fondo. Dopo la loro macinazione, un sistema pneumatico convoglia le ceneri nei silii di raccolta delle ceneri leggere e con queste ultime conferite a terzi per il riutilizzo.
Movimentazione a secco	Sul fondo dei silii di stoccaggio, ad opportuna altezza dal piano stradale, sono installati i sistemi che permettono di scaricare la cenere, evitando spargimenti indesiderati. Il sistema a secco permette, tramite un dispositivo a proboscide, costituito da due tubi flessibili, uno concentrico all'altro, il caricamento dei camion a siluro o a cipolla. Il dispositivo realizza una perfetta tenuta sulla bocca di caricamento e permette di favorire il riempimento dei siluri (o cipolle) estraendo l'aria attraverso il tubo più esterno della proboscide, mentre un idoneo sistema di valvole consente la regolazione o l'intercettazione del flusso uscente.
<p>La totalità della cenere da carbone prodotta viene conferita per riutilizzo e venduta a ditte terze (specialmente cementifici) che la inseriscono nel loro ciclo produttivo; In particolari situazioni stagionali e di scarsa capacità ad assorbire il prodotto da parte delle menzionate ditte, la cenere viene conferita a discarica, tramite ditte in possesso delle dovute autorizzazioni.</p> <p>Da segnalare che fino al 1989 le ceneri erano movimentate ad umido e depositate nel "parco ceneri". Tale area, di circa 14 ettari, è ubicata tra la parte sud della centrale, la discarica di fanghi rossi di proprietà Eurallumina, la linea di costa e il porto industriale di Portovesme.</p>	

<b>RACCOLTA E TRATTAMENTO DELLE ACQUE REFLUE</b>	
<b>Tipo</b>	<b>Descrizione</b>
	<p>L'impianto di trattamento delle acque reflue è stato realizzato per garantire la conformità degli scarichi della Centrale alla normativa vigente ed è costituito da tre sezioni, dedicate al trattamento delle acque acide/alcaline, oleose e degli spurghi del desolforatore.</p> <p>I reflui degli impianti di trattamento delle acque, unitamente alle acque meteoriche di seconda pioggia, sono inviate al recupero per la produzione di acqua industriale o confluiscono nello scarico a mare delle acque condensatrici.</p> <p>Le acque sanitarie sono raccolte da un sistema fognario dedicato che le invia, al di fuori del sito, all'impianto di trattamento consortile del CNISI.</p> <p>La planimetria della rete di raccolta delle acque reflue è riportata nella Tavola VI.</p>
Acque reflue acide/basiche (ITAR)	<p>Tale sezione, dimensionata per trattare reflui con una portata massima di circa 160 m<sup>3</sup>/h; ha la funzione principale di eliminare dalle acque i solidi presenti in sospensione, le frazioni solubili di alcuni metalli e di correggere il pH, portandolo nei limiti prescritti.</p> <p>I reagenti impiegati nel processo di depurazione sono: acido cloridrico, cloruro ferrico, calce idrata in polvere e polielettrolita. Tali reagenti sono tutti stoccati in appositi locali, in prossimità dell'impianto.</p> <p>La calce viene utilizzata sotto forma di latte di calce che, costituito da una sospensione di calce in acqua, viene preparata di continuo ed opportunamente dosata nel processo. Sempre tramite pompe dosatrici viene inviato al processo il polielettrolita, preparato in un apposito serbatoio di miscelazione.</p> <p>Tutti i serbatoi contenenti reagenti insistono su pavimentazioni realizzate con idonei rivestimenti ed afferenti alla rete fognaria collegata all'impianto ITAR.</p>
Acque degli spurghi del desolforatore (TSD)	<p>Tale sezione, dimensionata per trattare i reflui in argomento con una portata massima di circa 150 m<sup>3</sup>/h, ha la funzione principale di eliminare dagli spurghi i solidi presenti in sospensione e le frazioni solubili dei metalli e di correggere il pH.</p> <p>I solidi in sospensione ed i precipitati metallici, ispessiti e disidratati in filtri pressa, sono smaltiti, come rifiuto non pericoloso, sotto forma di fanghi ed avviati a discarica.</p> <p>Per il funzionamento dell'impianto TSD vengono impiegati, oltre ai reagenti già considerati nell'impianto ITAR, il cloruro ferroso, il solfuro di sodio ed eventualmente l'idrato di sodio per la correzione del pH.</p> <p>Per la movimentazione, lo stoccaggio e la preparazione dei reagenti vale quanto detto per ITAR, mentre nelle attività di manipolazione del solfuro di sodio, è da tenere presente che tale sostanza in presenza di acidi sviluppa gas tossici; per tale motivo i serbatoi contenenti le citate sostanze sono posti in posizione separata.</p>
Acque oleose (ITAO, detto anche ITALBA)	<p>Tale sezione, capace di trattare fino a 200 m<sup>3</sup>/h, permette la separazione delle sostanze oleose presenti nei reflui provenienti dalla rete fognaria delle aree di centrale potenzialmente inquinabili da oli.</p>
Acque sanitarie	<p>Le acque sanitarie sono raccolte da un sistema fognario dedicato ed avviate all'impianto di trattamento consortile.</p>
Acqua di raffreddamento	<p>L'acqua impiegata per il ciclo di raffreddamento viene prelevata all'interno del porto industriale di Portovesme (zona nord della centrale), attraverso un'opera di presa, comune per i gruppi 1, 2 e 3.</p> <p>Le opere di restituzione dell'acqua di raffreddamento scaricano nella zona sud della centrale sempre all'interno del porto industriale (vedi Tavola VI).</p> <p>Le uniche alterazioni sulla qualità di queste acque indotte dal processo consistono in un aumento della temperatura tra prelievo e scarico, comunque nel rispetto dei limiti recati dall'autorizzazione allo scarico.</p>

## 2.4 Episodi ambientalmente rilevanti riscontrati in passato

In questo paragrafo saranno esaminati tutti gli eventi occorsi in centrale che hanno avuto risvolti di carattere ambientale. In particolare, saranno presentati e discussi:

- rapporti tra Autorità, Enti di controllo, Amministrazioni, ecc., e la Centrale Sulcis, in merito a questioni di carattere ambientale,
- ritrovamento di sostanze e materiali inquinanti all'interno dell'area oggetto del presente rapporto,
- eventi incidentali, occorsi nell'esercizio della centrale, che avrebbero potuto lasciare traccia nell'ambiente,
- risultati ed informazioni generati da precedenti studi,
- altro pertinente.

### 2.4.1 Area del Parco Ceneri

Presso la Centrale Termoelettrica Sulcis di Enel Produzione S.p.A., in Comune di Portoscuso, sono presenti due aree di deposito di ceneri di carbone e di terreni di riporto e materiali di scavo.

La prima area, in fregio alle strutture portuali, è interessata dalla presenza di ceneri di carbone e di terreni di riporto a parziale copertura delle stesse, provenienti dal vicino comprensorio minerario. L'area ha una superficie di circa 14 ettari ed è ubicata tra la centrale, la discarica di fanghi rossi di proprietà Eurallumina, la linea di costa e l'attuale porto industriale di Portoscuso. La seconda area è invece interessata da materiali provenienti dalle attività di scavo per la realizzazione delle opere di risanamento ambientale annesse alla sezione 3 della Centrale. I materiali sono depositi in due distinti accumuli all'interno della recinzione che delimita gli impianti di Enel Produzione, in area ex Socomet.

L'area dove insiste l'ex parco ceneri fu ceduta nel 1961, dal Comune di Portoscuso, proprietario del sito, alla Società Mineraria Carbonifera Sarda, perché fosse adibita (Delibera n° 28/20 del 9/10/1961) “ ... alla sistemazione dei rifiuti della propria Centrale Termoelettrica, riconoscendo l'interesse industriale dell'operazione come interesse di pubblica utilità ai fini dello sviluppo economico del paese ... ”.

La Società Mineraria Carbonifera Sarda fu nazionalizzata nel 1965 e fino a quella data produsse energia elettrica e ceneri, tutte depositate nell'area a ciò destinata.

Nel dicembre 1985 la Facoltà di Ingegneria di Cagliari - Istituto di Geologia applicata (Prof. Barroccu), esaminate le ceneri, depositate anche dall'Enel sul sito in esame (Loc. Cuccuru Is Arenas) successivamente alla nazionalizzazione, pervenne alla conclusione che il materiale in questione aveva valori di permeabilità estremamente bassi rispetto a siti limitrofi (es. località Su Stangioni, bacino Fanghi Rossi dell'Eurallumina) e comunque tali da impedire l'infiltrazione in profondità di eventuali percolati.

Con delibera del Consiglio dei Ministri del 30.11.1990 il territorio del Sulcis-Iglesiente, e al suo interno il Comune di Portoscuso, è stato dichiarato “area ad elevato rischio di crisi ambientale” per la quale fu approvato un apposito Piano di Disinquinamento con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 23.4.1993.

Detto Piano, oltre ad illustrare le caratteristiche del territorio, individuò tutti gli stabilimenti presenti (es. Enel, EURALLUMINA, ALUMIX, NUOVA SAMIM, COMSAL, SARDAMAG), videnziandone per ognuno i principali impatti ambientali.

Quanto all'Enel, al paragrafo 2.3.3 - Smaltimento dei rifiuti industriali - si legge:

“.... In sintesi, dall'analisi condotta e con riferimento ai rifiuti quantitativamente più significativi, le principali problematiche legate alla produzione, anche pregressa, di rifiuti industriali appaiono le seguenti:

- *ceneri di carbone prodotte dalle Centrali Enel - le quantità prodotte prima della separazione tra leggere e pesanti (1987) e del conseguente avvio della loro vendita a terzi per il recupero produttivo sono state accumulate nell'area di "Cuccuru Is Arenas" che l'Enel sta provvedendo a bonificare rimuovendo le ceneri e trasportandole alla discarica di Serdiana. Al dicembre 1991 restavano nell'area di "Cuccuru Is Arenas" 150.000 tonnellate di ceneri. La bonifica è in fase di completamento".*

Il Piano di Disinquinamento, poi, prevedeva, alla Tabella 3, l'elenco degli interventi con la individuazione dei soggetti onerati (stabilimenti, Enti, etc.).

L'Enel, quanto alle ceneri presenti a Cucuru Is Arenas, nel 1993 ha effettivamente provveduto a portare a discarica il quantitativo di ceneri indicato nel piano, tramite la Società ECOSERDIANA, con il raggiungimento della quota di campagna precedente alla prima operazione di conferimento, liberando così il sito e rendendolo idoneo alla installazione di un previsto gassificatore. Inoltre, nel 1992, l'Enel fece ricoprire con tout-venant di cava commissionato alla GE.CO.PRE. Spa, parte dell'area in questione per consentire la installazione di un temporaneo cantiere destinato al montaggio e all'assemblaggio dei macchinari dell'impianto di desolfurazione dei fumi della Centrale.

In data 21.7.94 l'Enel informò la Provincia di Cagliari dell'avvenuto completamento delle operazioni di sistemazione dei cumuli residui ancora presenti nell'ex parco ceneri della Centrale Sulcis, e si rese disponibile alla verifica dell'assetto plano-altimetrico.

Con riferimento alle ceneri, il Sindaco di Portoscuso, con Ordinanza n°73, del 24 settembre 1998, ha ordinato all'Enel di mettere in sicurezza l'area in questione destinata, a suo dire, a *"discarica incontrollata di ceneri e contribuendo - la stessa - alla diffusione di polveri nell'abitato di Portoscuso e dintorni"*.

Tale Ordinanza è stata dapprima sospesa con provvedimento sindacale n° 76, del 23 ottobre 1998 " sino al chiarimento degli aspetti formali e sostanziali" per la definizione dei quali il Comune dichiarava di voler coinvolgere altri enti e istituzioni competenti in materia.

Il Sindaco ha chiesto altresì all'Enel di fornire tutti gli atti inerenti la bonifica degli anni 1991-1994.

Con lettera 1 febbraio 1999, n. 260, l'Enel, ha comunicato che "il sito era stato messo in sicurezza dopo l'avvenuto asporto del materiale in precedenza depositato ad opera dell'Enel, sotto il controllo e con l'intervento dell'Amministrazione Provinciale di Cagliari" e si è riportato ad un verbale di campionamento del 22.12.1998.

L'Enel ha fatto constatare, tra l'altro, che i residui di ceneri presenti assolvevano e assolvono alla funzione di argine dell'adiacente bacino dei fanghi rossi Alumina.

Con Ordinanza n° 9, del 6 maggio 1999, il Sindaco ha revocato il provvedimento n.73 ed ha chiesto all'Enel:

- 1) un piano computometrico indicante i quantitativi di cenere presenti nell'area;
- 2) il progetto delle aree "occupate dai rifiuti industriali";
- 3) la caratterizzazione dei materiali usati per la copertura provvisoria "di una parte della discarica delle ceneri";
- 4) la presentazione di un progetto per la bonifica delle aree occupate dalle ceneri da sottoporre all'approvazione del Sindaco medesimo.

Le Ordinanze in parola sono state tempestivamente impugnate dall'Enel dinanzi al TAR della Sardegna.



In data 14.7.1999 e in data 30.10.1999, l'Enel ha trasmesso al Comune di Portoscuso il Piano di indagine ambientale nell'area della Centrale Termoelettrica del Sulcis contenente i "Protocolli analitici relativi alle indagini ambientali nell'area della Centrale Termoelettrica Sulcis".

Anche con riferimento ai cumuli di materiale di scavo presenti presso la Centrale, il Sindaco di Portoscuso, con Ordinanza n. 74, del 28 settembre 1998, ha ordinato all'Enel la messa in sicurezza delle aree interessate e la presentazione di un progetto per la loro bonifica.

Con successiva Ordinanza n. 75, del 23 ottobre 1998, però il Sindaco stesso ne ha sospeso l'efficacia *"sino al completamento degli accertamenti analitici in atto presso i laboratori della Provincia"*.

Anche tali due Ordinanze sono state tempestivamente impugnate dall'Enel dinanzi al TAR della Sardegna.

L'Enel, peraltro, al fine di dimostrare - comunque - la propria disponibilità a trovare una soluzione della vertenza che tenga conto dell'effettivo impatto ambientale e delle reali esigenze dell'area, ha eseguito - d'intesa con il Comune - un programma di campionamento del sito in questione.

Infatti risulta che:

- a) la cenere attualmente presente è stata certamente depositata dalla Società Mineraria Carbonifera Sarda negli anni 1961-1965, su espressa autorizzazione del Comune di Portoscuso, che aveva destinato l'area in questione a deposito dei rifiuti delle centrali termoelettriche evidenziandone il carattere di pubblica utilità dell'operazione;
- b) dalle analisi -effettuate nel 1985- risulta, in modo oggettivo, la scarsa permeabilità delle ceneri; il che porta a ridurre drasticamente, se non ad escludere, forme di inquinamento del sottosuolo e della falda.
- c) l'Enel ha dato precisa esecuzione al Piano di Disinquinamento, mai sospeso o abrogato, trasformando, con enorme impegno economico (circa L. 35.000.000.000), l'ex parco ceneri in sito industriale (cfr. sul punto la Delibera del Cipe del 13 aprile 1994, in G.U. n°95 del 1994), sito attualmente in attesa di una sua definitiva destinazione.

La Giunta Comunale di Portoscuso, con Delibera n. 241, del 25.10.2000, deliberò l'"Approvazione del piano sistemazione area parco ceneri e area interna con cumuli materiali di scavo Enel power" attraverso:

- a) rimozione delle ceneri dal sito per circa 120.000 mc;
- b) trattamento e lo smaltimento dei materiali di copertura che presentano sul tal quale e ai test di cessione il superamento dei valori di cui al D.M 471/99;
- c) il reimpiego in sito dei materiali di copertura innocui ed assimilabili ai materiali di scavo interni;
- d) il trattamento (vaghiatura) dei materiali di scavo (circa 70.000 mc) ancora presenti presso le aree ex DCO Enel derivanti dagli scavi realizzati per la realizzazione del desolfatore del 3° gruppo;
- e) il reimpiego dei materiali di scavo vagliati per la sistemazione delle aree del parco ceneri, dopo la rimozione dei rifiuti.

Con Delibera n. 291 del 20.12.2000 la Giunta Comunale autorizzò una (parziale) sistemazione del parco Ceneri, subordinandola all'approvazione del progetto generale interessante l'area oggetto del piano di sistemazione già approvato con deliberazione G:M: n° 241 del 25 ottobre 2000", dando atto che "la progettazione dovrà redigersi nel rispetto delle considerazioni riportate nel piano di sistemazione già approvato e delle prescrizioni riportate nel

provvedimento deliberativo" e dava " ulteriore atto che, la progettazione esecutiva di cui al precedente punto n°3, dovrà precedere l'estrapolazione di un lotto funzionale di intervento prioritario limitato all'area evidenziata nella planimetria allegata alla nota presentata dall'Enel Produzione in data 14 dicembre 2000".

In data 26.6.2001, l'Enel ha inviato al Comune di Portoscuso, nonché alla Provincia di Cagliari e alla Regione Sardegna "ai sensi e per gli effetti dell'art. 10 del D.M. 25.10.1999, n. 471."il Progetto definitivo per la sistemazione dell'area" allegandovi il "Rapporto tecnico" e una "Relazione tecnica".

Con nota del 14. 3. 2003, il Comune di Portoscuso ha invitato l'Enel a "*trasmettere la documentazione inerenti gli interventi effettuati nell'area in oggetto, informando ... sullo stato dei lavori... Qualora gli interventi di cui trattasi non avessero avuto ancora inizio, si invita ... a voler attivare le procedure previste dal D.M. 471/99*".

Ad essa ha dato riscontro l'Enel, in data 18 marzo 2003, ricordando di essere ancora in attesa dell'approvazione, da parte del Comune stesso e delle altre competenti Amministrazioni, del progetto definitivo trasmesso nel giugno del 2001.

In una successiva riunione tenuta in data 11 aprile 2003 fu concordata con l'Enel una integrazione e un supplemento delle analisi effettuate e riportate nel Progetto esecutivo del Piano di sistemazione delle aree interessate. L'Enel ha dato corso all'elaborazione del piano per l'integrazione delle analisi dandone comunicazione al Comune e chiedendo di poterlo illustrare nel prossimo mese di settembre.

Nel frattempo, con Decreto Ministeriale del 12 marzo 2003, è stata fissata la perimetrazione dell'area del Sulcis-Iglesiente-Guspinese tra i siti di interesse nazionale.

Ciò ha comportato che Enel Produzione ha dovuto dare corso all'iter previsto dal D.M. 471/99, per i siti di interesse nazionale che vede il coordinamento delle azioni da parte del Ministero dell'Ambiente, come primo passo, la presentazione del Piano delle Caratterizzazioni che è, appunto, l'oggetto del presente rapporto.

A fronte di tale impegno si rende evidente che il precedente progetto di ripristino ambientale del sito interessato dalla presenza di ceneri di carbone e dell'area interessata da materiali provenienti dalle attività di scavo, a suo tempo presentato al Comune di Portoscuso, dovrà essere sospeso in attesa della conclusione dell'iter degli adempimenti previsti dal D.M. 471/99.

E' tuttavia il caso di fornire una descrizione sullo stato generale dell'area "Parco ceneri" che trae il suo spunto principalmente dallo studio che ha consentito di formulare il progetto di ripristino ambientale sottoposto al vaglio del Comune di Portoscuso. Tale documento è:

*Il "Piano per la sistemazione dei siti interessati dalla presenza di ceneri di carbone, terreni di riporto e materiali di scavo nell'area della centrale Sulcis" – Relazione Tecnica Generale – Luglio 2000 (il documento integrale è disponibile presso l'archivio di centrale. Nell'Allegato I, quale stralcio del documento integrale, sono presentate le tabelle riportanti i risultati analitici)*

Il piano presenta le indagini ambientali effettuate nell'area della centrale Termoelettrica del Sulcis con i seguenti obiettivi:

- valutare lo stato di qualità delle componenti ambientali dell'area con presenza di ceneri di carbone, ubicata in fregio al mare;
- caratterizzare il terreno utilizzato per la copertura di parte dell'area suddetta;
- approfondire le attività di caratterizzazione del terreno di scavo proveniente dagli interventi di ambientalizzazione della centrale, stoccato in cumuli in una differente area della centrale stessa;

- proporre un piano degli interventi da realizzare per la sistemazione del sito, mediante:
  - riprocessamento delle ceneri di carbone nella sezione 3 della centrale Sulcis in modo da renderle idonee per il riutilizzo nell'industria del cemento e del calcestruzzo;
  - recupero dei terreni di copertura per la risistemazione dell'area;
  - recupero dei materiali di scavo per il ripristino delle quote attuali nell'area di stoccaggio delle ceneri dopo che queste saranno avviate al riutilizzo.

Il piano, redatto secondo gli accordi intercorsi con il Comune di Portoscuso, si articola in una fase analitica ed una progettuale e considera l'area con presenza di ceneri (Area 5 o "parco ceneri") e quella con presenza di terreno di scavo proveniente dagli interventi di ambientalizzazione della centrale (opere in area ex-Socomet acquisita da Enel nel 1979, evidenziata in Tavola III); di particolare interesse per la presente trattazione sono i risultati ottenuti dalla fase analitica.

La prima area, ha una superficie di circa 14 ettari ed è ubicata tra la centrale, la discarica di fanghi rossi di proprietà Eurallumina, la linea di costa e l'attuale porto industriale di Portovesme.

Originariamente l'area si presentava irregolare dal punto di vista della morfologia e le depressioni naturali presenti furono colmate con ceneri già nel periodo anteriore al 1965, da parte della precedente proprietà.

Nel 1965 l'area divenne di proprietà Enel e, fino al 1989, vi vennero depositate le ceneri derivanti dall'esercizio della centrale Sulcis, in sovrapposizione ai materiali già in posto.

L'Enel, in ottemperanza ai disposti del DPCM 30/11/90 "Piano di disinquinamento del Sulcis-Iglesiente", avviò le operazioni di rimozione delle ceneri da lei stoccate fino al ripristino della quota del piano di campagna così come si presentava all'atto dell'acquisizione delle aree da parte di Enel.

Le operazioni durarono circa 3 anni ed in data 21/7/94, Enel informò la Provincia di Cagliari dell'avvenuto completamento delle attività, rendendosi disponibile alla verifica dell'assetto piano-altimetrico. Tali operazioni comportarono la rimozione di oltre 600.000 tonnellate di ceneri. Successivamente per consentire l'installazione provvisoria di un'area cantiere, il sito è stato parzialmente coperto e livellato con tout-venant di cava.

Le indagini effettuate nel 1999-2000, hanno permesso di stimare un volume di cenere deposta dai precedenti proprietari e residuo dalle citate opere di rimozione, pari a circa 120.000 m<sup>3</sup> corrispondente ad un quantitativo pari a circa 140.000 tonnellate.

Ai fini delle indagini sono stati realizzati dieci sondaggi a carotaggio continuo che hanno permesso di ricostruire la stratigrafia del luogo. I materiali rilevati dall'esame delle carote sono sostanzialmente riconducibili alle seguenti categorie:

- terreno di riporto proveniente dall'area mineraria del Sulcis Iglesiasiente;
- ceneri di carbone;
- terreno in posto costituito da sabbia sciolta, sabbia limosa più o meno cementata, limi argillosi con presenza di torba.

Gli spessori più consistenti di cenere (da 50 cm a 3 m) interessano circa il 40% dell'area totale. Nella rimanente parte, le ceneri sono presenti solo in alcune zone con lenti dello spessore di qualche decina di centimetri.

Sui campioni prelevati è stata analizzata la composizione chimica degli elementi di maggior interesse ambientale (v. Allegato 1-Tabella 1) e sono stati inoltre sottoposti a test di cessione con acqua satura di CO<sub>2</sub> secondo la metodica IRSA/CNR (v. Allegato 1-Tabella 2). I valori di concentrazione degli elementi analizzati, oltre a rientrare nei range tipici delle ceneri di carbone, sono confrontabili con i valori tipici dei suoli.

Sui campioni di ceneri è stata inoltre misurata la radioattività relativa a  $U^{238}$ ,  $Th^{232}$  e  $K^{40}$ . Dai risultati emersi si è potuto concludere che il materiale misurato non è radioattivo (v. Allegato 1-Tabella 3).

Nel corso dei sondaggi di cui sopra, sono stati prelevati anche dei campioni rappresentativi del terreno sottostante le ceneri, al fine di rilevare eventuali contaminazioni. Per ogni punto di sondaggio sono stati prelevati tre campioni rispettivamente nei tratti di carota compresi, orientativamente, tra 0-0.40, 0.40-0.80 e 0.80-1.20 m a partire dall'interfaccia tra cenere e terreno. I risultati delle analisi condotte su tali campioni sono stati messi a confronto con i valori di concentrazione limite accettabile nel suolo e nel sottosuolo (uso industriale) stabiliti dal Decreto Ministeriale 25 ottobre 1999 n. 471 (v. Allegato 1-Tabella 4a/b/c).

Dal confronto emerge che per tre dei dieci sondaggi, i valori di concentrazione del vanadio superano i corrispondenti limiti. Una analisi più accurata delle sezioni di carote per le quali si è verificato tale superamento ha evidenziato la presenza di lenti di cenere e strati di terreno misto a cenere, suggerendo ulteriori analisi da effettuarsi in fase di risistemazione dell'area al fine di definire puntualmente gli spessori di terreno da rimuovere.

Infine, il 40 % circa dell'area relativa al parco ceneri risulta coperta da uno strato di terreno di copertura il cui spessore, varia da 5 a 100 cm circa. Il terreno era stato fornito dalla ditta GECOPRE in qualità di tout-venant di cava, all'epoca dell'apertura del cantiere per la realizzazione della nuova sezione da 320 MW. Successivamente è stato accertato che il materiale, in realtà, è costituito da sterili di miniera provenienti dal vicino comprensorio minerario, ricchi di minerali di piombo, cadmio e zinco. Le concentrazioni di questi tre elementi risultano infatti sensibilmente elevati rispetto ai terreni naturali e comunque superiori ai limiti imposti dal Decreto Ministeriale 25 ottobre 1999 n. 471 per quanto riguarda i suoli destinati ad uso commerciale ed industriale (v. Allegato 1-Tabella 5a/b). Va comunque sottolineato che questi terreni presentano bassi rilasci in quanto i suddetti elementi sono presenti in forme chimiche pressoché insolubili (v. Allegato 1-Tabella 6).

Il volume stimato del materiale risulta pari a circa 23.000 m<sup>3</sup> corrispondente ad un quantitativo di circa 41.000 tonnellate.

I materiali di scavo, depositi in due distinti accumuli, in un'ulteriore area ex Socomet acquisita nel 1990 e adiacente alla precedente (vedi Tavola III), risultano essere provenienti da attività di scavo e di demolizione di opere civili; provengono infatti dagli scavi per la realizzazione del capannone per lo stoccaggio di gessi e fanghi prodotti dal processo DESOX. Con l'ausilio di rilievi topografici sono state definite le caratteristiche dimensionali ed il volume dei due accumuli di materiale:

- Accumulo A: volume stimato 19.500 m<sup>3</sup> circa;
- Accumulo B: volume stimato 57.500 m<sup>3</sup> circa.

Il volume totale ammonta a circa 77.000 m<sup>3</sup> corrispondente ad un quantitativo pari a circa 115.000 ton.

Il materiale è costituito essenzialmente da:

- terreno naturale in posto;
- residui anodici abbandonati nell'area dove sono stati formati gli accumuli dalla precedente proprietà;
- materiale da demolizione;
- tracce di ceneri di carbone.

La parte più consistente dal punto di vista quantitativo è rappresentata dal terreno naturale in posto.

I residui anodici interessano solo marginalmente alcune aree in prossimità del piede dei cumuli, poiché il terreno di scavo è stato sovrapposto ai residui anodici che giacevano abbandonati sul terreno.

Una indagine sulla distribuzione granulometrica del materiale ha evidenziato che una vagliatura effettuata con vaglio di apertura 2 cm permetterebbe di separare il terreno naturale in posto dagli altri materiali. Questo rappresenta l'80 % circa del totale.

La composizione chimica del passante a 2 mm, per gli elementi e composti di interesse ambientale, risulta compatibile con i limiti imposti dal Decreto Ministeriale 25 ottobre 1999 n. 471 per i siti ad uso commerciale e industriale (v. Allegato 1-Tabella 7).

Per la completezza delle indagini è stato inoltre necessario installare 9 piezometri, sette dei quali all'interno dell'area ceneri e due in area della centrale. Mediante le indagini condotte su tali installazioni è stato possibile ricostruire la direzione media del flusso idraulico della falda acquifera superficiale che è risultato essere orientato dalla terra verso il mare.

Dagli stessi pozzi piezometrici, sono state inoltre prelevate ed analizzate le acque sotterranee.

I risultati analitici ottenuti mostrano che le concentrazioni nelle acque di falda degli elementi potenzialmente lisciviabili dalle ceneri di carbone sono inferiori ai limiti accettabili nelle acque sotterranee stabiliti dal Decreto Ministeriale 471/99, validi nel caso in cui il sito in esame non sia classificato come area sensibile, ai sensi della normativa di tutela delle acque dagli inquinanti (D. Lgs n° 152 dell'11 maggio '99), e non sia necessario tutelare la qualità delle acque destinate ad uso potabile (v. Allegato 1-Tabella 8).

Tuttavia, dall'analisi dei dati risulta che nei piezometri attestati nella parte più superficiale della falda, i valori di pH, conducibilità e di concentrazione di cloruri, solfati, fluoruri, sodio, boro e vanadio sono più elevati di quelli rilevati nei piezometri profondi. Tale fenomeno è spiegabile con il fatto che il percolato generato dalla adiacente discarica di fanghi rossi, caratterizzato da elevati valori dei suddetti parametri, interessa, nelle immediate vicinanze della discarica, solo la parte più superficiale dell'acquifero, non essendo stato ancora soggetto a fenomeni di diluizione. I dati relativi al sodio evidenziano addirittura valori di concentrazione più elevati di quelli in acqua di mare a conferma del rilascio di soda residua da parte dei fanghi rossi. A conferma di ciò, sono state ricostruite le curve di isoconcentrazione del sodio che evidenziano una direzione di trasporto dello stesso uguale a quella del flusso idraulico.

In tutti i piezometri installati "nell'area ceneri" è stata riscontrata la presenza di tensioattivi non ionici in concentrazioni apprezzabili, confermata dal fatto che nel corso delle operazioni di spurgo dei piezometri stessi è stata osservata la formazione di abbondante schiuma. Tali composti, come risulta dalla letteratura, vengono utilizzati nei processi di produzione dell'alluminio in qualità di agenti flocculanti nella fase di dewatering dei fanghi.

Per quanto riguarda le concentrazioni di Al e Fe, i valori più elevati si riscontrano nei piezometri limitrofi il bacino fanghi rossi e sebbene si osservi una variabilità attribuibile alle reazioni di ossido riduzione e di complessazione cui sono soggetti, la presenza di tali specie è sicuramente imputabile al suddetto bacino.

Infine, sono state condotte alcune indagini per valutare eventuali fenomeni di aerodispersione, installando tre deposimetri in fregio alle strutture portuali, al fine di determinare la quantità e le caratteristiche chimico-fisiche del particolato aerodisperso.

Sui campioni di acqua raccolti dai deposimetri nel mese di febbraio 2000 è stata effettuata la determinazione dei solidi sospesi e dei solidi disciolti.

Quindi, mediante tecniche di microscopia elettronica a scansione, microanalisi EDS e diffrazione ai raggi X, sono state eseguite sia la classificazione chimico-morfologica delle particelle che costituiscono i materiali, sia l'identificazione delle principali fasi cristalline presenti.

La presenza, in tutti i campioni, di carbonio a valori prossimi al 40% indica chiaramente una parte consistente di sostanza organica, costituita, probabilmente, da polline e materiale vegetale. Le indagini condotte consentono di stabilire, inoltre, che la frazione inorganica del particolato risulta costituita principalmente da alluminio e silicio, da segnalare anche la presenza di ferro e zinco. I rapporti medi Al/Si, Zn/Si e Fe/Si si discostano notevolmente dai valori tipici delle ceneri leggere. In definitiva non è stata apprezzata aerodispersione di ceneri.

#### **2.4.2 Stato generale dell'area di centrale**

La descrizione dello stato generale dell'area di centrale trae il suo spunto principalmente da uno studio abbastanza recente:

Risultati della caratterizzazione del suolo, del sottosuolo e delle acque sotterranee nell'area della centrale Termoelettrica Sulcis – Luglio 2001 (il documento integrale è disponibile presso l'archivio di centrale. Nell'Allegato 2, quale stralcio del documento integrale, sono presentate le tabelle riportanti i risultati analitici)

L'indagine ha visto l'esecuzione di 12 sondaggi (v. Allegato 2 - Tabella 1), eseguiti con tecnica di carotaggio a secco, fino ad una profondità di 6 metri dal piano campagna. Dieci dei punti di sondaggio sono stati disposti in modo da "coprire" le diverse aree della centrale e due sono stati realizzati al di fuori del recinto della centrale stessa, in veste di riferimento (v. Figura 11).

Per ogni sondaggio sono stati prelevati e sottoposti ad analisi, due o tre campioni rappresentativi delle diverse componenti stratigrafiche delle carote.

Sono inoltre stati realizzati 6 pozzi piezometrici a tubo aperto, profondi 25 metri dal p.c., quindi prelevati ed analizzati campioni di acqua prelevata da questi pozzi e da ulteriori due pozzi già presenti sul sito.

I parametri analitici determinati sulle acque e sui terreni, sono stati scelti tra quelli previsti dal D.M.471/99, sulla base delle attività svolte presso l'area della centrale.

Oltre a tali analisi, le acque sono state caratterizzate "in situ" mediante sonda multiparametrica calata nei pozzi.

I valori analitici riscontrati sono stati quindi confrontati con i limiti proposti per i suoli e le acque dal citato D.M., con riferimento ai siti industriali, evidenziando che per nessun campione si evidenziano valori di concentrazione dei parametri determinati superiori a quelli previsti dalla norma.

I risultati analitici sono riportati nelle Tabelle 2, 3, 4 e 5, dell'Allegato 2.

#### **2.4.3 Ritrovamento di sostanze oleose disperse nel terreno.**

Nel gennaio del 1997, nel corso delle operazioni di scavo per la realizzazione dell'impianto TSD, fu rinvenuto del materiale oleoso disperso nel terreno.

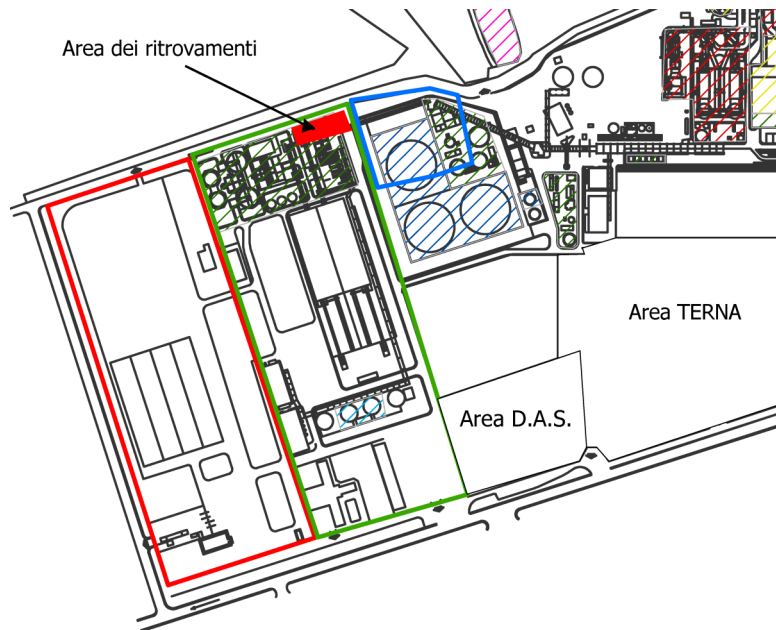
Enel, effettuata la denuncia del ritrovamento alle autorità competenti, si assunse l'onere di procedere ad un allargamento della ricerca e quindi alla bonifica delle aree compromesse.

Le attività furono condotte sotto la supervisione della U.S.L. n.7.

Le operazioni di ricerca e bonifica portarono a delimitare l'area inquinata che risultò essere di circa 100 metri quadrati siti ad ovest dell'attuale capannone TSD.

Tale area è compresa in quella acquistata da Enel nel 1979 dalla SOCOMET (v. Tavola III).

Il dettaglio della posizione dei ritrovamenti è mostrato nella figura seguente.



*Figura 7: Aerea dei ritrovamenti di fusti d'olio*

I materiali derivanti dalla bonifica risultarono essere oli pesanti dispersi nel terreno e contenitori metallici ormai corrosi, da circa 25 litri, contenenti oli e sfere di materiale plastico simili a palline da ping-pong.

I materiali rimossi furono stoccati in fusti metallici da 200 litri, per un totale di 114 fusti, successivamente inviati a regolare smaltimento.

La bonifica si concluse con l'avvallo dell'USL n. 7 nel febbraio dello stesso anno.

#### **2.4.4 Fuoriuscita di OCD dal serbatoio di stoccaggio TK3**

Il 21 agosto 2000 fu rilevata una perdita di OCD (STZ) dal trincarino del serbatoio TK3 senza coinvolgimento del terreno sottostante e/o esterno ai bacini.

La perdita ha prodotto il parziale riempimento del bacino di contenimento del serbatoio (costruito in c.a.), interessando anche il bacino di contenimento del serbatoio TK2 con il quale è connesso.

L'intervento attuato è consistito nello svuotamento del serbatoio TK3, mediante pompaggio verso altri serbatoi di centrale e lo svuotamento contestuale del bacino di contenimento mediante pompaggio verso il serbatoio recupero olio.

L'attività di intervento e bonifica si è svolta in presenza dei tecnici dell'Azienda USL n. 7 ed ha interessato i soli bacini di contenimento dei serbatoi citati. In seguito si è proceduto alla riparazione del serbatoio interessato.

### 3 CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DEL SITO

#### 3.1 Inquadramento geografico territoriale del sito

La Centrale Termoelettrica di Sulcis è situata nel Comune di Portoscuso, in località S'Ormu Su Para.

Il Comune di Portoscuso è situato nella porzione sud-occidentale della Sardegna, in corrispondenza delle aree geografiche denominate Iglesias e Sulcis, a circa 60 Km a ovest di Cagliari.

La centrale si estende su un'area di circa 70 ettari, compresa all'interno del polo industriale di Portovesme che si colloca lungo la fascia costiera pianeggiante, delimitata a nord-est da rilievi vulcanici, a ovest dal mare e a sud dal rio Fiumentepido.

#### 3.2 Meteorologia

Il clima del Sulcis Iglesias è condizionato dalla presenza della massa marina, che gli conferisce carattere mite e rivierasco, nonché dalla conformazione corografica del territorio e dalla presenza delle due isole di san Pietro e Sant'Antioco. Questi due ultimi fattori determinano frequenti modificazioni del regime dei venti e delle piogge e una circolazione a forte vorticità negativa, con formazioni di correnti troposferiche subsidenti, che dissolvono la maggior parte delle formazioni nuvolose, spiegando l'elevato soleggiamento dell'area.

Nell'area, soprattutto lungo il litorale costiero, l'atmosfera può dirsi generalmente molto umida. Possono verificarsi nebbie da irraggiamento (in occasione di inversioni marcate della distribuzione della temperatura atmosferica nello strato più vicino al suolo) e nebbie da avvezione (brevi e rare).

La piovosità è quella tipicamente scarsa del clima mediterraneo, con frequenze maggiori in coincidenza del tempo di maestrale. Alla scarsità di precipitazioni (più che alle temperature elevate) è da ricondursi anche l'alto indice di aridità di De Martonne nell'area, che nel mese di luglio è pari ad 8 (clima arido circumdesertico) e che, a sua volta, spiega la tipica rada vegetazione a macchia mediterranea.

La tabella seguente mostra le medie mensili di piovosità, in millimetri di precipitazione, ricavate dall'elaborazione dei dati rilevati presso la stazione meteorologica della C.le Sulcis nel periodo 1991-2003.

<b>Stazione meteorologica C.le Sulcis - Precipitazione mensile (mm)</b>												
medie mensili calcolate per il periodo 1991-2003												
fonte: banca dati Enel "qualità dell'aria"												
Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
32,6	38,8	23,7	32,1	17,9	9,5	1,4	11,1	27,1	42,1	48,5	61,6	345,5

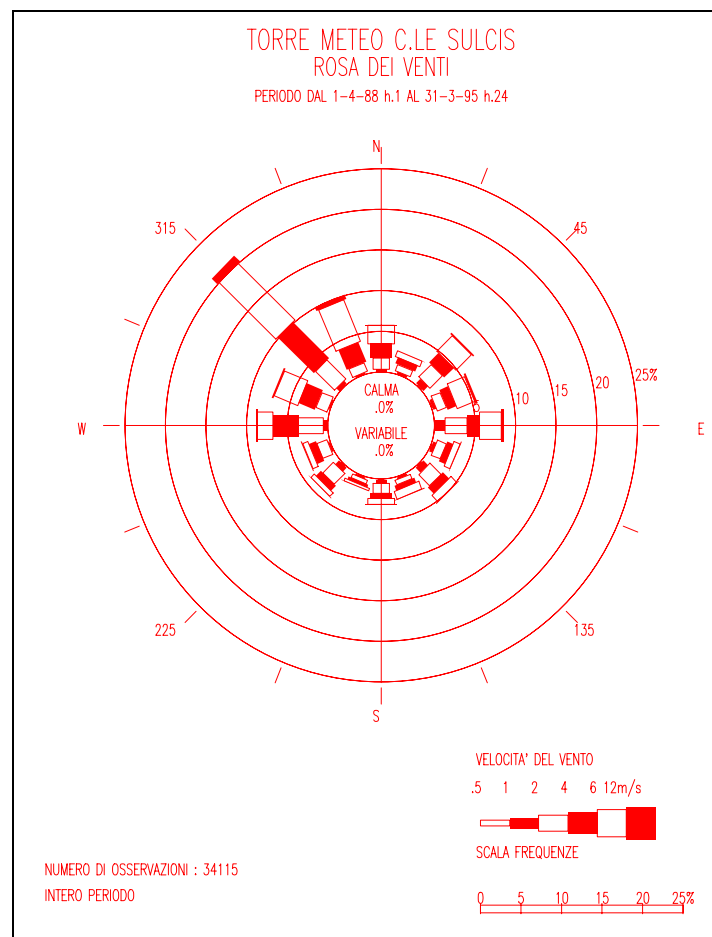
*Tabella 4: media delle precipitazioni mensili*



Per ciò che concerne il regime anemologico, vanno avanzate diverse considerazioni in funzione della scala di osservazione:

- alla scala macro (considerando cioè la circolazione dei venti sulla costa sarda occidentale in rapporto alle condizioni atmosferiche generali del mediterraneo occidentale) si osservano una componente principale da nord ovest (maestrale) e una componente secondaria da sud-est (scirocco). Molto meno frequenti sono i venti da sud-ovest (libeccio), da nord-est (grecale), da nord (tramontana) e da sud (mezzogiorno);
- alla scala meso è confermata la direzione nord-ovest del maestrale sul territorio di Portoscuso, mentre si registra un'influenza dell'orografia sulla direzione dello scirocco, che quando sfocia nella piana di Portoscuso proveniente dalla valle interna, diviene un vento di levante e si dirige verso le isole di Sant'Antioco e San Pietro.
- alla scala locale rileva il regime di brezza della zone costiere.

La Figura 8: Rosa dei venti del sito - mostra il regime anemologico presentato come media annua (su sette anni di osservazione) registrati dalla stazione meteorologica della Centrale Sulcis.



**Figura 8:** Rosa dei venti del sito

La qualità dell'aria nel sito è prevedibilmente influenzata dalla presenza di numerose sorgenti inquinanti industriali, nonché dalle emissioni da traffico veicolare e marittimo e dal riscaldamento per uso civile.

### 3.3 Inquadramento geologico e geomorfologico

#### 3.3.1 *Assetto regionale*

In termini generali, l'assetto dell'area vasta di indagine si inquadra in un ambito a genesi vulcanica con presenza di litotipi ascrivibili sia al Terziario che al Quaternario.

La morfologia della regione è caratterizzata dalla presenza di rilievi tabulari costituiti dalle rocce vulcaniche che, nello specifico, non interessano l'area della centrale dato che affiorano estesamente nell'entroterra ad oltre 1 km dalla linea di costa.

Il complesso magmatico costituisce comunque l'ossatura su cui si imposta il sito ed è stato probabilmente determinato dal consolidamento dei prodotti di una nube ardente. A questo complesso sono da attribuire i litotipi più antichi, costituiti da rocce vulcaniche a chimismo riolitico (Miocene).

L'intero complesso magmatico è stato interessato da fasi strutturali distensive che hanno generato sistemi di fratturazione principali a direzione NO-SE che interessano i rilievi vulcanici della zona.

Sopra il complesso vulcanico poggiano i sedimenti alluvionali del Quaternario di genesi prevalentemente eolica; si tratta di sedimenti sabbioso-limosi, generalmente quarzosi, localmente cementati in calcareniti.

Avvicinandosi alla fascia costiera, oltre ai depositi eolici, si rilevano depositi di origine marina che si interdigitano a quelli eolici; i depositi marini sono costituiti da prevalenza di sabbie con intercalazioni di depositi argillosi e limosi (testimonianza di impaludamenti dell'area).

#### 3.3.2 *Assetto locale*

Per quanto concerne l'assetto morfologico e geologico del sito, l'area su cui si imposta la CTE è di tipo subpianeggiante a pendenza verso sud-ovest, con quote variabili da un massimo di 6 m s.l.m., in prossimità dell'ingresso lungo la SP di Portoscuso, ad un minimo di 0 s.l.m., lungo il settore che si affaccia sul mare.

La morfologia della costa presenta caratteri di marcata irregolarità e variabilità, tipici delle coste sarde sud-occidentali; il fondale antistante il sito in esame, presenta un canale di ingresso al porto di Portovesme con una profondità di circa 13-14 m.

Per quanto riguarda il sottosuolo del sito, la porzione più superficiale dei terreni è costituita dalla Formazione Quaternaria, la cui potenza media è di circa 80-100 m, composta da depositi limosi e sabbioso-limosi, di origine alluvionale, moderatamente addensati, talora cementati, di colore giallastro-rossiccio e talvolta rimaneggiati ad opera dell'azione antropica. Elemento di particolare interesse è costituito da uno strato coesivo, avente spessore di circa 5 m, presente con buona continuità ad una profondità di circa 40 m da p.c.

Al letto della Formazione Quaternaria si identifica uno strato marnoso-argilloso impermeabile che poggia poi direttamente su uno strato di vulcaniti paleogeniche (costituito da trachiti e andesiti).

#### 3.3.3 *Stratigrafia del sito*

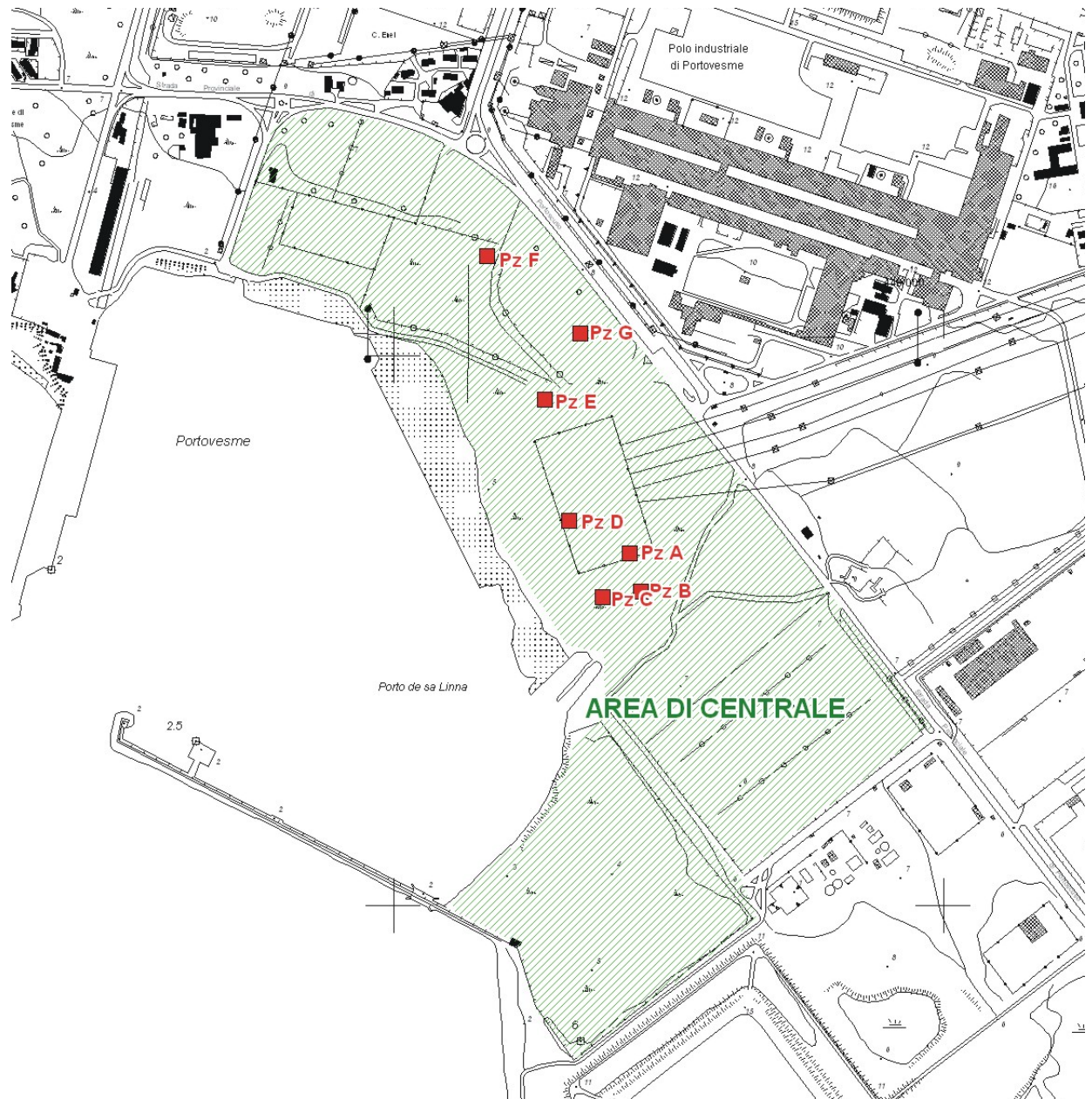
Per la definizione dell'assetto stratigrafico del sito si fa riferimento a documentazione pregressa nella quale si riportano i risultati relativi a indagini geognostiche (a fini geotecnici e/o idrogeologici) realizzate in diversi settori del sito di centrale.

Le Figure 9, 10, 11 e 12 riportano i punti di indagine dei quali si hanno le informazioni riassunte nella successiva

Tabella 5.

In particolare si fa riferimento ai seguenti documenti:

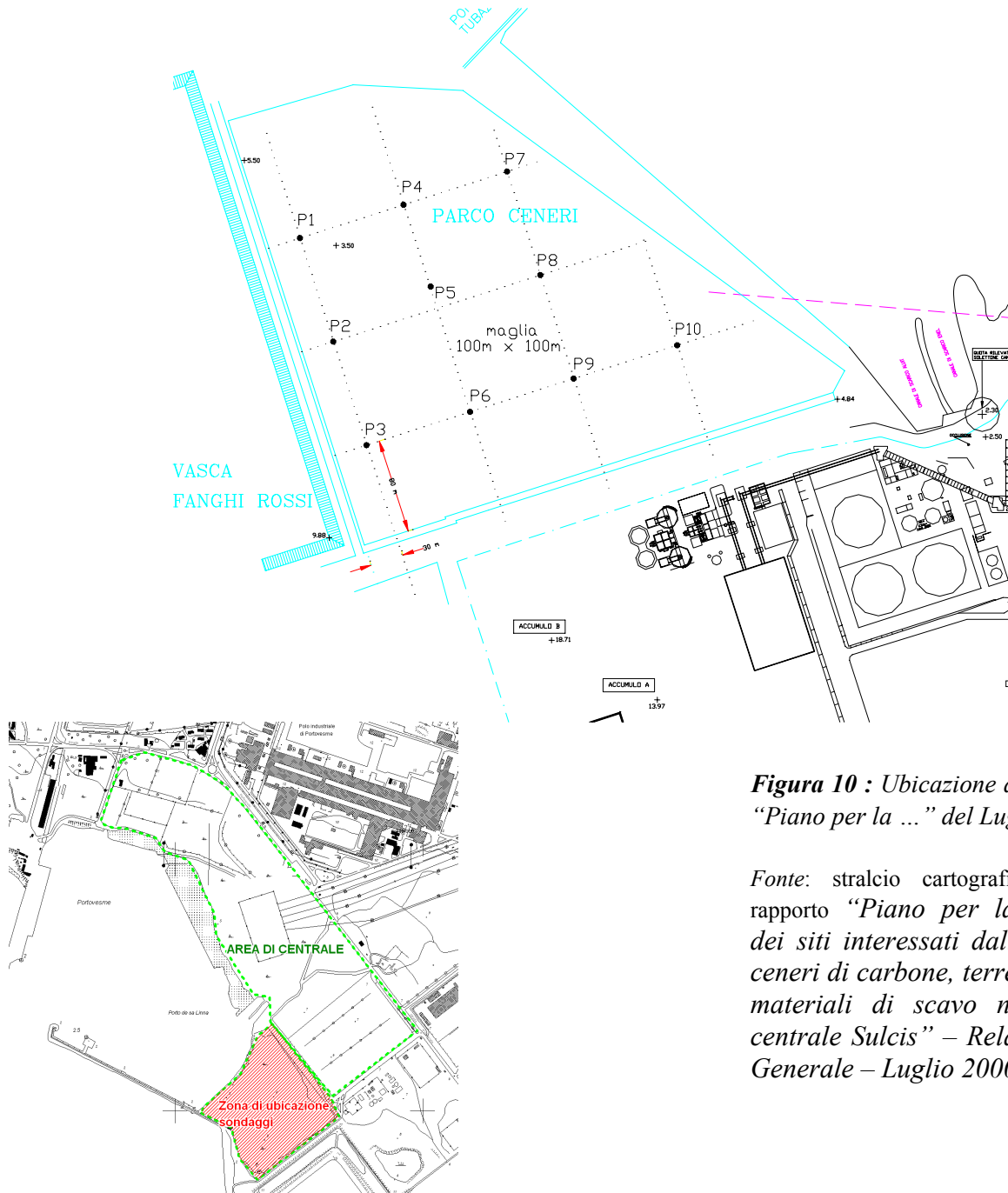
- *Concessione trentennale per prelievi idrici CTE Sulcis di Portoscuso – Relazione idrogeologica*, redatta per Enel dal Dott. Geol. Demontis in data non riportata. La relazione geologica redatta fa parte della documentazione richiesta dal Genio Civile di Cagliari per la richiesta di concessione trentennale per prelievi idrici ad opera di 7 pozzi idrici denominati Pz A, Pz B, Pz C, Pz D, Pz E, Pz F e Pz G mostrati in Figura 9 e nella Tavola II.



**Figura 9 : Ubicazione dei Pozzi di sfruttamento idrico della CTE**

*Fonte:* costruita su base CTR con coordinate ricavate dal rapporto *Concessione trentennale per prelievi idrici CTE Sulcis di Portoscuso – Relazione idrogeologica* del Dott. Demontis.

- Piano per la sistemazione dei siti interessati dalla presenza di ceneri di carbone, terreni di riporto e materiali di scavo nell'area della centrale Sulcis” – Relazione Tecnica Generale – Luglio 2000 . Il primo passo di tale “piano” è costituito da un'indagine svolta nell'area del bacino ceneri tramite l'esecuzione di 10 sondaggi poco profondi (spinti fino a circa 1,5 m di profondità oltre il fondo del letto dei bacini), attrezzati con piezometri. Si tratta dei Punti da P1 a P10 riportati in Figura 10. Il testo completo di questo lavoro è presente in archivio di centrale.*

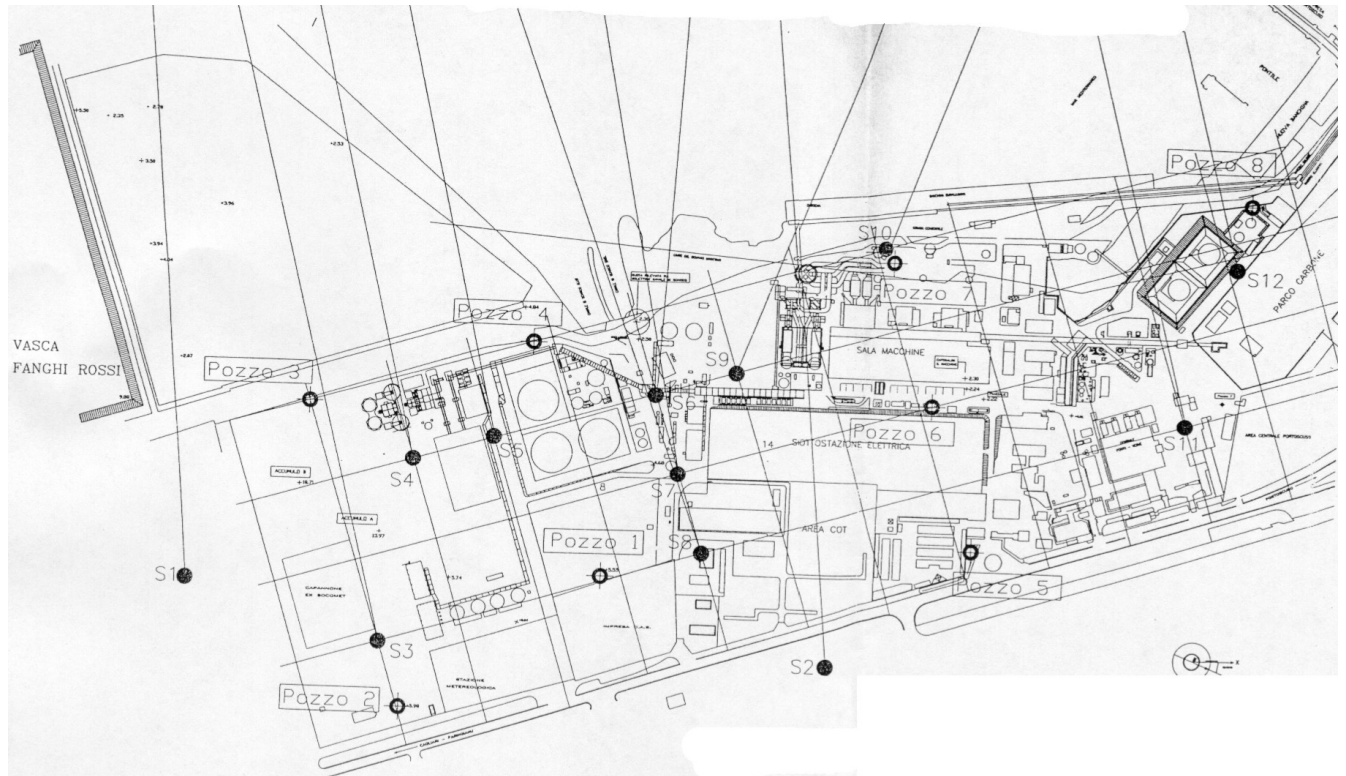


**Figura 10 : Ubicazione dei sondaggi del “Piano per la ...” del Luglio 2000.**

*Fonte: stralcio cartografico estratto dal rapporto “Piano per la sistemazione dei siti interessati dalla presenza di ceneri di carbone, terreni di riporto e materiali di scavo nell'area della centrale Sulcis” – Relazione Tecnica Generale – Luglio 2000*

area interessata dalle indagini (evidenziata in rosso)

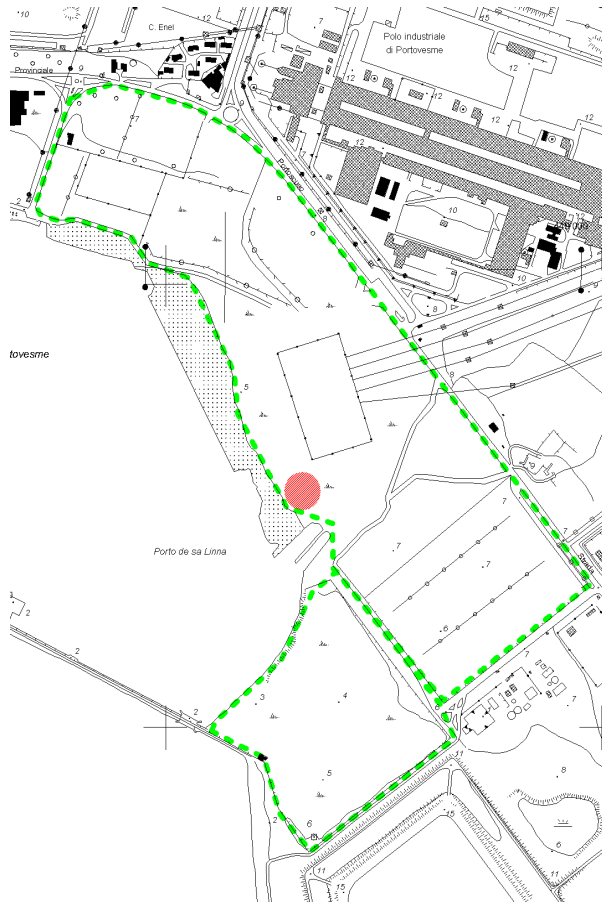
- *Risultati della caratterizzazione del suolo, del sottosuolo e delle acque sotterranee nell'area della Centrale Termoelettrica Sulcis* redatto da Enel Produzione nel luglio 2001 (Rapporto EnelP/RIC/RT-2001/080/0-IT+RT.RIC.BR), di cui si riportano in Allegato 2 le tabelle dei risultati analitici (si veda quanto detto nel § 2.4.2). In tale rapporto sono riportati i risultati delle analisi ambientali effettuate su suolo, sottosuolo e acque sotterranee nel sito di centrale ai fini della registrazione EMAS; in tale sede sono stati eseguiti 12 sondaggi di 6 metri di profondità da p.c., denominati da S1 a S12 in *Figura 11*.



**Figura 11** : Ubicazione dei sondaggi del piano indagine del Luglio 2001.

Fonte: stralcio cartografico estratta dal rapporto *Risultati della caratterizzazione del suolo, del sottosuolo e delle acque sotterranee nell'area della Centrale Termoelettrica Sulcis*, Luglio 2001

- “Indagini geotecniche impianto letto fluido” redatta da EDILGEO srl (Dott. Ing. Vittorio Falchi) per Enel POWER, nel mese di giugno 2001. In tale rapporto sono riportati i risultati delle indagini in situ rappresentate da alcune perforazioni a carotaggio continuo della profondità di 30 m circa da p.c., corredati da prove SPT a fondo foro. I log stratigrafici dei sondaggi eseguiti sono disponibili in archivio di centrale. L’areale in cui essi si ubicano è abbastanza ristretto ed è evidenziato in Figura 12.



**Figura 12:** Area di ubicazione dei sondaggi della campagna del giugno 2001 (evidenziata in rosso), nell’ambito della centrale Sulcis.

Le caratteristiche dei punti di indagine considerati sono riassunti nella Tabella seguente.

Denominazione	Profondità da p.c.	Ubicazione	Scopo dell'indagine	Note
Pz A	25 m	Area circostante la stazione elettrica (vedi Figura 9)	<u>Idrogeologico</u> : caratterizzazione dell'acquifero e misurazione fisica delle acque di falda.	Esistono misurazioni non datate delle acque di falda e una caratterizzazione fisica del primo acquifero
Pz B	38 m			
Pz C	6 m			
Pz D	23 m			
Pz E	21 m			
Pz F	18 m			
Pz G	32 m			
S1-S12	6 m	Distribuiti per tutto il sito di centrale (Vedi Figura 11).	<u>Caratterizzazione qualitativa</u> del suolo, sottosuolo e delle acque sotterranee del sito della CTE. (Prelievo di campioni di suolo e di acqua)	Due punti di indagine ricadono fuori dal recinto di centrale in aree non interessate da attività produttive e costituiscono il riferimento qualitativo per la zona.
P1-P10	Inferiore a 5 m da p.c.	Localizzati nei bacini ceneri (vedi Figura 10)	<u>Caratterizzazione qualitativa</u> delle principali matrici ambientali tra le quali, suolo, sottosuolo e acque sotterranee (Prelievo di campioni di suolo e di acqua)	I sondaggi sono stati spinti fino a 1,5 m al di sotto del letto dei bacini ceneri
S01-05	30 m	Localizzati nell'area dell'impianto a letto fluido (vedi Figura 12)	<u>Caratterizzazione geotecnica</u> del terreno di fondazione degli impianti	Non si ha l'esatta ubicazione dei sondaggi ma si riconosce l'area di indagine

**Tabella 5:** Caratteristiche dei punti di indagine presso la C.le Sulcis

In base ai dati desunti dai rapporti sopra citati, si può delineare una stratigrafia, fino alla profondità di circa 30-35 m da p.c., come segue:

- da 0 a 3 m si rileva uno strato di riporto di origine lapidea e/o vegetale;
- da 3 a 15-m da p.c. si rileva un orizzonte piuttosto continuo costituito da sabbie limose color avana;
- da 7 a 20 m da p.c., nell'ambito di questo intervallo si individua un orizzonte discontinuo, localmente lenticolare, costituito da argille consistenti grigie, passante a sabbia limoso-argillosa grigia; lo spessore di questo livello è generalmente dell'ordine di 1,5 - 2 m, con valori minimi anche inferiori al metro;
- da 7 - 20 a 35 m da p.c. si rinviene nuovamente lo strato sabbioso-limoso color avana;
- oltre i 35 m da p.c. è presente uno strato ghiaioso eterometrico in matrice sabbioso-limoso.

In base alla stratigrafia sopra riportata è possibile osservare, in generale, come il pacco dei depositi alluvionali nell'ambito del sito di centrale sia continuo e sostanzialmente omogeneo: si tratta infatti di un orizzonte di spessore superiore ai 30 m costituito da sabbie limose. L'omogeneità dei depositi è

spesso interrotta dalla presenza di lenti estese di materiale più fine (argilla chiara plastica) che però non possono considerarsi continue al di sotto del sito di centrale; la profondità alla quale si possono rinvenire queste lenti argillose varia tra i 7 e i 20 metri, e generalmente si trovano tra i 10 e i 15 m di profondità da p.c.

Localmente, inoltre, si rinvengono intervalli e lenti argilloso-torbose grigio-scuro, ricche di materiale organico in decomposizione, di origine paludosa.

Oltre questi depositi sabbiosi si identificano a profondità maggiori materiali a matrice più fine che poggiano poi sul substrato roccioso di natura vulcanica; spesso il substrato roccioso vero e proprio è sovrastato da un orizzonte di alterazione anche piuttosto potente, caratterizzato da buona permeabilità.

### 3.4 ASSETTO IDROGEOLOGICO

#### 3.4.1 Assetto regionale

L'area di indagine da un punto di vista idrogeologico presenta, in relazione ai litotipi rilevati, un carattere generale di scarsa permeabilità e la falda acquifera principale si trova a quote inferiori ai 70-80 m da p.c. in orizzonti costituiti da formazioni trachitico-andesitiche di origine vulcanica. Il tetto di questa falda è costituito da un livello marnoso-argilloso relativamente potente, sovrastato poi dai depositi alluvionali più superficiali dominati dalle sabbie limose giallastre di origine eolica.

Nella formazione alluvionale più superficiale è presente una falda freatica di minor produttività a carattere stagionale e strettamente legata alla presenza del mare; in corrispondenza dei livelli argillosi possono essere presenti piccole falde sospese.

#### 3.4.2 Assetto del sito

La definizione dell'assetto idrogeologico locale e della caratterizzazione fisica della falda superficiale è stata dedotta dai dati riportati negli studi citati; in particolare, si fa riferimento:

- ai pozzi Pz A, Pz C, Pz E, Pz F e Pz G di Figura 9;
- ai piezometri individuati in Figura 10- si tratta di 4 piezometri a tubo aperto installati nei primi mesi del 1997 (in Figura 13 sono numerati dal 6 al 9) e di 5 piezometri a tubo aperto installati nel marzo del 1999 (in Figura 13 sono numerati dall'1 al 5)

Le misure piezometriche nei pozzi di Figura 9 sono riportati nella sottostante Tabella 6 e sono riferite alla campagna piezometrica svolta il 23 giugno 1991. Nella tabella non sono riportati i valori dei pozzi B e D, poiché durante la campagna di misura erano sottoposti a pompaggio.

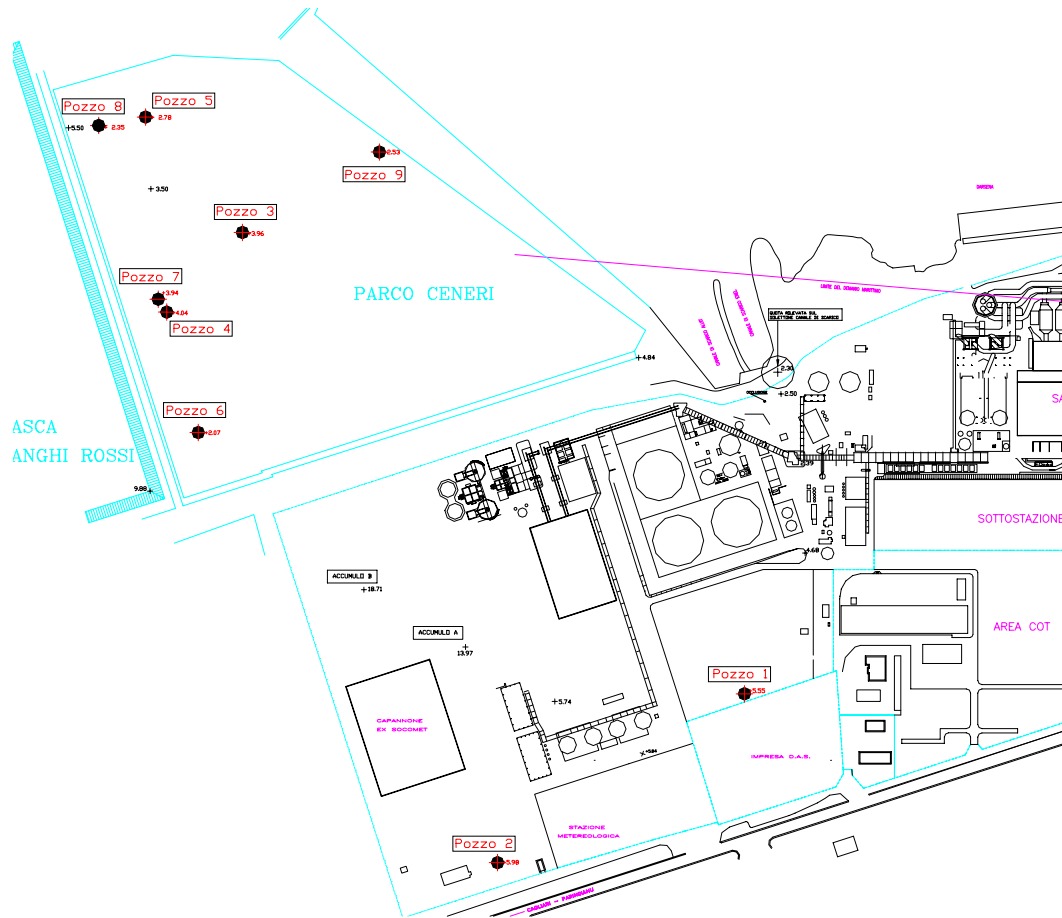
Denominazione	Profondità da p.c.	Ubicazione	Quota assoluta boccapozzo ( m s.l.m.)	Livello dell'acqua (m da p.c.)	Livello dell'acqua in quota assoluta (m s.l.m..)
Pz A	25 m	Zona Sud	+4 m	- 5,0 m	-1 m
Pz C	6 m	Zona Sud	+ 2,3 m	- 1,8 m	0,5 m
Pz E	21 m	Zona Nord	+ 2,5 m	- 1,4 m	1,1 m
Pz F	18 m	Zona Nord	+ 5 m	- 4,3 m	0,7 m
Pz G	32 m	Zona Nord	+ 5 m	- 4,0 m	1 m

**Tabella 6:** Misure piezometriche relative ai pozzi di emungimento

Per quanto concerne i pozzi di Figura 13, la profondità dei piezometri 1, 2, 6, 7, 8 e 9 risulta pari a 15 m da p.c. ed il tratto filtrante interessa l'intero spessore dell'acquifero intercettato; la profondità dei pozzi 3, 4 e 5 è di circa 7 m e il tratto filtrante interessa l'intero spessore dell'acquifero intercettato.



L'acquifero superficiale è costituito dalla formazione sabbioso-limosa e in base alla ricostruzione stratigrafica riportata nel paragrafo 3.3.3, ha uno spessore superiore ai 15 metri.



**Figura 13:** Ubicazione dei pozzi di monitoraggio della falda superficiale - Luglio 2000.

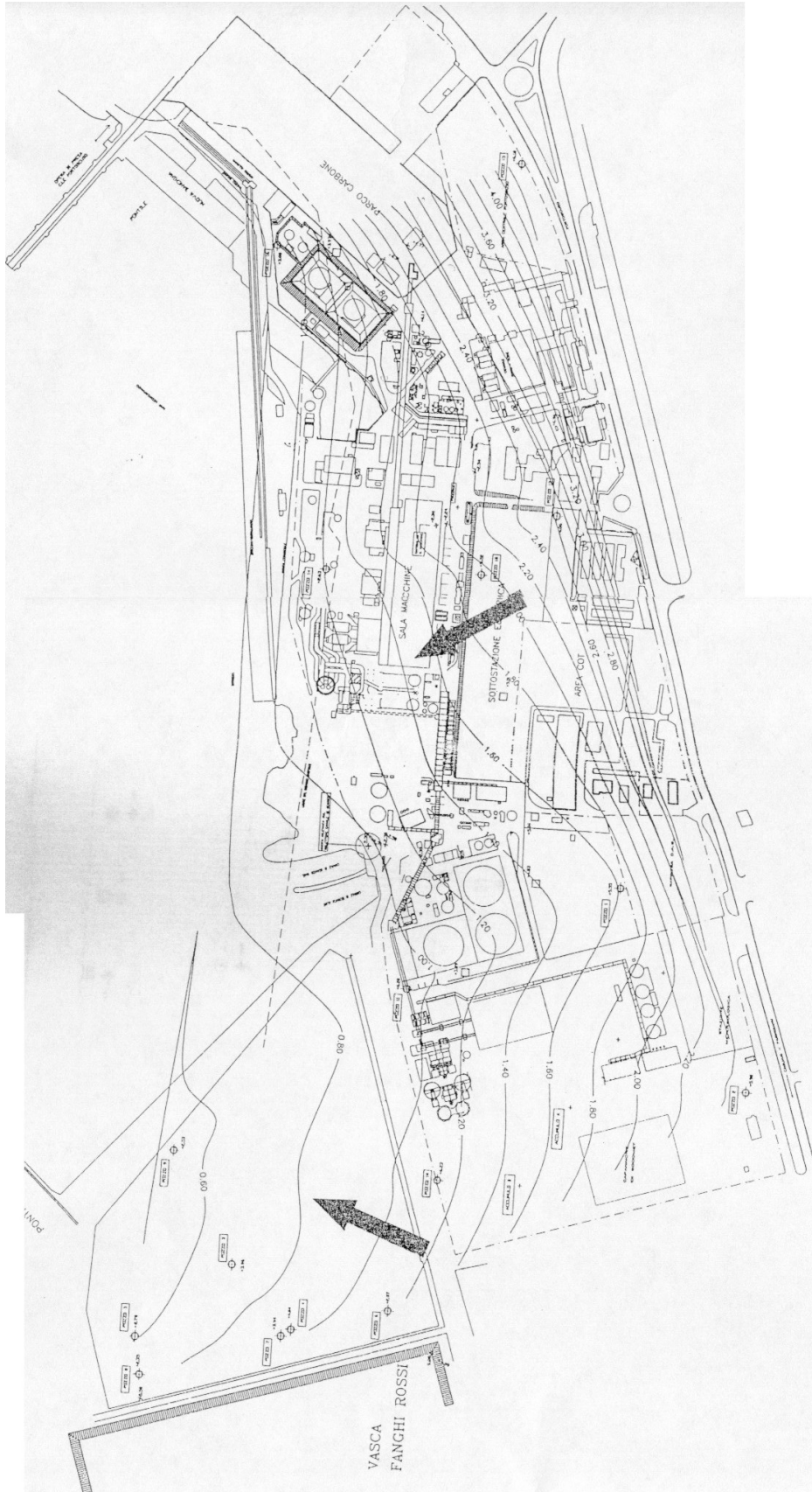
Fonte: stralcio cartografico estratto dal rapporto "Piano per la sistemazione dei siti interessati dalla presenza di ceneri di carbone, terreni di riporto e materiali di scavo nell'area della centrale Sulcis" – Relazione Tecnica Generale – Luglio 2000

In base a dati bibliografici è possibile localizzare nell'area della CTE la presenza di un canale avente direzione NO-SE, attualmente colmato da materiale di riporto. Questo determina una particolare morfologia della superficie di falda, che presenta, infatti una depressione nella fascia centrale del sito, determinata appunto dall'effetto drenante del canale colmato.

La carta della superficie di falda rilevata nell'aprile del 2000, nell'ambito del citato studio per la sistemazione dei siti interessati dalla presenza di ceneri di carbone (redatta a cura di Enel Produzione, Unità Business, Luglio 2000), è riportata in Figura 14.

In base alla carta freaticometrica, è possibile osservare la presenza di almeno due direzioni principali di falda, una NNE-SSO e l'altra ENE-OSO entrambe dirette verso il mare e tendenti a convergere verso la zona centrale del sito di centrale, influenzate probabilmente dalla presenza dell'asse drenante NO-SE costituito dal canale colmato con materiali di riporto.

La quota della falda nel sito di centrale è mediamente di 0,5-1 m s.l.m. ed essa si sviluppa sostanzialmente nella sequenza alluvionale, risente dell'andamento delle precipitazioni ed è soggetta ad intrusioni del cuneo salino in relazione alla vicinanza del sito alla linea di costa.



**Figura 14:** Carta delle curve isopiezometriche rilevate nel mese di aprile 2000.

Fonte: stralcio cartografico estratta dal rapporto Piano per la sistemazione dei siti interessati dalla presenza di cenere di carbone, terreni di riporto e materiali di scavo nell'area della centrale Sulcis, Luglio 2000

### 3.4.3 Pozzi di approvvigionamento

I pozzi di approvvigionamento della centrale sono i pozzi denominati come E, F e G nella Figura 9. Gli altri pozzi riportati nella stessa figura (A, B, C, D), allo stato attuale risultano essere cementati.

Le caratteristiche dei pozzi di approvvigionamento idrico della centrale sono riportate nella successiva Tabella 7.

Sigla	Profondità da p.c. (m)	Diametro del tubo (m)	Portata (l/s)	Conducibilità ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Note
Pz A	25	0,3	5,8	3000	Attualmente cementati
Pz B	29,5	0,3	10,3	4500	
Pz C	6	2x2	2,5	2200	
Pz D	23	0,25	4,2	5500	
Pz E	21	0,25	3,3	1550	Attualmente in esercizio
Pz F	18	0,25	1	2000	
Pz G	32	0,25	3,3	1500	

N.B.: I dati sono riferiti al periodo di esecuzione dei pozzi.

**Tabella 7:** Caratteristiche dei pozzi di approvvigionamento idrico

Dalla bibliografia relativa ai pozzi non è evidente quale siano gli intervalli di finestratura degli stessi, tuttavia, si ritiene che la falda emunta, data la profondità raggiunta, appartenga sempre all'acquifero freatico superficiale, presente nei depositi alluvionali a prevalente matrice sabbiosa.

Come è possibile osservare dai dati riportati in tabella, l'entità dei prelievi non è elevata; infatti, date le caratteristiche qualitative delle acque emunte (conducibilità superiore a 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), l'acqua prelevata da questi pozzi è utilizzata per il lavaggio delle strade e dei piazzali e per l'irrigazione dei giardini, oltre che per i servizi; per gli usi industriali viene utilizzata l'acqua fornita dalla rete del Consorzio Industriale.

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

Gli strumenti urbanistici in vigore nell'area oggetto dello studio sono:

- Piano Urbanistico Comunale, approvato con deliberazione consiliare n. 42 del 19 luglio 1999, esecutiva con provvedimento CO.RE.CO. del 14 settembre 1999.
- Piano Regolatore Generale Consortile (Consorzio Nucleo Industriale del Sulcis Iglesiente), approvato con D.C.P.M. 28 novembre 1967, modificato con D.A.-R.A.S. il 31 dicembre 1981, n. 2017U.

Il citati strumenti indicano la seguente destinazione urbanistica per l'area della centrale:

- P.U.C: parte in zona D1 (Area di Nucleo Industriale) e parte in Zona D4 (area portuale);
- P.R.G.C.: parte in zona destinata alle aree disponibili per insediamenti industriali (1<sup>a</sup> lavorazione) e in parte in zona destinata all'area Portuale.

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

La centrale Enel di Sulcis 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”, in riferimento all'articolo 18, comma 1, del D.Lgs. 22/97 (perimetrazione delle aree di interesse nazionale). La perimetrazione del sito del Sulcis-Iglesiente-Guspinese, quale sito di interesse nazionale, è definita dal Decreto Ministeriale del 12 marzo 2003.

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.

Tale Decreto definisce, in relazione alla specifica destinazione d'uso del sito, due livelli di bonifica, cui corrispondono diversi limiti tabellari per le concentrazioni ammissibili degli inquinanti organici ed inorganici nel terreno, superati i quali si deve procedere ad un intervento di messa in sicurezza, bonifica e ripristino ambientale. Tali limiti dovranno essere rispettati nell'intera profondità contaminata. I valori di concentrazione limite accettabili per le sostanze presenti nel suolo e sottosuolo si differenziano in base alla destinazione d'uso:

- verde pubblico, verde privato e residenziale (colonna A),
- industriale e commerciale (colonna B).

La normativa prevede che, qualora i citati limiti non possano essere raggiunti nonostante l'applicazione delle migliori tecnologie disponibili o qualora la fonte inquinante sia costituita da rifiuti stoccati e non sia possibile la rimozione dei rifiuti stessi, nonostante l'applicazione delle migliori tecnologie disponibili a costi sopportabili, secondo i principi della normativa comunitaria, l'Autorità Competente possa autorizzare progetti di “*bonifica con misure di sicurezza e ripristino ambientale*” o “*interventi di messa in sicurezza permanente e ripristino ambientale*” che garantiscano, comunque, la tutela ambientale e sanitaria. Nel primo caso, i valori di concentrazione residua ammissibili (obiettivi di bonifica) saranno determinati in base ad una metodologia di analisi di rischio riconosciuta a livello internazionale.

Essendo l'area oggetto del presente studio un insediamento industriale attualmente attivo, i valori limiti di riferimento nel caso in esame sono quelli relativi alla destinazione d'uso industriale o commerciale. Nella tabella seguente, sono riportati i limiti di riferimento per i suoli, relativi ai i parametri di interesse nel caso in esame.

		<i>DM 471/99 col. B</i>	
	<i>Parametro</i>	<i>C. L.</i>	<i>Unità di misura</i>
	<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
9	Nichel	500	mg/kg
10	Piombo	1000	mg/kg
11	Rame	600	mg/kg
12	Selenio	15	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 8:** Limiti di riferimento per i suoli (colonna B del D.M. 471/99)

La sopracitata normativa fissa, inoltre, dei valori limite di accettabilità per le acque sotterranee, validi nel caso in cui il sito in esame non sia classificato come area sensibile, ai sensi della normativa di tutela delle acque dagli inquinanti (D. Lgs n° 152 dell'11 maggio '99), e non sia necessario tutelare la qualità delle acque destinate ad uso potabile.

Nel caso in esame tali limiti sono applicabili in quanto, date le caratteristiche delle acque sotterranee dell'acquifero superficiale, queste non possono essere considerate come una risorsa idrica utilizzabile a fini antropici, tantomeno ad uso potabile.

Nella successiva Tabella 9 sono riportati i valori limite per le acque, relativi ai parametri di interesse nel caso in esame.

		<i>DM 471/99</i>	
	<i>Parametro</i>	<i>C. L.</i>	<i>Unità di misura</i>
	<b>Metalli</b>		
1	Alluminio	200	µg/L
2	Antimonio	5	µg/L
4	Arsenico	10	µg/L
5	Berillio	4	µg/L
6	Cadmio	5	µg/L
7	Cobalto	50	µg/L
8	Cromo totale	50	µg/L
9	Cromo (VI)	5	µg/L
12	Nichel	20	µg/L
13	Piombo	10	µg/L
14	Rame	1000	µg/L
15	Selenio	10	µg/L
18	Zinco	3000	µg/L
	<b>Inquinanti Inorganici</b>		
19	Boro	1000	µg/L
20	Cianuri liberi	50	µg/L
	<b>Aromatici</b>		
24	Benzene	1	µg/L
25	Etilbenzene	50	µg/L
26	Stirene	25	µg/L
27	Toluene	15	µg/L
28	para-Xilene	10	µg/L
	<b>Aromatici Policiclici</b>		
29	Benzo(a)antracene	0.1	µg/L
30	Benzo(a)pirene	0.01	µg/L
31	Benzo(b)fluorantene	0.1	µg/L
32	Benzo(k)fluorantene	0.05	µg/L
33	Benzo(g, h, i,)perilene	0.01	µg/L
34	Crisene	5	µg/L
35	Dibenzo(a,h)antracene	0.01	µg/L
36	Indenopirene	0.1	µg/L
37	Pirene	50	µg/L
38	Sommatoria policiclici aromatici (31,32,33, 36)	0.1	µg/L
	<b>Alifatici Clorurati Cancerogeni</b>		
39	Clorometano	1.5	µg/L
40	Triclorometano	0.15	µg/L
41	Cloruro di Vinile	0.5	µg/L
42	1,2-Dicloroetano	3	µg/L
43	1,1 Dicloroetilene	0.05	µg/L
44	1,2-Dicloropropano	0.15	µg/L
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

		<i>DM 471/99</i>	
	<i>Parametro</i>	<i>C. L.</i>	<i>Unità di misura</i>
	<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	Bromodiclorometano	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>		
88	PCB	0.01	µg/L
	Idrocarburi <sup>2</sup>	10	µg/L

*Tabella 9: Concentrazioni limite per le acque sotterranee*

<sup>2</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.

## 4 MODELLO CONCETTUALE PRELIMINARE

Il modello concettuale deve permettere di individuare nel dettaglio le caratteristiche di impianti e strutture presenti, o preesistenti nel sito, correlandole con la loro potenzialità a generare inquinamento nelle diverse matrici ambientali, quali suolo, sottosuolo, atmosfera, acque superficiali e sotterranee.

### 4.1 Identificazione dei “centri di pericolo”

Per ottemperare a quanto proposto in premessa, si deve procedere esaminando ciascuna delle componenti funzionali in cui si può pensare scomposto il processo produttivo, così come descritto nel paragrafo 2.3. e le sue possibili interazioni con l'ambiente, in particolare con il suolo e il sottosuolo.

Come già evidenziato in precedenza, non tutte le attività ambientalmente "a rischio" risultano parimenti significative ai fini della definizione del modello concettuale.

Vi sono altresì alcune attività di stoccaggio che, per la loro rilevanza in termini soprattutto quantitativi, si evidenziano immediatamente per presentare un potenziale rischio significativo per l'ambiente; questi stoccaggi sono:

1. lo stoccaggio di carbone presso il parco carbone,
2. lo stoccaggio di combustibili, gasolio e olio combustibile denso (O.C.D.) presso i relativi serbatoi,
3. l'area precedentemente utilizzata per lo stoccaggio delle ceneri (Area 5).

Il modello concettuale preliminare, comprendente l'individuazione delle sorgenti della contaminazione, dei meccanismi di trasporto, dei percorsi di possibile esposizione dei recettori e dei potenziali recettori, verrà in questa sede sviluppato solo relativamente a questi tre centri di pericolo ritenuti prevalenti.

Oltre ai centri di pericolo costituiti dalle aree di stoccaggio sopra menzionate, presso l'impianto esistono, o sono esistiti, numerosi altri potenziali centri di pericolo di minore rilevanza, tra i quali i più significativi sono:

- l'area dell'impianto ITAR;
- l'area dell'impianto ITAO;
- l'area dell'impianto di trattamento dell'acqua ammoniacali (impianto Castagnetti);
- la vasca di decantazione delle ceneri pesanti;
- i serbatoi di gasolio (attuali e dismessi);
- l'impianto di stoccaggio dell'ammoniaca;
- l'area dell'impianto TSD;
- l'area su cui insisteva la centrale Portovesme, ora smantellata.

Dal punto di vista quantitativo e, date le adeguate condizioni d'uso/stoccaggio/smaltimento, questi centri di pericolo si possono considerare marginali, anche se a volte intrinsecamente pericolosi. Individualmente essi costituiscono un rischio per l'ambiente, attuale o potenziale significativamente inferiore rispetto ai centri di pericolo precedentemente evidenziati.

Si ritiene che le indagini che verranno condotte, sia secondo la maglia sistematica, sia con punti di indagine aggiunti in maniera ragionata, dovrebbero essere in grado di evidenziare anche contaminazioni del suolo e/o delle acque sotterranee eventualmente prodotte a causa di perdite localizzate o diffuse originate dal complesso dei manufatti e degli impianti.



## 4.2 Sintesi dello stato qualitativo dell'area

L'area su cui sorge la Centrale Sulcis è stata resa disponibile ed occupata dagli insediamenti produttivi in un periodo successivo al 1960 su terreni in precedenza incolti. Per quanto riguarda la zona occupata dagli impianti, è da segnalare che il “piano campagna” è stato ottenuto mediante livellazione del preesistente, con apporto di materiali di riempimento.

Nel settore compreso tra la centrale, la discarica di fanghi rossi di proprietà Eurallumina, la linea di costa e l'attuale porto industriale di Portovesme, per una superficie di circa 14 ettari, è ubicata la cosiddetta Area 5, in passato utilizzata come stoccaggio di ceneri veicolate ad umido con acqua di mare. Originariamente l'area si presentava irregolare dal punto di vista della morfologia e le depressioni naturali presenti furono colmate con ceneri già nel periodo anteriore al 1965, da parte della precedente proprietà. Nel 1965 l'area divenne di proprietà Enel e, fino al 1989, vi vennero depositate le ceneri derivanti dall'esercizio della centrale Sulcis, in sovrapposizione ai materiali già in posto.

Come descritto in precedenza, in ottemperanza al “Piano di disinquinamento del Sulcis Iglesiente”, l'area venne riportata alla condizione antecedente l'acquisizione da parte dell'Enel, con il ripristino delle quote iniziali. Successivamente il sito è stato parzialmente coperto e livellato con tout-venant di cava.

Da indagini effettuate nel 1999-2000, è stata evidenziata la presenza di ceneri, residue dalla precedente rimozione, per un volume stimato pari a circa 120.000 m<sup>3</sup>, corrispondente ad un quantitativo di circa 140.000 tonnellate. Gli spessori più consistenti di cenere (da 50 cm a 3 m) interessano circa il 40% dell'area totale. Nella rimanente parte, le ceneri sono presenti solo in alcune zone, con lenti dello spessore di qualche decina di centimetri. In alcuni dei punti di sondaggio indagati sono stati evidenziati superamenti della CMA per il parametro Vanadio.

Infine, il 40% circa dell'area relativa al parco ceneri risulta coperta da uno strato di terreno di copertura il cui spessore varia da 5 a 100 cm circa. Il terreno era stato a suo tempo fornito in qualità di tout-venant di cava; successivamente è stato accertato che il materiale, in realtà, è costituito da sterili di miniera provenienti dal vicino comprensorio minerario, con tenori di piombo, cadmio e zinco superiori ai limiti imposti dal D.M. 471/99 per quanto riguarda i suoli destinati ad uso commerciale ed industriale.

Nell'area sono stati installati pozzi piezometrici e sono state le acque sotterranee. I risultati analitici ottenuti mostrano che le concentrazioni nelle acque di falda degli elementi potenzialmente lisciviabili dalle ceneri di carbone non superano i limiti stabiliti dal Decreto Ministeriale 471/99 per le acque sotterranee. Tuttavia, dall'analisi dei dati risulta evidente un interessamento della falda da parte del percolato generato dalla adiacente discarica di fanghi rossi; a conferma di ciò, in tutti i piezometri installati “nell'area ceneri” è stata riscontrata la presenza di tensioattivi non ionici, composti che vengono utilizzati nei processi di produzione dell'alluminio in qualità di agenti flocculanti nella fase di dewatering dei fanghi.

La rimanente area del territorio della centrale è stata indagata per mezzo di un numero limitato di sondaggi e piezometri. I parametri analitici determinati sia sulle acque sia sui terreni non hanno evidenziato alcun superamento delle CMA previste dal D.M. 471/99.

## 4.3 Caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero

Sulla base delle informazioni di tipo geologico che sono state raccolte, il terreno, in tutta l'area della centrale, presenta una certa omogeneità di caratteristiche, sia in senso verticale sia in senso orizzontale;

Al di sotto del sito è presente una formazione alluvionale di discreta permeabilità, costituita da sabbia limosa dove è presente una falda freatica la cui quota è mediamente di 0,5-1 m s.l.m.. E' possibile identificare almeno due direzioni principali delle acque di falda, una NNE-SSO e l'altra ENE-OSO, entrambe dirette verso il mare e tendenti a convergere verso la zona centrale del sito.

Questa falda freatica risente dell'andamento delle precipitazioni ed è soggetta ad intrusioni del cuneo salino in relazione alla vicinanza del sito alla linea di costa.

A profondità maggiori sono presenti materiali a matrice più fine, che poggiano poi sul substrato roccioso di natura vulcanica; spesso il substrato roccioso vero e proprio è sovrastato da un orizzonte di alterazione anche piuttosto potente, caratterizzato da buona permeabilità.

La falda più profonda si sviluppa in questo orizzonte di alterazione; si tratta di un acquifero in pressione, protetto da un orizzonte piuttosto potente di marne ed argille a permeabilità nulla.

#### 4.4 Accumuli di carbone

Il carbone costituisce il principale combustibile impiegato dalla Centrale di Sulcis. Il carbone, una volta scaricato dalle navi carboniere, in attesa dell'utilizzo viene immagazzinato presso il cosiddetto parco carbone.

Lo scarico delle navi carboniere è assicurato da una gru, che deposita il carbone su di un nastro trasportatore chiuso che, a sua volta lo trasferisce al Parco Carbone. Da qui attraverso appositi nastri trasportatori chiusi, il carbone viene portato ai mulini situati a ridosso delle caldaie.

##### 4.4.1 Descrizione del parco carbone

Il parco carbone è impostato direttamente su terreno di riporto efficacemente compattato, sovrapposto al terreno naturale al fine di predisporre il piano di lavoro; la sua area, pressoché rettangolare (350 x 100 m di lato), misura circa 35.000 m<sup>2</sup>; la quantità di carbone che potrebbe essere messa a parco ammonta a circa 180.000 t.

Il parco è circondato da un sistema per la raccolta delle acque meteoriche che ricadono sul parco stesso e per il loro invio al trattamento acque reflue.

##### 4.4.2 Percorsi di migrazione della contaminazione e vie di esposizione

Il potenziale impatto ambientale nei confronti del suolo e delle acque sotterranee che può derivare dagli accumuli di carbone è legato alla formazione di percolati che possono infiltrare nel sottosuolo alla base dell'accumulo.

Le caratteristiche chimico-fisiche dei percolati e dipendono dalla natura del carbone, ma non in maniera determinate. Il fattore che controlla gli inquinanti che possono venire mobilizzati è il valore di pH dei percolati. Questo valore, nei percolati da accumuli di carbone è generalmente nel campo acido, come risultato delle reazioni chimiche di ossidazione delle pirite. Infatti, mentre la frazione organica del carbone è relativamente insolubile, la frazione minerale, che risulta ricca in pirite (solfuro di ferro), esposta all'acqua in presenza di ossigeno subisce un processo di ossidazione mediato da batteri, che comporta la formazione di acido solforico. La soluzione acida che ne risulta solubilizza i sali e i metalli presenti come impurezze nel carbone, che vengono così mobilizzati con il flusso di percolato e infine trasportati nel sottosuolo. I metalli presenti a concentrazioni più elevate sono rame, ferro, alluminio, nichel e zinco, altri presenti a livello di tracce comprendono cromo, cadmio, mercurio, arsenico, selenio e berillio. La quantità di solidi sospesi può raggiungere anche i 2.500 mg/l (*U. S. Environmental Protection Agency: EPA-440/1-82/029 "Final Development Document for Effluent Limitation Guidelines and Standards and Pretreatment Standards from the Steam Electric Point Source Category"*).

In un secondo tempo, quando sono giunti negli strati sotterranei, i percolati vengono a contatto con i componenti dei suoli, a seguito di questo contatto, possono avvenire reazioni chimico-fisiche diverse (tramite meccanismi di assorbimento, adsorbimento, scambio ionico, precipitazione di fasi minerali, ecc.).

L'ossigeno inizialmente disciolto nell'acqua di percolazione viene consumato dalla crescita batterica (in questo caso stimolata dalla presenza di sostanze organiche, derivanti dal carbone) e non può venire rimpiazzato dall'apporto di ossigeno dall'atmosfera; in questo modo si può generare un ambiente del tutto anossico. A questo punto, in presenza di ulteriore sostanza organica, si può sviluppare una flora batterica che è in grado di utilizzare l'ossigeno presente nella molecola dei solfati, i quali vengono così nuovamente ridotti a solfuri, sotto forma di ione in soluzione. In presenza di ioni metallici, se le condizioni chimiche lo consentono, può avvenire la precipitazione di solfuri metallici allo stato solido.

Anche in questo caso, i composti chimici, disciolti o particellati, entrati nell'acquifero possono venire trasportati nelle acque di falda anche a distanza dal punto di sorgente, a seguito dei processi di avvezione e dispersione.

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:

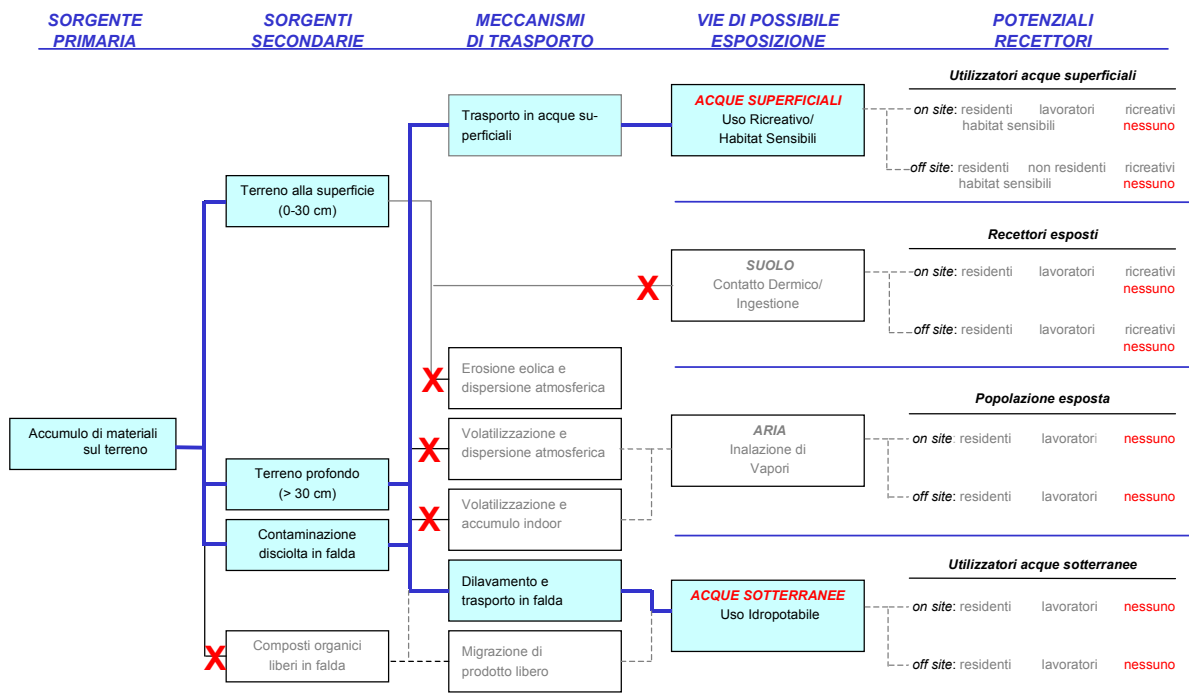


Figura 15: diagramma di flusso delle vie di esposizione dei possibili bersagli

### Identificazione delle Sorgenti di Contaminazione

Nel diagramma, la sorgente della contaminazione è indicata come “Accumulo sul Terreno”; ciò può comportare la presenza di contaminanti, veicolati tramite i percolati, nel terreno superficiale e profondo al di sotto del carbonile e nella falda acquifera.

### Identificazione dei Meccanismi di trasporto

Poiché il carbone nel parco viene costantemente mantenuto umido appositamente per evitare polverosità, non sussiste il rischio di erosione e trasporto eolico a distanza.

Poiché non sono presenti composti volatili di alcun tipo, né tantomeno composti organici presenti in fase libera, i meccanismi di trasporto legati alla volatilizzazione e alla migrazione di prodotto libero non sono applicabili a questa situazione.

Analogamente, data l'esistenza di un sistema di captazione delle acque di pioggia, in condizioni normali non sussiste il rischio di trasporto diretto di inquinanti con le acque meteoriche verso le acque superficiali.

Viceversa, sussiste la possibilità che i percolati raggiungano le acque sotterranee direttamente sottostanti il parco carbone e, successivamente, veicolati dalle acque sotterranee, possano raggiungere anche le acque marine.

I meccanismi di trasporto possibili, quindi, si possono riassumere nella sola solubilizzazione dei contaminanti e il loro trasporto nelle acque sotterranee.

### Identificazione delle Vie di Esposizione

Da questa analisi, risulta che le potenziali vie di esposizione, originanti dalle diverse matrici ambientali, potrebbero essere le seguenti:

- Acque superficiali - l'uso ricreativo delle acque marine e l'impatto sugli eventuali habitat sensibili;
- Acque sotterranee - l'eventuale uso idropotabile della risorsa idrica.

Si esclude qualunque rischio di esposizione attraverso la matrice terreno (ad es. il contatto dermico e l'ingestione accidentale) poiché l'area ha una destinazione d'uso esclusivamente industriale ed è sempre soggetta a guardiania (quindi non sussistono usi residenziali, ricreativi o agricoli del suolo).

### Identificazione dei Possibili 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 sopra individuate e gli utilizzatori finali delle risorse naturali. Per ogni via di esposizione, inoltre, si può distinguere tra recettori esposti on-site, cioè direttamente sul sito (ad esempio, i lavoratori del sito industriale) e quelli esposti off-site, cioè a distanza dal sito in esame (ad esempio gli abitanti di un centro residenziale prossimo al sito). Nel processo di selezione dei recettori esposti, sono state considerate le vie di esposizione effettive, cioè quelle realmente operanti e non quelle solo ipoteticamente possibili.

#### *Acque Superficiali*

Presso il sito non esistono corsi idrici superficiali. L'unico potenziale impatto legato alle acque si manifesterebbe nei confronti delle acque marine costiere, del tratto di mare prospiciente il sito, interessate dagli apporti di acque sotterranee.

Date le caratteristiche del sito e del corpo idrico interessato (il porto industriale di Portovesme), non si ritiene che si possano ipotizzare usi ricreativi delle acque superficiali; peraltro, il tratto antistante il sito della centrale risulta recintato e non raggiungibile da parte del pubblico. In

tutto il tratto di mare antistante la centrale sussiste il divieto di accesso e di balneazione, a causa della presenza delle opere di presa dell'acqua di raffreddamento e delle relative pompe in moto. Il divieto è chiaramente segnalato da cartelli monitori. Si ritiene di poter escluderne, quindi, qualsiasi uso ricreativo. Inoltre, non si ritiene che le acque del porto industriale possano venire considerate come un habitat sensibile.

Peraltro, il tratto di mare prospiciente la centrale ed il porto industriale è esposto a forti circolazioni di corrente, che comportano una sostanziale diluizione di ogni possibile infiltrazione delle acque sotterranee.

Si ritiene quindi che l'attività di centrale non possa comunque influire né sugli usi ricreativi del litorale né sullo stato di qualità dell'habitat marino.

#### *Acque sotterranee*

Nell'area del sito, in particolare nel tratto posto idraulicamente a valle della centrale, non vi è alcun pozzo di emungimento dell'acqua di falda per uso idropotabile. Trattandosi di una zona a decisa vocazione industriale e anche in considerazione del fatto che la falda interessata è quella più superficiale, sfruttata solo per usi industriali, si ritiene non vi siano recettori esposti al rischio derivante dall'utilizzo potabile delle acque sotterranee.

In conseguenza dell'analisi sopra riportata, non si identifica alcun potenziale recettore.

#### **4.4.3 Individuazione delle sostanze indicatrici**

La normativa vigente 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 in tabella [Tabella 1 – Allegato 1 DM 471/99], “sostanze indicatrici” che permettano di definire in maniera esaustiva l'estensione, il tipo di inquinamento e il rischio posto per la salute pubblica e per l'ambiente. Nelle fasi di campionamento di dettaglio la lista delle sostanze da analizzare potrà essere modificata ed estesa. In ogni caso le analisi dovranno comprendere le sostanze possibilmente presenti che presentano maggiore tossicità, persistenza e mobilità ambientale”*.

In base a quanto emerso dalle indagini condotte e dall'analisi dei possibili meccanismi di generazione e dispersione della contaminazione, si identificano le seguenti sostanze contaminanti indicatrici:

- Berillio,
- Arsenico,
- Cadmio,
- Cromo totale,
- Nichel,
- Piombo,
- Rame,
- Selenio,
- Zinco,
- Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA),
- Fenoli Clorurati e non Clorurati.

## 4.5 Stoccaggio dell'olio combustibile

Oltre al carbone, anche l'Olio Combustibile Denso (O.C.D.) viene utilizzato come combustibile per la produzione di energia elettrica.

La Centrale viene approvvigionata con olio combustibile via mare; le navi e le bettoline che trasportano olio combustibile vengono scaricate attraverso le stazioni poste sul pontile ex-Aslar. L'OCD viene convogliato, tramite un oleodotto che si sviluppa completamente fuori terra, nei serbatoi del parco olio combustibile e, da questi, direttamente prelevato con le pompe ed inviato ai bruciatori di caldaia.

### 4.5.1 Descrizione del deposito degli oli combustibili

I depositi degli oli combustibili sono posizionati rispettivamente:

- 3 serbatoi da 25.000 m<sup>3</sup> a sud dell'edificio caldaie,
- 2 serbatoi da 7500 m<sup>3</sup> a nord dell'edificio caldaie.

I serbatoi di stoccaggio sono del tipo metallico, fuori terra, a tetto fisso, dotati di un sistema di riscaldamento a vapore composto da serpentine disposte sul fondo per mantenere l'OCD alla temperatura di pompaggio. Il vapore di riscaldamento è prelevato dal collettore del vapore ausiliario di Centrale.

I cinque serbatoi dispongono di bacino di contenimento, con fondo e pareti in cemento.

### 4.5.2 Prodotti Stoccati

Olio Combustibile Denso: è un fluido molto viscoso di colore nero, costituito da una delle frazioni più pesanti della distillazione del greggio. E' composto da idrocarburi che vanno da circa C12 a C25 e hanno un punto di ebollizione che varia da 315° a 540° C. Tipicamente, contiene dal 15% al 40% di idrocarburi aromatici, in prevalenza fenantreni alchilati e naftaleni; una frazione che può variare tra il 15% e il 30% è costituita da composti polari contenenti azoto, ossigeno e zolfo. A temperatura ambiente, presenta una viscosità molto elevata, tale che, allo scopo di renderlo fluido fino al punto di poter essere pompabile, deve venire riscaldato alla temperatura di 55°-60° C. La densità dell'OCD è inferiore a 1 g/cm<sup>3</sup>, la sua viscosità misurata a 50°C è superiore a 50 cSt.

### 4.5.3 Percorsi di migrazione della contaminazione e vie di esposizione dei possibili bersagli

Gli impianti di stoccaggio e movimentazione dei combustibili liquidi (essenzialmente Olio Combustibile Denso) hanno la potenzialità di causare impatto del sottosuolo a causa di sversamenti accidentali in superficie durante le operazioni di movimentazione oppure di perdite occulte da parte di condotte interrate o del fondo di serbatoi fuori terra. Gli oli fuoriusciti con tali perdite possono infiltrare, per gravità, nei terreni e giungere fino alla falda acquifera.

L'OCD è un fluido molto viscoso, con densità inferiore a 1 g/cm<sup>3</sup> e i suoi componenti sono essenzialmente insolubili in acqua perciò, una volta infiltrato fino alla tavola d'acqua, arresta il suo movimento verso il basso in quanto è galleggia al di sopra dell'acqua. La sua sostanziale insolubilità fa sì che solo frazioni minime di composti organici vengano disciolte nell'acqua e l'olio rimane come fase organica separata flottante sulla superficie della tavola d'acqua.

In queste condizioni, la sua migrazione può continuare, per gravità, in direzione del gradiente idraulico della falda. In ogni caso, i movimenti di migrazione verso il basso dal punto di sorgente e lateralmente lungo la pendenza verso valle della falda, sono molto ostacolati e rallentati dalla viscosità. Per cui, la dispersione di un simile fluido solitamente non interessa vaste aree ed è limitata a brevi distanze dal punto di sorgente. Bisogna però tenere presente che

le variazioni di livello della falda, quando siano ampie, hanno la possibilità di allargare l'estensione della contaminazione, specialmente nella direzione verticale.

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:

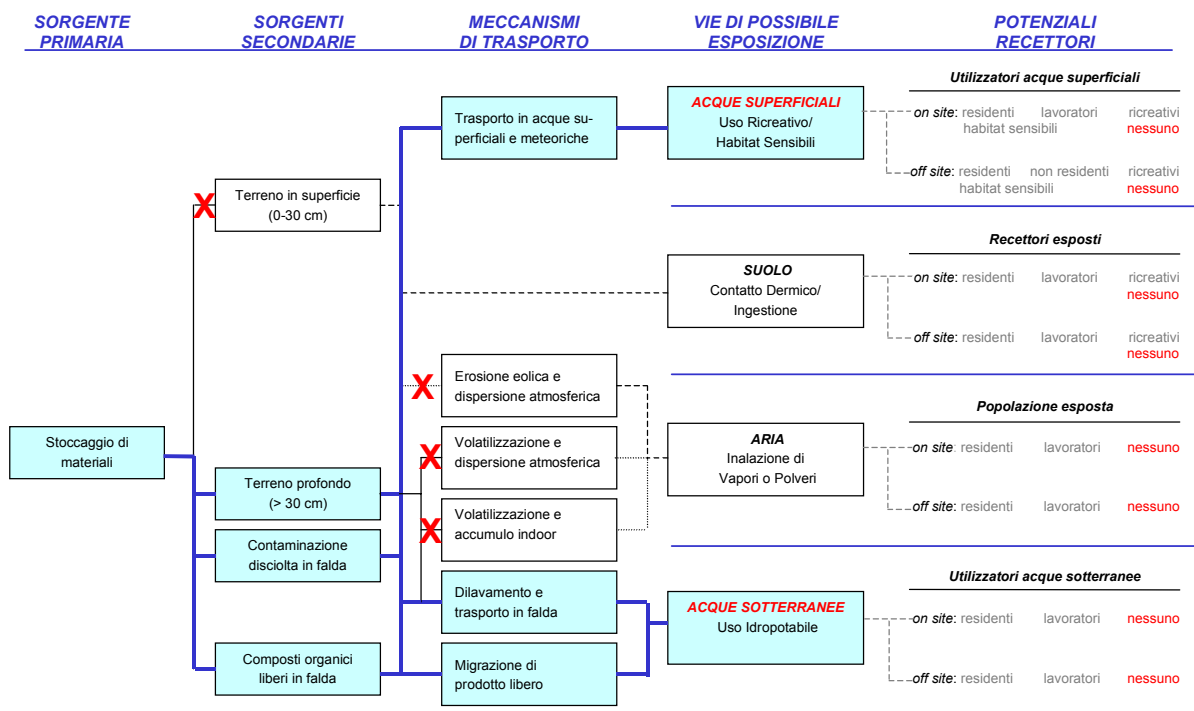


Figura 16: diagramma di flusso delle vie di esposizione dei possibili bersagli

Identificazione delle Sorgenti di Contaminazione

Nel diagramma, la sorgente della contaminazione è indicata come “Stoccaggio di Materiali”; che può comportare la presenza di contaminanti nel terreno profondo al di sotto dei serbatoi, anche sotto forma di prodotto organico libero, e nella falda acquifera.

Il terreno esposto alla superficie non viene considerato come una fonte secondaria possibile, in quanto nell’area dei serbatoi il terreno di superficie risulta completamente coperto (dai serbatoi stessi, dal rivestimento in cemento del fondo del bacino di contenimento e dalla pavimentazione stradale all’esterno del bacino). Per tale motivo, non sono state considerate attive le vie di

migrazione costituite dal ruscellamento superficiale delle acque meteoriche e dalla erosione eolica.

#### Identificazione dei Meccanismi di Trasporto

Poiché i costituenti dell'O.C.D. sono altobollenti, i meccanismi di trasporto legati alla volatilizzazione non si ritengono significativi.

Come già rilevato, la zona potenzialmente affetta dalla dispersione sarebbe molto limitata nella sua estensione areale, a causa delle caratteristiche fisiche dell'O.C.D. e rimarrebbe comunque circoscritta alle immediate adiacenze dei serbatoi; pertanto anche la migrazione del prodotto libero verso le acque superficiali (mare) non viene ritenuta un meccanismo di trasporto plausibile.

I meccanismi di trasporto che rimangono attivi, quindi, si possono così riassumere:

- la solubilizzazione dei contaminanti e il loro trasporto nella falda,
- la migrazione di prodotto libero nel terreno.

#### Identificazione delle Vie di Esposizione

Da questa analisi, risulta che le potenziali vie di esposizione, originanti dalle diverse matrici ambientali, sono le seguenti:

- Acque superficiali - l'uso ricreativo delle acque superficiali e l'impatto sugli eventuali habitat sensibili;
- Acque sotterranee - l'eventuale uso idropotabile della risorsa idrica.

Per gli stessi motivi sopra esposti circa l'esistenza di una completa copertura dell'area interessata, ai quali si aggiunge il fatto che l'area ha una destinazione d'uso esclusivamente industriale e che è sempre soggetta a guardiania (quindi non sussistono usi residenziali, ricreativi o agricoli del suolo), si esclude qualunque rischio di esposizione attraverso il contatto dermico e l'ingestione accidentale di terreno o inalazione di polveri aerodisperse. generate per erosione eolica e risollevarimento di particelle di terreno.

#### Identificazione dei Possibili 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 sopra individuate e gli utilizzatori finali delle risorse naturali. Per ogni via di esposizione, inoltre, si può distinguere tra recettori esposti on-site, cioè direttamente sul sito (ad esempio, i lavoratori del sito industriale) e quelli esposti off-site, cioè a distanza dal sito in esame (ad esempio gli abitanti di un centro residenziale prossimo al sito). Nel processo di selezione dei recettori esposti, sono state considerate le vie di esposizione effettive, cioè quelle attualmente esistenti e non quelle solo ipoteticamente possibili.

#### Acque Superficiali

Presso il sito non esistono corsi idrici superficiali. L'unico potenziale impatto legato alle acque si manifesterebbe nei confronti delle acque marine costiere del tratto di mare prospiciente il sito interessate dagli apporti di acque sotterranee.

Date le caratteristiche del sito e del corpo idrico interessato (il porto industriale di Portovesme), non si ritiene che si possano ipotizzare usi ricreativi delle acque superficiali; peraltro, il tratto antistante il sito della centrale risulta recintato e non raggiungibile da parte del pubblico. In tutto il tratto di mare antistante la centrale sussiste il divieto di accesso e di balneazione, a causa della presenza delle opere di presa dell'acqua di raffreddamento e delle relative pompe in moto. Il divieto è chiaramente segnalato da cartelli monitori. Si ritiene di poter escluderne, quindi, qualsiasi uso ricreativo.



Inoltre, non si ritiene che le acque del porto industriale possano venire considerate come un habitat sensibile. Peraltro, il tratto di mare prospiciente la centrale ed il porto industriale è esposto a forti circolazioni di corrente, che comportano una sostanziale diluizione di ogni possibile infiltrazione delle acque sotterranee.

Si ritiene quindi che l'attività di centrale non possa comunque influire né sugli usi ricreativi del litorale né sullo stato di qualità dell'habitat marino.

#### Acque sotterranee

Nell'area del sito, in particolare nel tratto posto idraulicamente a valle della centrale, non vi è alcun pozzo di emungimento dell'acqua di falda per uso idropotabile. Trattandosi di una zona a decisa vocazione industriale e anche in considerazione del fatto che la falda interessata è quella più superficiale, sfruttata solo per usi industriali, si ritiene non vi siano recettori esposti al rischio derivante dall'utilizzo potabile delle acque sotterranee.

In conseguenza dell'analisi sopra riportata, non si identifica alcun potenziale recettore.

#### **4.5.4 Individuazione delle sostanze indicatrici**

La normativa vigente 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 in tabella [Tabella 1 – Allegato 1 DM 471/99], “sostanze indicatrici” che permettano di definire in maniera esaustiva l'estensione, il tipo di inquinamento e il rischio posto per la salute pubblica e per l'ambiente. Nelle fasi di campionamento di dettaglio la lista delle sostanze da analizzare potrà essere modificata ed estesa. In ogni caso le analisi dovranno comprendere le sostanze possibilmente presenti che presentano maggiore tossicità, persistenza e mobilità ambientale”*.

In base a quanto emerso dalla ricostruzione storica dei prodotti stoccati nel serbatoio in esame, vengono considerate “sostanze indicatrici” tutti i composti contaminanti contenuti nell'olio combustibile, quali:

- Idrocarburi C<12,
- Idrocarburi C>12,
- Aromatici (BTEX+Stirene)
- Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA).

## 4.6 Accumuli di ceneri di carbone

La cenere da carbone costituisce il principale sottoprodotto della Centrale di Sulcis. Attualmente sia le ceneri leggere sia quelle pesanti, sono raccolte da specifici sistemi di rimozione pneumatica a secco e stoccate in sili prima del loro conferimento ai cementifici. Per tale motivo la gestione delle ceneri nell'attuale configurazione impiantistica non sarà considerata come "centro di pericolo". Sarà invece considerata la gestione delle ceneri adottata fino al 1989 ed in particolare il loro stoccaggio che attualmente è ancora parzialmente attivo.

### 4.6.1 Descrizione del parco ceneri

Fino al 1989 le ceneri venivano raccolte a umido e depositate in un'area ad esse dedicata. Tale area, definita "Area 5, o "parco ceneri", ha una superficie di circa 14 ettari ed è ubicata tra la centrale, la discarica di fanghi rossi di proprietà Eurallumina, la linea di costa e l'attuale porto industriale di Portovesme. Originariamente l'area si presentava irregolare dal punto di vista della morfologia e le depressioni naturali presenti furono colmate con ceneri già nel periodo anteriore al 1965, da parte della precedente proprietà. Nel 1965 l'area divenne di proprietà Enel e, fino al 1989, vi vennero depositate le ceneri derivanti dall'esercizio della centrale Sulcis, in sovrapposizione ai materiali già in posto.

Attualmente in tale area sono ancora depositate circa 140.000 tonnellate di ceneri residue da precedenti rimozioni.

### 4.6.2 Prodotti Stoccati

Il carbone contiene una certa percentuale di sostanze minerali non combustibili le quali danno luogo, dopo la sua combustione, alle ceneri. Per quanto riguarda i carboni fossili importati dall'Enel, il contenuto di inerti varia da un minimo del 6 % fino ad un massimo del 15 % in peso. Il contenuto medio di ceneri è stimabile intorno al 13 % in peso.

La natura fisica delle ceneri dipende anche dal tipo di combustione. Le ceneri che derivano dalla combustione del carbone hanno composizione e caratteristiche che ne fanno un prodotto sostanzialmente omogeneo, che dipende solo per aspetti marginali dal tipo e provenienza del carbone e dal tipo di camera di combustione.

Nelle centrali Enel, come praticamente in tutte le centrali di potenza moderne, il carbone viene bruciato sotto forma di polverino. Una parte delle ceneri precipita sul fondo della camera di combustione, dalla quale viene evacuata con apposito sistema di estrazione a secco o ad umido; questa frazione, designata come ceneri pesanti, rappresenta circa il 15% in peso rispetto al totale delle ceneri ed è costituita da agglomerati di dimensioni variabili, fino ad alcuni centimetri. Una buona parte delle ceneri (85-90% del totale) viene trascinata dai fumi e viene captato, prima dell'immissione al camino, da appositi filtri elettrostatici posti a valle della caldaia di combustione e si raccoglie nelle tramogge dei filtri. Questo tipo di cenere viene denominata cenere leggera.

I due tipi di cenere differiscono praticamente solo per la distribuzione granulometrica: le ceneri leggere hanno la finezza di un cemento, mentre le ceneri pesanti sono assimilabili ad una sabbia.

Ai sensi del Decreto Ministeriale 5 febbraio 1998, le ceneri della combustione di carbone sono classificate come "rifiuto non pericoloso sottoposto alle procedure semplificate di recupero".

Secondo il Catalogo Europeo dei Rifiuti, le ceneri prodotte da una centrale termoelettrica sono identificate dai seguenti codici di classificazione:

10 01 01 ceneri pesanti, scorie e polveri di caldaia da carbone

10 01 02 ceneri leggere di carbone.

La composizione chimica tipica delle ceneri di carbone presenta una componente di variabilità; tuttavia, le variazioni quantitative dei principali elementi siano piuttosto contenute. Nella Tabella seguente è riportato il contenuto percentuale tipico dei principali elementi macrocostituenti delle ceneri di carbone.

Elementi	Concentrazione %
Si	25 ÷ 30
Al	6 ÷ 20
Fe	2 ÷ 10
Ca	0.2 ÷ 2.0
Mg	0.4 ÷ 1.0
K	1 ÷ 3
Na	0.2 ÷ 0.6
Ti	0.5 ÷ 1.0

*Tabella 10: Contenuto tipico dei principali componenti nelle ceneri di carbone*

Per quanto riguarda le combinazioni dei vari elementi e le forme cristalline presenti, si può dire che, a causa delle temperature in fase di combustione e del successivo raffreddamento, i composti del silicio (silice e silicati complessi di alluminio, calcio e ferro) sono prevalentemente presenti in fase vetrosa e sotto forma di sferette cave (cenosfere) integre e frammentarie. Sono presenti in piccole quantità cristalli di mullite, magnetite e ematite. Lo zolfo si trova combinato in solfati (di Ca, Na e K) solubili.

Nelle ceneri di carbone, si trovano anche tracce più o meno consistenti di altri elementi in quantità dell'ordine dei mg/kg.

La Tabella seguente riporta il campo di variabilità delle concentrazioni di alcuni elementi minori e in traccia, determinati in campioni di cenere prelevati all'interno del parco ceneri della centrale Sulcis nel corso delle indagini condotto nel 2000.

Elementi	Concentrazione mg/kg
As	<0.1 ÷ 2.0
Ba	338 ÷ 1671
Be	<0.1 ÷ 5.9
Cd	<0.05
Co	4.0 ÷ 61.3
Cr tot	43 ÷ 220
Cr VI	<1
Cu	29 ÷ 105
Hg	<0.5 ÷ 0.8
Mn	203 ÷ 793
Mo	1.9 ÷ 11.8
Ni	55 ÷ 248
Pb	28 ÷ 433
Sb	<1 ÷ 8
Se	2 ÷ 14
Sn	<0.5 ÷ 112
Te	<0.5 ÷ 7.9
Tl	<0.1
V	121 ÷ 575
Zn	54 ÷ 758

*Tabella 11: Concentrazioni delle specie minori nelle ceneri della centrale Sulcis.*

Per valutare il potenziale rilascio di componenti chimici di interesse ambientale, le ceneri di carbone possono essere sottoposte a test di cessione normalizzati, che impiegano metodiche differenti.

Sui campioni di cenere prelevati dal bacino ceneri della Centrale Sulcis durante le indagini del 1999-2000 è stato effettuato il test di cessione con acqua deionizzata satura di CO<sub>2</sub>.

I test di cessione vengono in questo contesto impiegati per caratterizzare dal punto di vista chimico il comportamento ambientale del materiale. I risultati di tali test sono riportati nell'Allegato 1. Nell'interpretazione di tali dati, non va sottovalutata la possibilità che l'acqua di mare, come mezzo lisciviante, possa causare la dissoluzione di elementi in una frazione maggiore di quanto indicato dai test di cessione, a causa delle elevate concentrazioni di cloruri che fungono da ione complessante.

#### **4.6.3 Percorsi di migrazione della contaminazione e vie di esposizione**

La composizione chimica delle ceneri di carbone, se confrontata alle abbondanze medie riscontrate nei terreni, presenta concentrazioni più elevate di alcuni metalli i quali, se rilasciati in concentrazione elevata, hanno il potenziale di alterare la qualità delle acque sotterranee.

Le ceneri di carbone, immerse in acqua, rilasciano il 2 - 5 % in peso dei propri componenti chimici. Le caratteristiche degli eluati generati dalle ceneri di carbone e i meccanismi chimici alla base della loro formazione sono stati estensivamente studiati, sia nella letteratura scientifica che nel corso di studi commissionati da Enel.

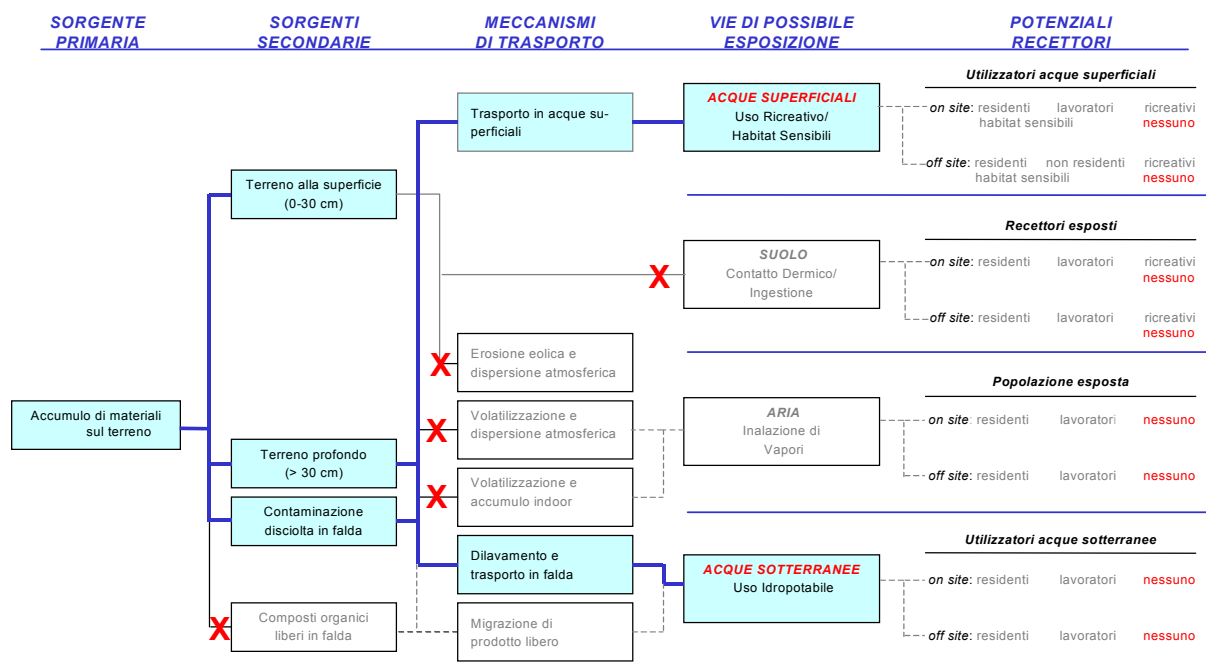
Le caratteristiche chimico-fisiche dei percolati dipendono dalla natura delle ceneri, ma non in maniera determinate. Il fattore che controlla gli inquinanti che possono venire mobilizzati è il valore di pH dei percolati. Questo valore, nei percolati da accumuli di ceneri è generalmente nel campo neutro-basico, come risultato delle reazioni chimiche dell'acqua con i metalli alcalini calcinati dal processo di combustione.

Le soluzioni dei percolati generati dalle ceneri di carbone a contatto con acqua dolce sono generalmente di natura alcalina con valori di pH variabili da 6.2 a 11.5. Il pH degli eluati è controllato dalla quantità di calce e ferro lisciviabili. La loro composizione chimica è caratterizzata dalle concentrazioni di solfati (oltre 2.000 mg/l), calcio (circa 500 mg/l), sodio (fino a 400 mg/l) e potassio (circa 200 mg/l); significativo anche il tenore di cloruri e magnesio. Inoltre, sono presenti boro, bromuri, litio, molibdeno, stronzio e silicio a livelli compresi tra 1 e 20 mg/l; tutti gli altri elementi sono presenti solo a livello di traccia.

Il potenziale impatto ambientale nei confronti del suolo e delle acque sotterranee che può derivare dagli accumuli di ceneri è legato alla formazione di percolati che possono contaminare il suolo o infiltrare nel sottosuolo alla base dell'accumulo.

I composti chimici, disciolti o particellati, entrati nell'acquifero possono venire trasportati nelle acque di falda anche a distanza dal punto di sorgente, a seguito dei processi di avvezione e dispersione.

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 mostrato nella figura seguente.



*Figura 17: diagramma di flusso delle vie di esposizione dei possibili bersagli*

### Identificazione delle Sorgenti di Contaminazione

Nel diagramma, la sorgente della contaminazione è indicata come “Accumulo sul Terreno”; che può comportare la presenza di contaminanti nel terreno profondo al di sotto delle ceneri e nella falda acquifera.

### Identificazione dei Meccanismi di Trasporto

Poiché le ceneri nel bacino sono parzialmente ricoperte da terreno e comunque sono ormai consolidate, non sussiste il rischio di erosione e trasporto eolico a distanza. I precedenti test per valutare la aerodispersione delle ceneri confermano tale ipotesi.

Poiché non sono presenti composti volatili di alcun tipo, né tantomeno composti organici presenti in fase libera, i meccanismi di trasporto legati alla volatilizzazione e alla migrazione di prodotto libero non sono applicabili a questa situazione.

Il rischio di trasporto diretto di inquinanti con le acque meteoriche verso le acque superficiali è presente solo in caso di eventi meteorici eccezionali. In tal caso potrebbe verificarsi che le acque contenute nel bacino trascinino verso il mare.

Viceversa, sussiste la possibilità che i percolati raggiungano le acque sotterranee direttamente sottostanti il bacino ceneri.

### Identificazione delle Vie di Esposizione

Da questa analisi, risulta che le potenziali vie di esposizione, originanti dalle diverse matrici ambientali, potrebbero essere le seguenti:

- Acque superficiali - l'uso ricreativo delle acque superficiali e l'impatto sugli eventuali habitat sensibili;

- Acque sotterranee - l'eventuale uso idropotabile della risorsa idrica.

Come già detto, poiché l'area ha una destinazione d'uso esclusivamente industriale ed è sempre soggetta a guardiania (quindi non sussistono usi residenziali, ricreativi o agricoli del suolo), si esclude qualunque rischio di esposizione attraverso il contatto dermico e l'ingestione accidentale di terreno.

#### Identificazione dei Possibili 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 sopra individuate e gli utilizzatori finali delle risorse naturali. Per ogni via di esposizione, inoltre, si può distinguere tra recettori esposti on-site, cioè direttamente sul sito (ad esempio, i lavoratori del sito industriale) e quelli esposti off-site, cioè a distanza dal sito in esame (ad esempio gli abitanti di un centro residenziale prossimo al sito). Nel processo di selezione dei recettori esposti, sono state considerate le vie di esposizione effettive, cioè quelle realmente operanti e non quelle solo ipoteticamente possibili.

#### *Acque Superficiali*

Presso il sito non esistono corsi idrici superficiali. L'unico potenziale impatto legato alle acque si manifesterebbe nei confronti delle acque marine costiere del tratto di mare prospiciente il sito interessate dagli apporti di acque sotterranee.

Date le caratteristiche del sito e del corpo idrico interessato (il porto industriale di Portovesme), non si ritiene che si possano ipotizzare usi ricreativi delle acque superficiali; peraltro, il tratto antistante il sito della centrale risulta recintato e non raggiungibile da parte del pubblico. In tutto il tratto di mare antistante la centrale sussiste il divieto di accesso e di balneazione, a causa della presenza delle opere di presa dell'acqua di raffreddamento e delle relative pompe in moto. Il divieto è chiaramente segnalato da cartelli monitori. Si ritiene di poter escluderne, quindi, qualsiasi uso ricreativo.

Inoltre, non si ritiene che le acque del porto industriale possano venire considerate come un habitat sensibile. Peraltro, il tratto di mare prospiciente la centrale ed il porto industriale è esposto a forti circolazioni di corrente, che comportano una sostanziale diluizione di ogni possibile infiltrazione delle acque sotterranee.

Si ritiene quindi che l'attività di centrale non possa comunque influire né sugli usi ricreativi del litorale né sullo stato di qualità dell'habitat marino.

#### *Acque sotterranee*

Nell'area del sito, in particolare nel tratto posto idraulicamente a valle della centrale, non vi è alcun pozzo di emungimento dell'acqua di falda per uso idropotabile. Trattandosi di una zona a decisa vocazione industriale e anche in considerazione del fatto che la falda interessata è quella più superficiale, sfruttata solo per usi industriali, si ritiene non vi siano recettori esposti al rischio derivante dall'utilizzo potabile delle acque sotterranee.

In conseguenza dell'analisi sopra riportata, non si identifica alcun potenziale recettore.

#### **4.6.4 Individuazione delle sostanze indicatrici**

La normativa vigente 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 in tabella [Tabella 1 – Allegato 1 DM 471/99], “sostanze indicatrici” che permettano di definire in maniera esaustiva l'estensione, il tipo di inquinamento e il rischio posto per la salute pubblica e per l'ambiente. Nelle fasi di campionamento di dettaglio la lista delle sostanze da analizzare potrà essere modificata ed

*estesa. In ogni caso le analisi dovranno comprendere le sostanze possibilmente presenti che presentano maggiore tossicità, persistenza e mobilità ambientale”.*

In base a quanto emerso dalle indagini condotte e dall'analisi dei possibili meccanismi di generazione e dispersione della contaminazione, si identificano le seguenti sostanze contaminanti indicatrici:

- Berillio,
- Arsenico,
- Cadmio,
- Cromo totale,
- Nichel,
- Piombo,
- Rame,
- Selenio,
- Vanadio,
- Zinco.

#### 4.7 Altri centri di pericolo

In questo paragrafo saranno descritti i centri di pericolo considerati di minore rilevanza e per i quali non sarà sviluppato il modello concettuale. Si ritiene infatti che le indagini previste sulla base della “maglia sistematica” integrate da quelle condotte secondo una “maglia ragionata”, possano dare conto di eventuali inquinamenti pregressi o in atto, legati alla presenza attuale o passata degli impianti descritti nel seguito.

##### 4.7.1 Area dell'impianto ITAR

L'impianto ITAR (Impianto Trattamento Acque Reflue) si colloca in posizione attigua al parco serbatoi Sud. L'area occupata vede il complesso di apparati finalizzati al trattamento delle acque definite “acide/alcaline” addotte all'ITAR da una rete fognaria dedicata. Tale rete drena questi reflui da molteplici punti dell'impianto ed anche raccoglie i reflui provenienti dalla C.le Portoscuso (vedi Tavola VI).

La figura seguente mostra la disposizione delle diverse componenti di tale impianto.

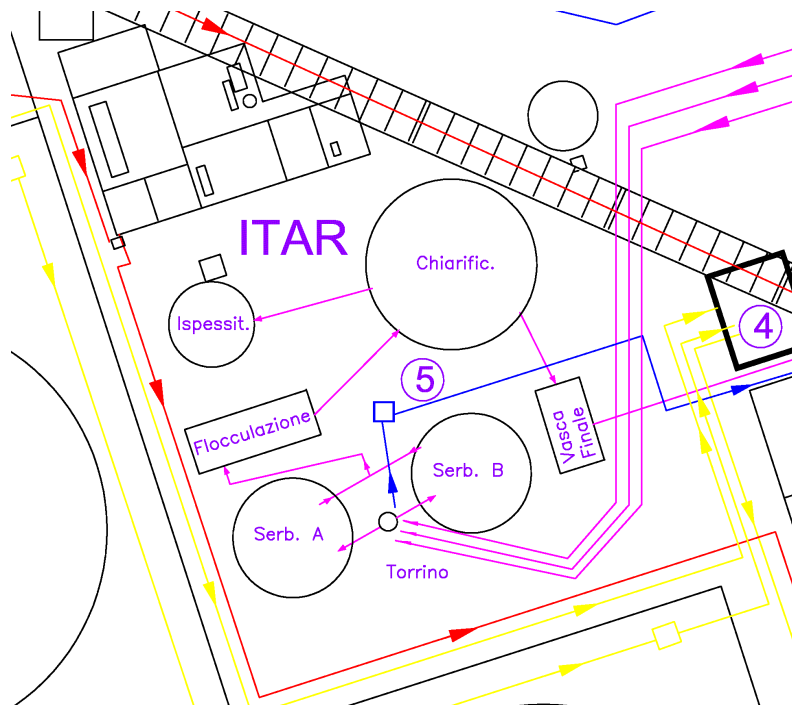


Figura 18. Impianto ITAR

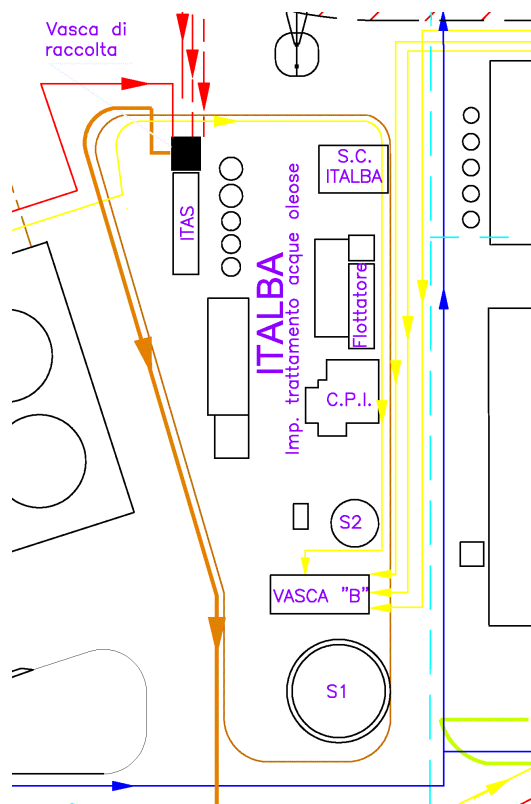
In questa area sono presenti serbatoi di reagenti chimici (cloruro ferrico, acido cloridrico, soda caustica), serbatoi di accumulo dei reflui finalizzati a mantenere costante il flusso nella fase di trattamento chimico, vasche di disoleazione, neutralizzazione/flocculazione, chiarificazione e restituzione (vasca finale).



#### 4.7.2 Area dell'impianto ITAO

L'impianto ITAO (Impianto Trattamento Acque Oleose), altrimenti detto "ITALBA" richiamando il nome del costruttore, si colloca a Nord del parco serbatoi Sud ed adiacente ad esso. L'area occupata vede il complesso di apparati finalizzati al trattamento delle acque definite "oleose" addotte all'ITAO da una rete fognaria dedicata. Tale rete drena questi reflui da molteplici punti dell'impianto.

La figura seguente mostra la disposizione delle diverse componenti dell'impianto.



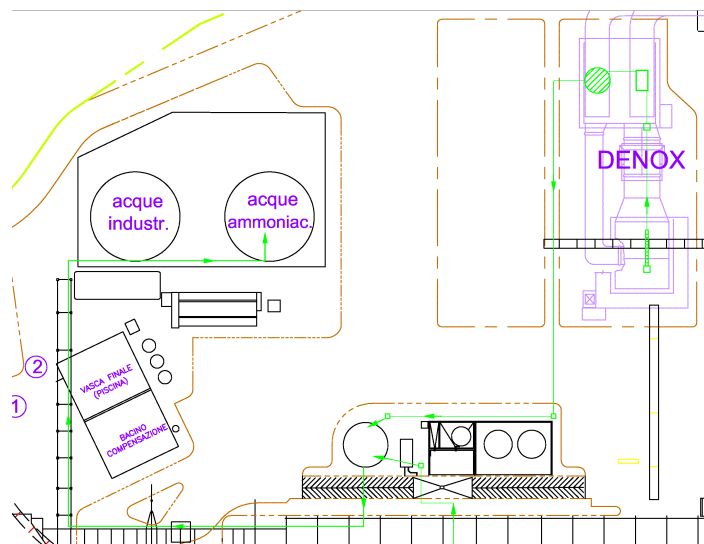
**Figura 19.** Impianto ITAO

In questa area sono presenti serbatoi di reagenti chimici (cloruro ferrico, soda caustica) ed una serie di vasche di decantazione e flottazione destinate alla separazione della fase oleosa da quella acquosa. A valle di questo trattamento le acque reflue sono inviate al trattamento ITAR.

In quest'area è inoltre presente il pozzetto di raccolta finale delle acque sanitarie dal quale i reflui sono inviati al depuratore consortile.

### 4.7.3 Area dell'impianto acque ammoniacali

Quest'area, posta nelle vicinanze dell'impianto DENOX, comprende gli apparati per la gestione delle soluzioni ammoniacali necessarie al funzionamento dell'impianto di denitrificazione dei fumi. La figura seguente mostra la disposizione delle diverse componenti dell'impianto.



**Figura 20: Impianto Acque Ammoniacali**

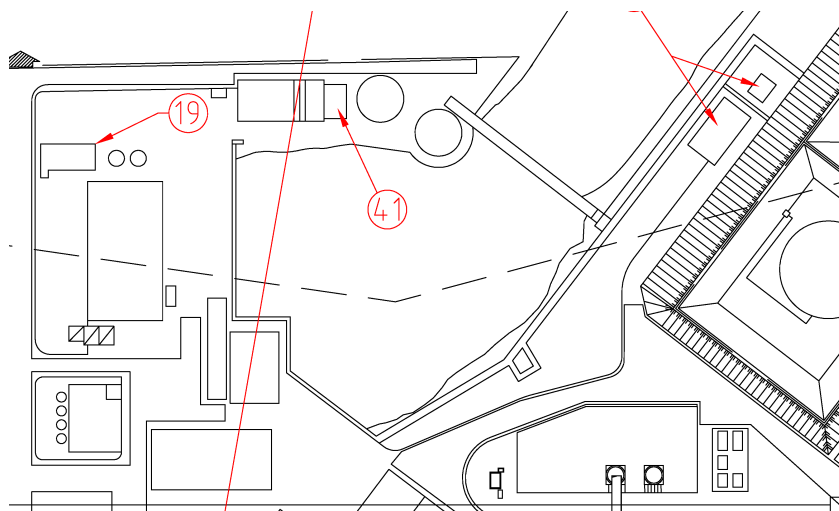
Sono presenti un serbatoio per l'ammoniaca concentrata, gli apparati di carico di detto serbatoio, il serbatoio dell'ammoniaca in soluzione diluita, oltre al complesso di tubazioni che collegano l'insieme degli apparati.

### 4.7.4 Vasca di decantazione delle ceneri pesanti

Questa vasca (identificata nella figura seguente come 41) originariamente aveva lo scopo di raccogliere le ceneri pesanti che erano rimosse ad umido dal fondo delle caldaie. Nella stessa vasca erano inviati i reflui dei lavaggi di caldaia e degli scambiatori gas/vapore.

Attualmente riceve le acque provenienti dal carbonile, i reflui della C.le Portoscuso ed è collegata ad un'ulteriore vasca di raccolta detta "vasca Q" (identificata nella figura come 19). Da qui le acque reflue sono avviate all'ITAR.

La figura seguente mostra la disposizione delle due vasche.



**Figura 21: Vasche ceneri**

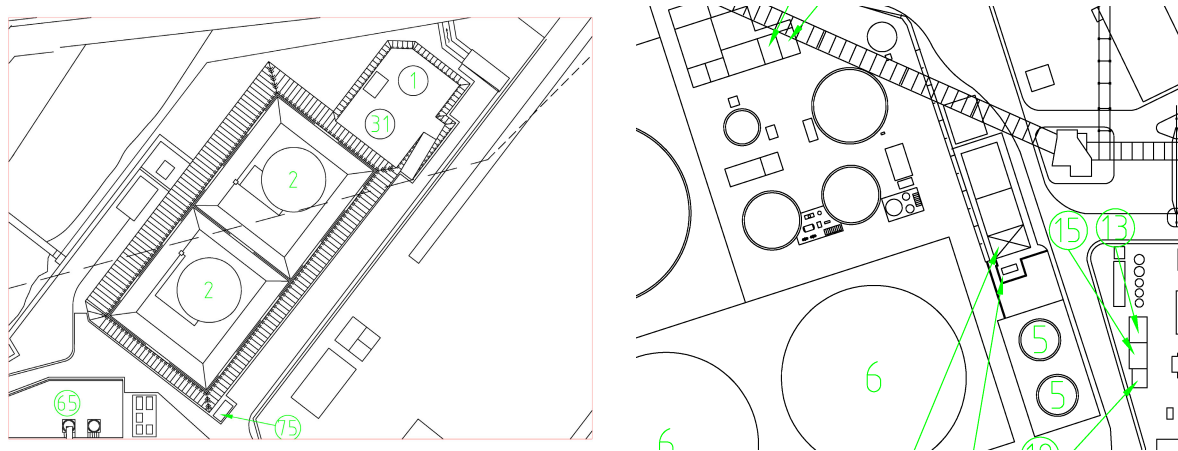
#### 4.7.5 Serbatoi di gasolio (attuali e dismessi)

L'area della centrale Sulcis ha visto nel tempo l'operatività di diversi serbatoi per il gasolio.

I più significativi sono i seguenti:

- Serbatoio ex TK1 da 1.000 m<sup>3</sup> (ora adibito a stoccaggio acqua demineralizzata; indicato con il numero 31) situato nel parco combustibili Nord;
- I serbatoi ex S1 e S2 (vedi figura 20, indicati con “acqua industriale” e “acque ammoniacali”) da 4000 m<sup>3</sup> che erano destinati a contenere gasolio fino al 26/3/1999.
- Serbatoio TKG1 da 1000 m<sup>3</sup> (ora adibito a stoccaggio acqua) e serbatoio TKG2 (in esercizio per stoccaggio gasolio con capacità ridotta a 400 m<sup>3</sup> rispetto ai 1.000 m<sup>3</sup> originali. Nella figura 22, relativa al parco combustibili Sud, essi sono indicati con il numero 5.

La figura seguente mostra la disposizione dei serbatoi citati.

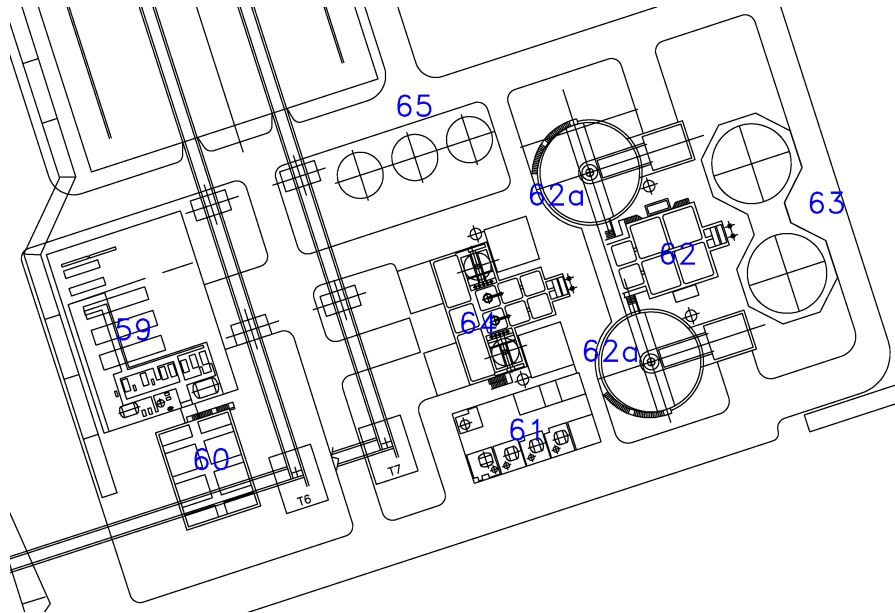


**Figura 22:** Serbatoi di stoccaggio gasolio (Parco Nord a sinistra e Parco Sud a destra)

#### 4.7.6 Area dell'impianto TSD (Trattamento Spurghi Desox)

L'area dell'impianto TSD è sita al margine Sud Ovest dell'area della centrale Sulcis. Su detta area sorge il capannone che ospita gli impianti dedicati al trattamento degli spurghi dell'impianto di desolforazione descritti al § 2.3. Detti impianti sono costituiti principalmente da serbatoi di accumulo dei reflui (identificato dal punto 63), serbatoi di reagenti chimici (punto 61), vasche di sedimentazione fanghi (punto 60), chiarificatori (punto 62a) e sili per la calce idrata (punto 65).

La figura seguente mostra la disposizione di tali apparati.

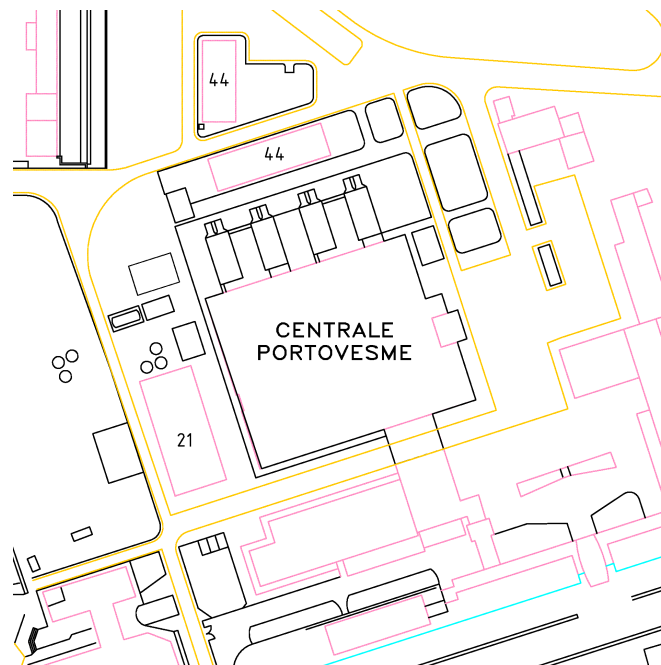


**Figura 23:** Area impianto TSD

#### 4.7.7 Area dell'ex centrale Portovesme

L'area dell'ex centrale Portovesme è mostrata nella figura seguente. In detta area erano installati tutti gli impianti che costituivano la centrale in oggetto, ovvero una centrale termoelettrica policombustibile (carbone ed OCD) costituita da due gruppi da 32 MW ciascuno. Come precedentemente detto, tale Centrale è stata dismessa nel 1986 e gli impianti sono da tempo stati rimossi. Attualmente è in fase di avanzata demolizione anche l'edificio gruppi.

In relazione alla caratterizzazione di questa possibile "fonte di pericolo" il piano delle indagini dovrà necessariamente considerare "in toto" detta area senza procedere ad indagini mirate puntualmente.



**Figura 24:** Area Centrale Portovesme

## 5 PIANO DI INVESTIGAZIONE INIZIALE

### 5.1 Introduzione

Nell'ambito del Piano della Caratterizzazione redatto per il sito della centrale termoelettrica Enel di Sulcis, è necessario, secondo quanto previsto dal D.M. 471/99, prevedere un piano di investigazione iniziale che permetta di evidenziare e verificare le potenziali contaminazioni in atto.

A seguito della stesura del Piano di Indagini Preliminari, si dovrà procedere alla sua messa in atto; secondo quanto stabilito dall'allegato 4 del citato Decreto Ministeriale, si dovrà:

- eseguire il campionamento, le indagini previste e le analisi;
- valutare i risultati delle analisi e di ogni tipo di indagine;
- realizzare la mappatura dell'estensione e del grado della contaminazione per le principali sostanze contaminanti o per rifiuti eventualmente interrati, con la indicazione dei ricettori potenziali od attuali dell'inquinamento;
- evidenziare le vie di migrazione degli inquinanti dal sito alle diverse matrici ambientali e le vie di esposizione attraverso le quali i bersagli possono essere raggiunti.

L'Allegato 2 al D.M. 471/99 prevede un numero minimo di punti di indagine, sulla base delle dimensioni del sito da investigare.

*“Sulla base delle dimensioni del sito da investigare si possono fornire le seguenti indicazioni:*

*<10.000 m<sup>2</sup>: almeno 5 punti*

*10.000 - 50.000 m<sup>2</sup>: da 5 a 15 punti*

*50.000 - 250.000 m<sup>2</sup>: da 15 a 60 punti*

*250.000 - 500.000 m<sup>2</sup>: da 60 a 120 punti*

*> 500.000 m<sup>2</sup>: almeno 2 punti ogni 10.000 m<sup>2</sup>”*

Il sito della centrale Sulcis ha una superficie di circa 68 ettari; sulla base delle indicazioni sopra riportate, ciò corrisponde ad un minimo di 136 punti di indagine.

Questo documento definisce la localizzazione dei punti di indagine secondo una griglia sistematica quadrata di 100 metri di lato, integrata da una griglia di lato 50 metri nelle aree dei centri di pericolo individuati e stabilisce il posizionamento e la profondità dei piezometri per il prelievo delle acque di falda.

### 5.2 Ubicazione delle indagini

Obiettivi fondamentali delle indagini in situ sono:

- definizione del modello concettuale definitivo del sottosuolo;
- localizzazione, delimitazione e caratterizzazione di dettaglio delle potenziali fonti di inquinamento;
- definizione dell'estensione e del livello del potenziale inquinamento nelle diverse matrici ambientali (ricettori quali suolo, acque, ecc.);
- identificazione e caratterizzazione delle possibili vie di migrazione degli inquinanti nonché i potenziali bersagli;

- raccolta di tutte le informazioni utili per indirizzare i successivi interventi di bonifica e/o messa in sicurezza.

In generale il campionamento e le analisi dovranno essere effettuate in modo da fornire un campione rappresentativo della reale concentrazione di una determinata sostanza nello spazio, cioè nell'area e nel volume campionati, e l'evoluzione della concentrazione nel tempo.

### 5.2.1 *Maglia sistematica*

Come schema di base per le indagini relative ai suoli e alle acque di falda si è assunta una maglia costituita da un insieme di quadrati aventi 100 m di lato. Sono stati posizionati punti di indagine in corrispondenza di tutti i nodi di tale maglia.

La localizzazione di ogni punto rispetto alle possibili interazioni con le strutture esistenti è stata verificata sulla cartografia disponibile e con un apposito sopralluogo presso il sito, in modo da evidenziare quelle aree in cui la presenza di edifici, impianti, ecc., costringesse ad un riposizionamento dei punti. Di conseguenza, già in questa sede si è provveduto a riposizionare alcuni punti, in funzione delle condizioni logistiche evidenziate (in particolare, alcuni punti della maglia sistematica ricadenti nella zona della banchina portuale sono stati traslati in modo da riportarli all'interno delle pertinenze Enel-Produzione).

A causa delle dimensioni di alcune delle strutture della centrale elettrica, un certo numero di punti di campionamento non può venire messo in atto in corrispondenza del nodo previsto, neppure nell'intorno di tolleranza di 20 metri. In particolare, almeno uno dei punti di indagine ricadrebbe al centro dell'edificio dei gruppi termoelettrici, che quindi viene ritenuto non accessibile alle indagini.

Data la densità delle infrastrutture di impianto, servizi e sottoservizi, non è possibile a questo stadio confermare con esattezza la precisa ubicazione dei punti di indagine. L'ubicazione definitiva di tutti i singoli punti andrà comunque confermata in sede di cantiere, con l'identificazione di tutti i possibili sottoservizi presenti nell'area interessata ed in funzione della situazione logistica.

### 5.2.2 *Maglia ragionata*

Ad integrazione dei punti di indagine situati ai nodi della maglia sistematica, si possono individuare ulteriori punti di indagine, definiti in base a quanto dedotto dal modello concettuale. Questo, infatti, permette di individuare quelle zone che presentano criticità in dipendenza dell'organizzazione delle attività produttive e quindi nelle zone a maggior pericolo e/o probabilità di contaminazione, i cosiddetti "centri di pericolo".

L'ubicazione delle indagini aggiuntive deve essere individuata in modo da monitorare le diverse matrici ambientali là dove si suppone possano essere state contaminate.

In primo luogo, le zone considerate critiche sono quelle relative ad alcune attività di stoccaggio che, per la loro rilevanza in termini soprattutto quantitativi, si evidenziano immediatamente per presentare un "rischio" significativo per l'ambiente; in particolare:

- l'area di stoccaggio del carbone presso il parco carbone,
- l'area di stoccaggio dell'olio combustibile denso (O.C.D.) presso il parco nafta,
- l'area di stoccaggio delle ceneri.

Oltre a questi, sono stati presi in considerazione anche i centri di pericolo individuati come:

- l'area dell'impianto ITAR;
- l'area dell'impianto ITAO;
- l'area dell'impianto di trattamento dell'acqua ammoniacali (impianto Castagnetti);

- la vasca di decantazione delle ceneri pesanti;
- i serbatoi di gasolio (attuali e dismessi);
- l'impianto di stoccaggio dell'ammoniaca;
- l'area dell'impianto TSD;
- l'area su cui insisteva la centrale Portovesme, ora smantellata;
- apparati e stoccaggi di oli dielettrici contenenti PCB (es. trasformatori).

Allo scopo di indagare con sufficienti dettagli anche queste aree, è stata presa in considerazione anche una seconda maglia regolare di indagine, con lato di 50 metri.

In prossimità dei centri di pericolo sopra elencati, sono stati selezionati punti di indagine posizionati ai nodi di tale maglia, al più con leggeri scostamenti dalla posizione teorica, al fine di meglio posizionarli rispetto all'obiettivo da indagare. Inoltre, allo scopo di meglio completare la maglia ragionata, sono stati inseriti nel progetto anche alcuni punti non disposti secondo lo schema regolare.

Oltre a tutto quanto sopra elencato, in aggiunta ai sondaggi meccanici a carotaggio continuo, verranno eseguiti n° 6 campionamenti di suolo superficiale (entro i primi 10 cm), destinati alla sola determinazione di PCDD e PCDF (Diossine e Furani). Questi prelievi saranno eseguiti con attrezzi manuali fino alla profondità massima di 10 cm e su di una superficie quadrata di 1m di lato. I punti di indagine verranno localizzati all'interno di aree non pavimentate e potranno essere ubicati con precisione solo in sede di cantiere.

### **5.2.3 *Maglia complessiva di indagine***

L'associazione di tutti i punti di indagine fornisce il quadro completo dei punti di indagine diretta da attuarsi, definisce cioè la maglia di indagine complessiva.

Nella Tavola VII sono riepilogati i punti di indagine della maglia complessiva di indagine, comprensiva sia dei punti disposti secondo la maglia sistematica, sia dei punti di indagine individuati in maniera ragionata.

In totale, vengono individuati 140 punti di indagine, dei quali 70 ubicati ai nodi della maglia sistematica di 100 metri di lato e 70 secondo la maglia ragionata, infittita nei pressi dei centri di pericolo individuati.

Inoltre, verranno inseriti nelle indagini n° 6 campionamenti di suolo superficiale (entro i primi 10 cm), destinati alla sola determinazione di PCDD e PCDF (Diossine e Furani).

Il posizionamento sul terreno di tutti i punti di indagine, rispetto alle coordinate della maglia sistematica, verrà confermato per mezzo di rilievi con strumentazione G.P.S. Differenziale, in grado di fornire una precisione di posizionamento pari o migliore di  $\pm 20$  cm.

### **5.2.4 *Profondità dei sondaggi***

La profondità dei punti di indagine varia in funzione delle caratteristiche del sottosuolo e della tipologia di analisi che si vuole eseguire in quello specifico punto di campionamento. Le indicazioni di ordine generale che vanno considerate per questa scelta sono:

- necessità di identificare gli acquiferi presenti, in questo caso di predisporre una sola serie di piezometri, che intercettino la falda superficiale;
- necessità di campionare i terreni alle diverse profondità fino al letto della falda superficiale (difficilmente si avranno contaminazioni del suolo a profondità superiori);

- necessità di identificare i diversi tipi di contaminati 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 dei punti di indagine sarà, in linea di massima, tale da raggiungere le lenti materiale meno permeabile (argilla) che sono estesamente presenti nell'area di centrale e che, generalmente, si rinvencono tra i 10 e i 15 m di profondità da p.c.. La perforazione verrà arrestata entro i primi 50 cm del substrato argilloso, al fine di evitare l'attraversamento completo di eventuali strati a bassa permeabilità e di spessore limitato.

Poiché questo orizzonte non può però considerarsi continuo al di sotto del sito di centrale, qualora esso non venisse rinvenuto, la profondità massima del sondaggio verrà interrotta alla quota di 15 metri da p.c.

Presso punti di indagine destinati a venire attrezzati con piezometro, le perforazioni verranno spinte fino al letto dell'acquifero interessato, oppure fino alla profondità massima di 20 metri, tale da garantire comunque di intercettare uno spessore significativo dell'acquifero.

Per tutti i punti della maglia di indagine saranno comunque possibili in corso d'opera modifiche rispetto alla profondità prevista, in funzione delle condizioni lito-stratigrafiche incontrate.

Le coordinate riportate nella Tabella seguente sono dunque da ritenere indicative.

Nella Tabella seguente si riporta uno schema riassuntivo relativo a tutti punti di indagine in relazione alle loro localizzazione e alle relative profondità.

Sigla	Profondità (m dal p.c.)	Tipologia	Coordinate Gauss- Boaga Roma 40 fuso est	
			est	nord
S001	15 max	solo sondaggio	1447800	4339300
S002	15 max	solo sondaggio	1447850	4339300
S003	15 max	solo sondaggio	1447900	4339300
S004	20 max	piezometro	1447950	4339300
S005	15 max	solo sondaggio	1448000	4339300
S006	15 max	solo sondaggio	1448100	4339300
S007	15 max	solo sondaggio	1447850	4339250
S008	15 max	solo sondaggio	1447950	4339250
S009	15 max	solo sondaggio	1448000	4339250
S010	20 max	piezometro	1448100	4339250
S011	15 max	solo sondaggio	1447800	4339200
S012	15 max	solo sondaggio	1447900	4339200
S013	15 max	solo sondaggio	1448000	4339200
S014	15 max	solo sondaggio	1448100	4339200
S015	15 max	solo sondaggio	1448150	4339200
S016	20 max	piezometro	1448300	4339200
S017	15 max	solo sondaggio	1447850	4339180
S018	20 max	piezometro	1447900	4339165
S019	15 max	solo sondaggio	1447950	4339150
S020	15 max	solo sondaggio	1448000	4339150
S021	15 max	solo sondaggio	1448100	4339150
S022	15 max	solo sondaggio	1448150	4339150



Sigla	Profondità (m dal p.c.)	Tipologia	Coordinate Gauss- Boaga	
			Roma 40 fuso est est	nord
S023	15 max	solo sondaggio	1448200	4339150
S024	15 max	solo sondaggio	1448250	4339150
S025	15 max	solo sondaggio	1448300	4339150
S026	20 max	piezometro	1447950	4339100
S027	15 max	solo sondaggio	1448000	4339100
S028	15 max	solo sondaggio	1448050	4339100
S029	15 max	solo sondaggio	1448100	4339100
S030	15 max	solo sondaggio	1448200	4339100
S031	15 max	solo sondaggio	1448250	4339100
S032	15 max	solo sondaggio	1448300	4339100
S033	20 max	piezometro	1448350	4339100
S034	20 max	piezometro	1448000	4339050
S035	15 max	solo sondaggio	1448100	4339050
S036	15 max	piezometro	1448200	4339050
S037	15 max	solo sondaggio	1448250	4339050
S038	15 max	solo sondaggio	1448300	4339050
S039	15 max	solo sondaggio	1448350	4339050
S040	15 max	solo sondaggio	1448020	4339025
S041	20 max	piezometro	1448050	4339000
S042	15 max	solo sondaggio	1448100	4339000
S043	15 max	solo sondaggio	1448200	4339000
S044	20 max	piezometro	1448250	4339000
S045	15 max	solo sondaggio	1448300	4339000
S046	15 max	solo sondaggio	1448400	4339000
S047	20 max	piezometro	1448069	4338910
S048	15 max	solo sondaggio	1448100	4338900
S049	15 max	solo sondaggio	1448200	4338900
S050	15 max	solo sondaggio	1448250	4338900
S051	15 max	solo sondaggio	1448300	4338900
S052	15 max	solo sondaggio	1448400	4338900
S053	20 max	piezometro	1448500	4338900
S054	15 max	solo sondaggio	1448100	4338850
S055	20 max	piezometro	1448300	4338850
S056	15 max	solo sondaggio	1448100	4338800
S057	15 max	solo sondaggio	1448300	4338800
S058	15 max	solo sondaggio	1448350	4338800
S059	20 max	piezometro	1448400	4338800
S060	20 max	piezometro	1448150	4338750
S061	20 max	piezometro	1448350	4338750
S062	15 max	solo sondaggio	1448200	4338700
S063	15 max	solo sondaggio	1448300	4338700
S064	15 max	solo sondaggio	1448350	4338700
S065	15 max	solo sondaggio	1448400	4338700
S066	15 max	solo sondaggio	1448350	4338650
S067	15 max	solo sondaggio	1448230	4338600

Sigla	Profondità (m dal p.c.)	Tipologia	Coordinate Gauss- Boaga	
			Roma 40 fuso est est	nord
S068	15 max	solo sondaggio	1448300	4338600
S069	15 max	solo sondaggio	1448350	4338600
S070	15 max	solo sondaggio	1448400	4338600
S071	15 max	solo sondaggio	1448450	4338600
S072	15 max	solo sondaggio	1448500	4338600
S073	15 max	solo sondaggio	1448600	4338600
S074	20 max	piezometro	1448400	4338550
S075	15 max	solo sondaggio	1448450	4338550
S076	15 max	solo sondaggio	1448500	4338550
S077	15 max	solo sondaggio	1448550	4338550
S078	15 max	solo sondaggio	1448300	4338500
S079	15 max	solo sondaggio	1448400	4338500
S080	15 max	solo sondaggio	1448450	4338500
S081	15 max	solo sondaggio	1448500	4338500
S082	20 max	piezometro	1448600	4338500
S083	15 max	solo sondaggio	1448700	4338500
S084	15 max	solo sondaggio	1448800	4338500
S085	20 max	piezometro	1448400	4338450
S086	15 max	solo sondaggio	1448450	4338450
S087	15 max	solo sondaggio	1448500	4338450
S088	15 max	solo sondaggio	1448550	4338450
S089	15 max	solo sondaggio	1448400	4338400
S090	15 max	solo sondaggio	1448450	4338400
S091	15 max	solo sondaggio	1448500	4338400
S092	15 max	solo sondaggio	1448550	4338400
S093	15 max	solo sondaggio	1448600	4338400
S094	15 max	solo sondaggio	1448700	4338400
S095	15 max	solo sondaggio	1448800	4338400
S096	20 max	piezometro	1448900	4338400
S097	20 max	piezometro	1448450	4338350
S098	15 max	solo sondaggio	1448500	4338350
S099	15 max	solo sondaggio	1448400	4338300
S100	15 max	solo sondaggio	1448500	4338300
S101	15 max	solo sondaggio	1448550	4338300
S102	20 max	piezometro	1448600	4338300
S103	15 max	solo sondaggio	1448700	4338300
S104	15 max	solo sondaggio	1448800	4338300
S105	15 max	solo sondaggio	1448900	4338300
S106	15 max	solo sondaggio	1448500	4338250
S107	15 max	solo sondaggio	1448550	4338250
S108	15 max	solo sondaggio	1448600	4338250
S109	15 max	solo sondaggio	1448400	4338200
S110	20 max	piezometro	1448500	4338200
S111	15 max	solo sondaggio	1448550	4338200
S112	15 max	solo sondaggio	1448600	4338200

Sigla	Profondità (m dal p.c.)	Tipologia	Coordinate Gauss- Boaga Roma 40 fuso est	
			est	nord
S113	15 max	solo sondaggio	1448700	4338200
S114	15 max	solo sondaggio	1448800	4338200
S115	20 max	piezometro	1448350	4338150
S116	15 max	solo sondaggio	1448450	4338150
S117	15 max	solo sondaggio	1448400	4338100
S118	15 max	solo sondaggio	1448500	4338100
S119	15 max	solo sondaggio	1448600	4338100
S120	15 max	solo sondaggio	1448700	4338100
S121	15 max	solo sondaggio	1448350	4338050
S122	15 max	solo sondaggio	1448450	4338050
S123	20 max	piezometro	1448650	4338050
S124	20 max	piezometro	1448300	4338000
S125	15 max	solo sondaggio	1448400	4338000
S126	15 max	solo sondaggio	1448500	4338000
S127	15 max	solo sondaggio	1448600	4338000
S128	15 max	solo sondaggio	1448350	4337950
S129	15 max	solo sondaggio	1448450	4337950
S130	15 max	solo sondaggio	1448550	4337950
S131	20 max	piezometro	1448650	4337950
S132	15 max	solo sondaggio	1448300	4337900
S133	15 max	solo sondaggio	1448400	4337900
S134	15 max	solo sondaggio	1448500	4337900
S135	15 max	solo sondaggio	1448550	4337900
S136	15 max	solo sondaggio	1448350	4337850
S137	20 max	piezometro	1448300	4337800
S138	15 max	solo sondaggio	1448400	4337800
S139	20 max	piezometro	1448450	4337800
S140	15 max	solo sondaggio	1448350	4337750
D1	0.1	superficiale	1448325	4339075
D2	0.1	superficiale	1448150	4339000
D3	0.1	superficiale	1448450	4338850
D4	0.1	superficiale	1448850	4338350
D5	0.1	superficiale	1448450	4338250
D6	0.1	superficiale	1448550	4338050

*Tabella 12: Maglia complessiva di indagine*

### 5.3 Metodologie di indagine del suolo/sottosuolo e acque sotterranee

Le indagini dirette consistono in sondaggi geognostici, tutti a carotaggio continuo eseguito con tecnica a secco, in cui verranno campionate le matrici suolo/sottosuolo e acque sotterranee, previa installazione di appositi pozzetti piezometrici.

#### 5.3.1 Esecuzione dei sondaggi a carotaggio continuo

*"La scelta del tipo di perforazione deve essere guidata dalle necessità conoscitive poste dal singolo caso tenendo conto del tipo di terreno da perforare nonché dalla necessità di conoscere con esattezza la litologia e la sua successione nel sottosuolo, di effettuare il prelievo di campioni indisturbati o rimaneggiati di terreno, considerando anche l'eventuale presenza di inquinanti volatili e la necessità di installare piezometri"* (Allegato 2, D.M. 471/99)

In tutte le fasi di perforazione verranno 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 verranno eseguite rispettando alcuni criteri di base essenziali al fine di rappresentare correttamente la situazione esistente in sito, in particolare:

- i sondaggi verranno 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 verrà determinata con la massima accuratezza possibile, non peggiore di 0,1 metri;
- il campione prelevato sarà conservato e trattato con tutti gli accorgimenti necessari affinché non subisca alterazioni;
- nell'esecuzione dei sondaggi, sarà adottata ogni cautela al fine di non provocare la diffusione di inquinanti a seguito di eventi accidentali.

I carotaggi saranno 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), sarà consentita la circolazione temporanea ad acqua pulita, sino al superamento dell'ostacolo. Si riprenderà, quindi, la procedura a secco.

Per le perforazioni, saranno 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.

La tecnica di perforazione deve prevedere l'impiego di una sonda a rotazione del tipo idraulico, che consenta di effettuare, anche in presenza di terreni eterogenei o fratturati, il prelievo continuo di campioni su tutta la lunghezza del foro (carote), con diametro minimo della carota di 85 mm e con rappresentatività non inferiore al 70%. La sonda deve inoltre permettere l'apprezzamento e la localizzazione dei tratti aventi resistenza all'avanzamento difforme dalla media (con particolare riguardo agli eventuali vuoti, fratture, ecc.) ed avere la possibilità di avanzamento idraulico con regolazione manuale.

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

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

Al fine di evitare il trascinarsi in profondità di contaminanti di superficie, oltre che per evitare franamenti delle pareti del foro nei tratti non lapidei, la perforazione sarà eseguita impiegando una tubazione metallica provvisoria di rivestimento. Tale tubazione provvisoria, verrà infissa dopo ogni manovra, fino alla profondità ritenuta necessaria per evitare franamenti del foro. Saranno adottate modalità di infissione tali che il disturbo arrecato al terreno sia contenuto nei limiti minimi. A ogni manovra di avanzamento del carotiere, seguirà l'infissione del rivestimento per il mantenimento del foro. Si dovrà operare a secco anche per l'infissione del rivestimento e per la pulizia di fondo foro. Solo in caso di assoluta necessità, qualora la consistenza del terreno impedisse il raggiungimento del fondo foro da parte del rivestimento, verrà consentita la circolazione temporanea ad acqua pulita sino al superamento dell'ostacolo. Si riprenderà, quindi, la procedura a secco. Al termine di ogni operazione di avanzamento delle tubazioni di rivestimento, si deve procedere ad una manovra di ripulitura del fondo del foro prima di riprendere la perforazione.

Nel caso di perforazioni di durata superiore alla giornata lavorativa, a fine giornata sarà eseguita la misura del livello piezometrico e il perforo verrà protetto da eventuali contaminazioni esterne. Il giorno successivo, alla ripresa del lavoro, si registrerà nuovamente il livello piezometrico, annotando il tutto nella documentazione dell'attività.

Prima di ogni sondaggio, le attrezzature saranno lavate con acqua in pressione e/o vapore acqueo per evitare contaminazioni artefatte.

Durante la perforazione la velocità di avanzamento e la pressione sulle aste saranno mantenute costantemente sul minimo compatibile con il materiale attraversato al fine di non alterarne lo stato e di ridurre i disturbi generati da velocità eccessiva o pressioni non idonee.

Si metteranno in atto accorgimenti di carattere generale per evitare l'immissione nel sottosuolo di composti estranei; tali accorgimenti possono essere:

- la rimozione dei lubrificanti dalle zone filettate;
- l'eliminazione di gocciolamenti di oli dalle parti idrauliche;
- la pulizia dei contenitori per l'acqua;
- la pulizia di tutti le parti delle attrezzature tra un campione e l'altro.

Il materiale, raccolto dopo ogni battuta, verrà estruso senza l'utilizzo di acqua e quindi disposto in un recipiente che permetta la deposizione delle carote prelevate senza disturbarne la disposizione stratigrafica, costituito di materiale inerte, idoneo ad evitare la contaminazione dei campioni prelevati. Per evitare la contaminazione tra i diversi prelievi, il recipiente per la deposizione delle carote sarà lavato, decontaminato e asciugato tra una deposizione e l'altra. Il materiale estruso sarà riposto nel recipiente in modo da poter ricostruire la colonna stratigrafica del terreno perforato.

Ad ogni battuta, sarà annotata la descrizione del materiale recuperato, indicando colore, granulometria, stato di addensamento, composizione litologica, ecc., riportando i dati in un apposito modulo. Tutto il materiale estratto deve essere esaminato e tutti gli elementi che lo caratterizzano devono essere registrati; in particolare dovrà essere segnalata la presenza nei campioni di evidenti contaminazioni.

Tutte le carote estratte saranno fotografate, complete delle relative indicazioni grafiche di identificazione. Le foto saranno eseguite prima che il colore dei campioni estratti si alteri per la perdita di umidità.

Tutti i campioni estratti saranno sistemati, nell'ordine di estrazione, in adatte cassette catalogatrici distinte per ciascun sondaggio, sulle quali verranno state indicati chiaramente e in modo indelebile i dati di identificazione del perforo e dei campioni contenuti e, per ogni scomparto, le quote di inizio e termine del campione contenuto.

Per ogni perforo sarà stata compilata la stratigrafia del sondaggio stesso secondo le usuali norme AGI; la descrizione stratigrafica verrà compilata in modo tale da specificare, per ciascun intervallo di profondità sufficientemente omogeneo:

- tipo litologico,
- colore,
- caratteri strutturali,
- particolarità.

Le cassette verranno trasferite presso un deposito in luogo chiuso e ivi immagazzinate per la conservazione.

Al termine delle operazioni, per i perfori nei quali non si dovesse installare un piezometro, si procederà alla chiusura in sicurezza del foro mediante miscela cemento-bentonite per tutta la profondità, in modo da evitare la creazione di vie preferenziali per la migrazione dell'acqua di falda e di eventuali contaminanti.

La posizione sul campo di ogni sondaggio non attrezzato a piezometro sarà segnalata con apposita targhetta identificativa, con sigla sia verniciata che punzonata, posta su picchetto in acciaio o sulla pavimentazione viabile.

### **5.3.2 Modalità di prelievo dei campioni di terreno**

Per quanto concerne le modalità e le procedure di campionamento dei terreni, andranno seguite le indicazioni fornite dal D.M. 471/99.

Secondo quanto previsto dal D.M. 471/99 (Allegato 2), la profondità del prelievo di suolo, sottosuolo o materiali di riporto varia in funzione:

- della necessità di caratterizzare l'area dal punto di vista geologico e idrogeologico;
- di definire la profondità dell'inquinamento;
- la variabilità orizzontale e verticale della contaminazione;
- la presenza di contatto diretto tra gli acquiferi e le fonti di inquinamento.

Per quanto concerne la frequenza dei prelievi in senso verticale, essa potrà essere modificata e/o integrata sulla base delle osservazioni effettuate in sede di campionamento e dell'omogeneità idrogeologica degli strati attraversati.

In generale, nel caso specifico verranno prelevati almeno 3 campioni di terreno:

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.

Nello scegliere la profondità esatta a cui prelevare il campione di terreno, si darà preferenza ai livelli di terreno a granulometria fine e/o bassa permeabilità, in quanto questi trattengono maggiormente le sostanze contaminanti eventualmente presenti.

A questi sarà possibile aggiungerne altri a giudizio, in particolare nel caso in cui si manifestino evidenze visive o organolettiche di alterazione, contaminazione o presenza di materiali estranei, oppure in strati di terreno al letto di accumuli di sostanze di rifiuto (se si dovessero riscontrare), ecc..

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

Il numero totale di campioni previsto, nell'ipotesi di 3 campioni per ogni punto di indagine, è pari a 420.

Il prelievo dei campioni verrà eseguito durante le fasi di perforazione. I campioni saranno normalmente di tipo “rimaneggiato”, cioè saranno prelevati immediatamente dopo la deposizione della carota nella cassetta catalogatrice e saranno contenuti in appositi contenitori, sigillati e univocamente siglati.

In tutte le operazioni di prelievo dovrà essere rigorosamente mantenuta la pulizia delle attrezzature e dei dispositivi di prelievo, che deve essere eseguita con mezzi o solventi compatibili con i materiali e le sostanze di interesse, in modo da evitare fenomeni di contaminazione incrociata o perdita di rappresentatività del campione.

Il prelievo degli incrementi di terreno e ogni altra operazione ausiliaria (separazione del materiale estraneo, omogeneizzazione, suddivisione in aliquote, ecc.) verranno eseguite in accordo con la Procedura ISO/DIS 10381-2 *Soil Quality - Sampling - Guidance on sampling of techniques*.

Particolare cura verrà posta al prelievo delle aliquote destinate alla determinazione dei composti organici volatili, che verranno prelevati al più presto, dopo la disposizione delle carote nelle cassette catalogatrici, per mezzo di un sub-campionatore e immediatamente sigillati in apposite fiale dotate di sottotappo in teflon, in accordo con la procedura EPA SW846 - Method 8035A *Closed-System Purge-and-Trap and Extraction for Volatile Organics in Soil and Waste Samples*.

I campioni di terreno prelevati verranno immediatamente trattati e confezionati in campo a seconda della natura e delle particolari necessità imposte dai parametri analitici da determinare. Ogni campione prelevato verrà suddiviso nelle seguenti aliquote:

aliquota	parametri	trattamento	contenitore	conservazione
<b>A</b>	Metalli (As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb, Se, V, Zn,) IPA Fenoli clorurati e non clorurati PCB PCDD Idrocarburi C>12 Amianto Contenuto di acqua	nessuno	sacchetto in PE termosaldato	4°C
<b>B</b>	BTEX+Stirene Idrocarburi C<12	nessuno	3 fiale in vetro da 40 ml con sottotappo in Teflon	4°C

**Tabella 13:** suddivisione in aliquote dei campioni di terreno

Tranne nel caso della determinazione di composti volatili, l'aliquota del campione verrà preparata scartando in campo i ciottoli ed il materiale grossolano di diametro maggiore a circa 3 cm, quindi sottoponendo il materiale a quartatura/omogeneizzazione e suddividendolo infine in tre replicati, dei quali:

1. uno destinato alle determinazioni quantitative eseguite dal laboratorio analitico incaricato;
2. uno a disposizione delle Autorità di Controllo per eventuali analisi di verifica;

3. uno destinato all'archiviazione per eventuali futuri approfondimenti analitici, che rimarrà a disposizione presso la centrale.

Tutte le operazioni di preparazione e trattamento verranno effettuate presso il laboratorio chimico di centrale oppure all'interno di un laboratorio mobile appositamente allestito.

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

### **5.3.3 *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 opererà mediante una procedura manuale.

Il prelievo sarà eseguito per mezzo di scavi manuali di circa 1 m x 1 m, per una profondità massima di 10 cm circa. Il materiale risultante da questi scavi verrà omogeneizzato e suddiviso mediante le usuali tecniche di quartatura.

In totale, sono verranno eseguiti n° 6 prelievi; i punti di indagine verranno localizzati all'interno di aree non pavimentate e potranno essere ubicati con precisione solo in sede di cantiere.

### **5.3.4 *Prove di permeabilità tipo Lefranc***

Le prove di permeabilità sono finalizzate alla determinazione dei parametri caratteristici dell'acquifero/i ed in particolare della sua permeabilità (coefficiente di permeabilità K) e trasmissività.

Nell'ambito della maglia sistematica saranno quindi previste una serie di prove da eseguirsi su alcuni punti di indagine; la scelta dei punti deve essere tale da rendere rappresentativi i parametri di permeabilità e trasmissività per tutto l'acquifero.

Le prove saranno eseguite in avanzamento, entro fori di sondaggio rivestiti fino alla sommità della sezione di prova. In generale, le prove in sito realizzate nei fori di sondaggio verranno eseguite in depositi con permeabilità da media ad elevata ( $K > 10^{-6}$  m/s).

Sarà utilizzato il metodo a carico idraulico costante o a carico idraulico variabile, in funzione della permeabilità dell'acquifero in esame.

Nelle prove a carico costante, si opera mantenendo costante il carico idraulico (o il livello nel pozzo) e si misurano i volumi d'acqua  $\Delta V$  immessi in esso a intervalli di tempo  $\Delta t$ .

Nelle prove a carico variabile, si opera immettendo (o estraendo) acqua dal pozzo e misurando le variazioni  $\Delta h$  del livello d'acqua negli intervalli di tempo  $\Delta t$ .

Prima delle prove, sarà necessario predisporre e realizzare la sezione filtrante; normalmente, essa avrà altezza pari ad almeno 0,50 metri. Se l'acquifero ha tendenza a franare è preferibile procedere alla realizzazione di sezioni filtranti molto basse, al più si può realizzare una sezione piana.

Si dovrà procedere come segue:

- perforazione con rivestimento fino alla quota prefissata
- pulizia del fondo foro
- immissione di materiale granulare e formazione della sezione filtrante
- sollevamento del rivestimento fino alla estremità superiore del filtro.
- misura del livello di falda con freatometro.

Quindi, nel caso delle prove a carico variabile, si procederà all'immissione di acqua pulita nel foro, fino al raggiungimento del piano campagna e a partire da questo livello iniziale si misureranno gli abbassamenti, in corrispondenza di intervalli di tempo prefissati. In generale, la



prova verrà protratta fino a raggiungere la stabilizzazione delle letture in corrispondenza del livello di falda misurato precedentemente, oppure quando lo scarto tra due abbassamenti successivi risulti sufficientemente piccolo. In ogni caso, le prove verranno arrestate trascorso un tempo massimo di 2 ore.

Le prove a carico costante dovranno essere protratte fino a raggiungimento del regime stazionario.

Per ogni prova condotta sarà fornito un rapporto di prova, che comprenderà:

- Modalità esecutive della prova,
- Schema della geometria della tasca,
- Livello statico stabile della falda,
- Valori delle misure eseguite,
- Note dell'operatore,
- Calcolo del coefficiente di permeabilità K.

In linea di principio, le prove di permeabilità verranno condotte presso i sondaggi attrezzati a piezometro, in corrispondenza dell'orizzonte acquifero, come specificato nella successiva *Tabella*. Rispetto a quanto previsto in tale *Tabella*, la distribuzione delle prove di permeabilità potrà subire modifiche in corso d'opera, in funzione e a giudizio del geologo che seguirà le indagini, con l'intento di ottenere una soddisfacente caratterizzazione dell'acquifero nel suo profilo verticale e su tutta l'area interessata dai sondaggi. Le prove dovranno interessare l'acquifero da caratterizzare, dunque non possono venire eseguite a profondità stabilite a priori; sulla base delle informazioni note, tuttavia, è possibile stimare una profondità indicativa.

<b>punto di indagine</b>	<b>Profondità di prova indicativa (metri da p.c.)</b>
S004	porzione superiore dell'acquifero (tra 5 e 10 m)
S010	porzione inferiore dell'acquifero (tra 10 e 15 m)
S016	porzione superiore dell'acquifero (tra 5 e 10 m)
S018	porzione inferiore dell'acquifero (tra 10 e 15 m)
S026	porzione superiore dell'acquifero (tra 5 e 10 m)
S033	porzione inferiore dell'acquifero (tra 10 e 15 m)
S034	porzione superiore dell'acquifero (tra 5 e 10 m)
S036	porzione inferiore dell'acquifero (tra 10 e 15 m)
S041	porzione superiore dell'acquifero (tra 5 e 10 m)
S044	porzione inferiore dell'acquifero (tra 10 e 15 m)
S047	porzione superiore dell'acquifero (tra 5 e 10 m)
S053	porzione inferiore dell'acquifero (tra 10 e 15 m)
S055	porzione superiore dell'acquifero (tra 5 e 10 m)
S059	porzione inferiore dell'acquifero (tra 10 e 15 m)
S060	porzione superiore dell'acquifero (tra 5 e 10 m)
S061	porzione inferiore dell'acquifero (tra 10 e 15 m)
S074	porzione superiore dell'acquifero (tra 5 e 10 m)
S082	porzione inferiore dell'acquifero (tra 10 e 15 m)
S085	porzione superiore dell'acquifero (tra 5 e 10 m)
S096	porzione inferiore dell'acquifero (tra 10 e 15 m)
S097	porzione superiore dell'acquifero (tra 5 e 10 m)
S102	porzione inferiore dell'acquifero (tra 10 e 15 m)
S110	porzione superiore dell'acquifero (tra 5 e 10 m)
S115	porzione inferiore dell'acquifero (tra 10 e 15 m)
S123	porzione superiore dell'acquifero (tra 5 e 10 m)
S124	porzione inferiore dell'acquifero (tra 10 e 15 m)
S131	porzione superiore dell'acquifero (tra 5 e 10 m)
S137	porzione inferiore dell'acquifero (tra 10 e 15 m)
S139	porzione superiore dell'acquifero (tra 5 e 10 m)

*Tabella 14: Ubicazione delle prove Lefranc*

### **5.3.5 Installazione dei piezometri**

Come già accennato in precedenza, per l'analisi e il campionamento delle acque sotterranee sono da prevedersi una serie di piezometri che, come numero, localizzazione e profondità, risultino essere coerenti con modello concettuale costruito, in modo da poter caratterizzare univocamente l'influenza del sito sulle caratteristiche complessive degli acquiferi in esame e la mobilità degli inquinanti nelle acque sotterranee per la profondità rilevante.

L'importanza dei piezometri è duplice:

- da una parte sono necessari nella fase iniziale dell'indagine per la ricostruzione della superficie piezometrica, l'identificazione delle falde presenti, l'analisi relativa alle loro oscillazioni e l'individuazione del flusso idrico sotterraneo principale (monitoraggio fisico-geometrico);

– dall'altra parte è necessario realizzare una rete significativa di punti di monitoraggio della qualità idrochimica delle falde presenti (monitoraggio qualitativo).

Questo implica che una volta definite le direzioni di flusso idrico sotterraneo, i piezometri destinati alla sorveglianza quali-quantitativa di zone potenzialmente contaminate potranno essere considerati come effettivi "pozzi di monitoraggio".

Il D.M. 471/99 fornisce le seguenti linee guida per l'installazione dei piezometri, in funzione dell'area del sito:

*area maggiore di 250.000 m<sup>2</sup> = almeno 1 ogni 25.000 m<sup>2</sup>*

la qual cosa, applicata alla superficie del sito in esame, indica un numero di piezometri di almeno 28.

La profondità dei piezometri non dovrà essere inferiore ai due terzi dello spessore dell'acquifero stesso. Eventuali falde sospese dovranno essere considerate individualmente, al fine di una completa ricostruzione idrogeologica dell'area.

Nella Tabella seguente sono riportati tutti i punti che dovranno essere attrezzati con piezometri, secondo le indicazioni sopra esposte, con tutte le relative indicazioni.

punto	Falda interessata	Intervallo finestratura (m. da p.c.)
S004	superficiale	da 1 m a fondo foro
S010	superficiale	da 1 m a fondo foro
S016	superficiale	da 1 m a fondo foro
S018	superficiale	da 1 m a fondo foro
S026	superficiale	da 1 m a fondo foro
S033	superficiale	da 1 m a fondo foro
S034	superficiale	da 1 m a fondo foro
S036	superficiale	da 1 m a fondo foro
S041	superficiale	da 1 m a fondo foro
S044	superficiale	da 1 m a fondo foro
S047	superficiale	da 1 m a fondo foro
S053	superficiale	da 1 m a fondo foro
S055	superficiale	da 1 m a fondo foro
S059	superficiale	da 1 m a fondo foro
S060	superficiale	da 1 m a fondo foro
S061	superficiale	da 1 m a fondo foro
S074	superficiale	da 1 m a fondo foro
S082	superficiale	da 1 m a fondo foro
S085	superficiale	da 1 m a fondo foro
S096	superficiale	da 1 m a fondo foro
S097	superficiale	da 1 m a fondo foro
S102	superficiale	da 1 m a fondo foro
S110	superficiale	da 1 m a fondo foro
S115	superficiale	da 1 m a fondo foro
S123	superficiale	da 1 m a fondo foro
S124	superficiale	da 1 m a fondo foro
S131	superficiale	da 1 m a fondo foro
S137	superficiale	da 1 m a fondo foro
S139	superficiale	da 1 m a fondo foro

**Tabella 15:** Punti di indagine da attrezzare con piezometri

L'ubicazione dei piezometri così definita è riportata nella Tavola VIII.

Verranno in questo modo sottoposti a controllo un totale di 29 piezometri.

Il numero e l'ubicazione dei piezometri potranno essere integrati sulla base dei risultati delle analisi chimico-fisiche e della definizione dei focolai di contaminazione, in modo da controllare nel tempo l'effetto dei singoli focolai su tutti gli acquiferi potenzialmente interessati dai fenomeni di contaminazione.

La tubazione utilizzata per la realizzazione dei piezometri avrà un diametro esterno nominale di 100 mm, con giunzione a manicotto esterno; la parete avrà uno spessore minimo di 5 mm. La tubazione sarà finestrata, mediante microfessurazioni, alle quote indicative sopra specificate. Dovrà essere realizzata in materiali plastici inerti dal punto di vista chimico e compatibili con gli inquinanti presenti nel sito; normalmente, sarà realizzata in PVC. La larghezza delle microfessurazioni sarà tipicamente di 0,4 mm con spaziatura di 9 mm. La chiusura di fondo tubo sarà eseguita mediante fondello cieco impermeabile.

Per la realizzazione del filtro a ridosso della zona finestrata del tubo sarà utilizzato ghiaietto siliceo, con granulometria uniforme e forme arrotondate. In generale, deve essere evitato l'impiego di filtri artificiali (ad esempio in tessuto) che possono dare problemi di intasamento e di interferenza con i contaminanti.

In corrispondenza del tratto di tubo cieco nella zona insatura, sarà formato un tappo impermeabile costituito da bentonite o miscela cemento/bentonite.

In generale, la tubazione del piezometro dovrà sporgere dal piano di campagna di almeno 30 cm e sarà protetta da un pozzetto in metallo verniciato, munito di chiusura tramite lucchetto. Laddove fosse necessario evitare l'ingombro in superficie, al fine di lasciare libera la viabilità, l'estremità della tubazione sarà alloggiata in un pozzetto interrato in calcestruzzo, protetto da chiusino in ghisa, idoneo per resistere al passaggio di eventuali automezzi.

In tutti i casi, l'estremità della tubazione sarà dotata di tappo di chiusura filettato.

La sigillatura dell'intercapedine tra pozzo e foro di sondaggio nei tratti non finestrati, dovrà essere eseguita con materiali caratterizzati da bassa permeabilità: il materiale più comunemente utilizzato per questo scopo è una miscela di sabbia-cemento-bentonite sodica.

Completata l'installazione della tubazione, si deve procedere alle operazioni di primo spurgo, finalizzate a rimuovere il sedimento presente nel tubo finestrato, nei filtri e nel terreno immediatamente adiacente al sondaggio, al fine di assicurare la possibilità di prelevare campioni di acqua rappresentativi e privi di materiale in sospensione.

Le attività di spurgo devono prevedere la creazione di un flusso attraverso la sezione finestrata del tubo mediante una pompa. Le operazioni di spurgo devono proseguire fino ad ottenimento di acqua chiara e comunque per non meno di 2 ore (il tempo di spurgo è funzione delle caratteristiche di permeabilità dell'acquifero in esame).

Le teste dei piezometri (o comunque un punto di riferimento facilmente accessibile ed identificabile) dovranno essere opportunamente quotate (precisione 0,01 m); sulle teste dovrà essere posto un segnale della quota di riferimento per le misure piezometriche ed inoltre sulle stesse dovrà essere collocata un'apposita targhetta indelebile e inamovibile riportante la quota altimetrica delle teste pozzo ed il codice univoco identificativo dello stesso.

#### **5.3.6 Misure di soggiacenza della falda**

Per la definizione della superficie della falda, saranno 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 sarà misurato per mezzo di un freatimetro, nell'arco della stessa giornata e riferito al livello del mare.

### 5.3.7 Modalità di prelievo delle acque sotterranee

Secondo le indicazioni del D.M. 471/99, le analisi dovranno essere eseguite su di un campione prelevato in modo da ridurre gli effetti indotti dalla velocità di prelievo sulle caratteristiche chimico-fisiche delle acque, quali ad esempio la presenza di una fase colloidale o la modifica delle condizioni di ossidoriduzione che possono portare alla precipitazione di elementi solubilizzati nelle condizioni naturali degli acquiferi.

Il prelievo dei campioni di acque sotterranee verrà eseguito non prima che siano trascorse due settimane dal termine della esecuzione del piezometro.

Prima del prelievo di acqua sotterranea, i piezometri andranno 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.

Il prelievo dei campioni avverrà sempre immediatamente dopo l'operazione di spurgo.

In generale, ove possibile, sarà 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 saranno 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.

Al momento del prelievo, i campioni di acqua saranno sottoposti a misura elettrometrica dei principali parametri di qualità:

- pH,
- conducibilità,
- ossigeno disciolto,
- potenziale di ossidoriduzione,
- temperatura.

Le misurazioni dei campioni di acqua sono effettuate direttamente in campo, utilizzando tecniche elettrometriche, a seconda delle possibilità pratiche, la determinazione viene effettuata secondo uno dei tre seguenti metodi:

- misura in linea durante lo spurgo dei piezometri, con elettrodi alloggiati in una cella di flusso;
- misura in sito con sonda multiparametrica, eseguita nel piezometro immediatamente dopo lo spurgo e il prelievo del campione;
- misura effettuata su di un'aliquota del campione, eseguita immediatamente dopo il prelievo.

Le analisi delle acque sotterranee devono essere eseguite sul campione tal quale, per ottenere la determinazione della concentrazione totale delle sostanze inquinanti; la determinazione dei metalli verrà eseguita su campioni di acqua non filtrata e sedimentata per almeno due ore.

Per la caratterizzazione di sostanze che possono essere presenti in fase di galleggiamento alla superficie della falda, si dovrà prevedere un campionamento con strumenti posizionati in modo da permettere il prelievo del liquido galleggiante in superficie ed evitare diluizioni con acqua proveniente da maggiore profondità.

I campioni di acque sotterranee prelevati verranno immediatamente trattati e confezionati in campo a seconda della natura e delle particolari necessità imposte dai parametri analitici da determinare. I metodi di conservazione devono essere tali per cui si mantenga la conservazione della qualità "chimica" del campione stesso.

Ogni campione prelevato verrà suddiviso nelle seguenti aliquote:

aliquota	parametri	trattamento	contenitore	conservazione
<b>A</b>	Metalli (Al, As, B, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, V, Zn,)	(se torbida decantazione per 2 ore) HNO <sub>3</sub> conc. 10 ml/l	bottiglia in HDPE da 100 ml	4°C
<b>B</b>	Cromo esavalente Cianuri	NaOH 10 M 0.1 ml/l	bottiglia in HDPE da 50 ml	4°C
<b>C</b>	Mercurio	HNO <sub>3</sub> conc. 10 ml/l	bottiglia in vetro da 50 ml o fiala da 40 ml	4°C
<b>F</b>	BTEX+Stirene Alifatici Clorurati cancerogeni e non cancerogeni Alifatici Alogenati Cancerogeni Idrocarburi C<12	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 mantenere le fiale 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 C>12	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 16:** suddivisione in aliquote dei campioni di acque sotterranee

Il prelievo degli incrementi di acque sotterranee e ogni altra operazione ausiliaria (filtrazione, aggiunta di reattivi, conservazione, ecc.) verranno eseguite in accordo con la Procedura ISO 5667-11:1993(E) *Water Quality - Sampling - Guidance on sampling of groundwaters*.

I campioni saranno suddivisi in tre replicati, dei quali:

1. uno destinato alle determinazioni quantitative eseguite dal laboratorio analitico incaricato;
2. uno a disposizione delle Autorità di Controllo per eventuali analisi di verifica;
3. uno destinato all'archiviazione per eventuali futuri approfondimenti analitici, che rimarrà a disposizione presso la centrale.

Tutte le operazioni di preparazione e trattamento verranno effettuate presso il laboratorio chimico di centrale oppure all'interno di un laboratorio mobile appositamente allestito.

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

## 5.4 Determinazioni analitiche

### 5.4.1 Parametri da determinare

Il set di parametri da determinare è stato definito sulla base delle attività produttive compiute all'interno della centrale elettrica di Sulcis e delle considerazioni sviluppate nel Modello Concettuale riportato nel Capitolo 4.

E' stata così operata una selezione, basata sulla effettiva possibilità di presenza di quei contaminanti che sono correlati in maniera specifica all'esercizio di una centrale elettrica e per i quali esiste, anche solo in via potenziale, la possibilità che siano giunti a contatto con il sottosuolo. Questi parametri sono stati individuati come "sostanze indicatrici" nella stesura del Modello Concettuale del sito.

L'elenco dei parametri analitici per i **terreni** è il seguente:

- Metalli (As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb, Se, V, Zn);
- Aromatici (BTEX+Stirene);
- Fenoli non clorurati;
- Fenoli clorurati;
- Aromatici Policiclici;
- Idrocarburi C<12;
- Idrocarburi C>12;
- Diossine e Furani (solo su n° 6 campioni superficiali);
- PCB (solo sui campioni superficiali, entro il primo metro del riporto);
- Amianto (solo sui campioni superficiali, entro il primo metro del riporto);
- Contenuto di acqua.

L'elenco dei parametri analitici per i campioni di **acque sotterranee** è il seguente:

- Metalli (Al, As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, V, Zn, Cromo esavalente);
- Inquinanti Inorganici (Boro, Cianuri);
- Composti Organici Aromatici;
- Idrocarburi Policiclici Aromatici;
- Alifatici Clorurati Cancerogeni;
- Alifatici Clorurati non Cancerogeni;
- Alifatici Alogenati Cancerogeni;
- Fenoli e Clorofenoli;
- Idrocarburi totali;
- pH, Conducibilità Elettrica, Ossigeno Disciolto, Potenziale di Ossidoriduzione, Temperatura (misurati in sito).

### 5.4.2 Procedure di laboratorio

Vengono qui di seguito sintetizzati i parametri analizzati, le tecniche analitiche impiegate e i Metodi Standard di riferimento.

#### 5.4.2.1 Metalli

*Elementi di interesse:*

Al, As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, V, Zn;

*Sintesi del metodo analitico:*

Campioni di acqua: i metalli vengono analizzati direttamente nei campioni acidificati utilizzando uno strumento per spettrometria al plasma con rivelatore di massa (ICP-MS). Solo As e Se a livelli molto bassi di concentrazione vengono analizzati mediante assorbimento atomico con atomizzazione elettrotermica dotato di correzione del fondo per effetto Zeeman.

Nel caso di acque molto saline si procede ad una separazione della matrice mediante resina scambiatrice.

Campioni di terreno:

*procedura A*) i suoli (<2mm) vengono solubilizzati secondo la procedura riportata nel decreto 13-9-1999 (GU 21-10-1999, punto XI) e poi analizzati mediante spettrometria di emissione al plasma con rivelatore ottico (ICP-OES), con rivelatore di massa (ICP-MS), oppure mediante assorbimento atomico con atomizzazione elettrotermica.

*procedura B*) i suoli (<2mm) vengono ulteriormente macinati ed analizzati mediante la tecnica di fluorescenza a raggi X (XRF) con la tecnica della pastiglia. Questa procedura è adatta per il controllo di siti contaminati destinati all'uso industriale e per tutti gli elementi tranne il mercurio.

#### 5.4.2.2 Cromo esavalente

*Sintesi del metodo analitico*

Campioni di acqua: il Cromo VI viene analizzato in soluzione acquosa per via spettrofotometrica, con il metodo alla difenilcarbazide (metodo IRSA 3080 B1).

#### 5.4.2.3 Mercurio

*Sintesi del metodo analitico*

Il Mercurio viene analizzato mediante tecnica strumentale per assorbimento UV, dopo riduzione allo stato elementare e formazione di amalgama

#### 5.4.2.4 Boro

*Sintesi del metodo analitico*

Campioni di acqua: il boro viene analizzato mediante spettrometria di emissione al plasma con rivelatore ottico (ICP-OES). In presenza di livelli di concentrazione molto bassi si utilizza spettrometria al plasma con rivelatore di massa (ICP-MS).

#### 5.4.2.5 Cianuri liberi

*Sintesi del metodo analitico*

Campioni di acqua: i cianuri vengono analizzati secondo il metodo ISO 6703/2 1984, che prevede la reazione con clorammina T e acido barbiturico in presenza di piridina, dopo distillazione.

#### 5.4.2.6 Composti Organici Aromatici (BTEX)

*Composti di interesse*

- Benzene
- Xilene (o-, m-, p-),
- Toluene
- Etilbenzene
- Stirene

*Sintesi del metodo analitico*



Campioni di acqua: estrazione degli analiti mediante tecnica di purge-and-trap, in accordo con metodo EPA - SW 846 n° 5030 e analisi per gascromatografia ad alta risoluzione accoppiata a spettrometria di massa, in accordo con il metodo EPA-SW 846 n° 8260.

Campioni di terreno: i campioni ritenuti di basso livello vengono addizionati di acqua e gli analiti estratti mediante tecnica di purge-and-trap, in accordo con metodo EPA-SW 846 n° 5030 e analizzati mediante gascromatografia ad alta risoluzione accoppiata a spettrometria di massa, in accordo con il metodo EPA-SW 846 n° 8260. I campioni che dalla analisi secondo EPA 5030 risultassero con elevate concentrazioni di analiti sono successivamente estratti con metanolo in ultrasuoni, secondo il metodo EPA-SW 846 n° 5035. Una aliquota della soluzione metanolica viene diluita in acqua e analizzata come i campioni a bassa concentrazione.

#### 5.4.2.7 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

##### *Composti di interesse*

- Benzo(a)antracene
- Benzo(a)pirene
- Benzo(b)fluorantene
- Benzo(k)fluorantene
- Benzo(g,h,i)perilene
- Crisene
- Dibenzo(a)pirene<sup>3</sup>
- Dibenzo(a,h)antracene
- Indeno(1,2,3-c,d)pirene
- Pirene

##### *Sintesi del metodo analitico*

Campioni d'acqua: estrazione liquido-liquido con solvente (metodo EPA-SW 846 n° 3510), purificazione dei campioni su colonna di gel di silice (metodo EPA-SW 846 n° 3630) ed analisi mediante gascromatografia ad alta risoluzione accoppiata a spettrometria di massa (HRGC/MS), in accordo con il metodo EPA-SW 846 n° 8270, adattato per la determinazione degli IPA pesanti più tossici.

Campioni di suolo: estrazione con solvente, con la tecnica della “pressurized fluid extraction (PFE)”, secondo il metodo EPA-SW 846 n° 3545, purificazione dei campioni su colonna di gel di silice (metodo EPA-SW 846 n° 3630) ed analisi mediante gascromatografia ad alta risoluzione accoppiata a spettrometria di massa (HRGC/MS), in accordo con il metodo EPA-SW846 n° 8270, adattato per la determinazione degli IPA pesanti più tossici.

#### 5.4.2.8 Alifatici Clorurati cancerogeni e non cancerogeni e Alifatici Alogenati

##### *Composti di interesse*

- Clorometano
- Diclorometano
- Triclorometano
- Cloruro di Vinile
- 1,2-Dicloroetano
- 1,1-Dicloroetilene
- 1,2-Dicloropropano
- 1,1,2-Tricloroetano
- Tricloroetilene

---

<sup>3</sup> La dizione dibenzo(a)pirene non è corretta chimicamente. In realtà si tratta di quattro composti: dibenzo(a,h)pirene; dibenzo(a,i)pirene; dibenzo(a,l)pirene; dibenzo(a,e)pirene

- 1,2,3-Tricloropropano
- 1,1,2,2-Tetracloroetano
- Tetracloroetilene (PCE)
- 1,2-Dicloroetano
- 1,1-Dicloroetilene
- 1,1,1-Tricloroetano
- Tribromometano (Bromoformio)
- 1,2-Dibromoetano
- Dibromoclorometano
- Bromodiclorometano

#### *Sintesi del metodo analitico*

Campioni di acqua: estrazione degli analiti mediante tecnica di purge-and-trap, in accordo con metodo EPA - SW 846 n° 5030 e analisi per gascromatografia ad alta risoluzione accoppiata a spettrometria di massa, in accordo con il metodo EPA-SW 846 n° 8260.

#### *5.4.2.9 Fenoli e Fenoli clorurati*

##### *Composti di interesse:*

- Fenolo
- 2,4-Dimetilfenolo
- Metilfenoli (o-, m-, p-Cresolo)
- 2-Clorofenolo
- 2,4-Diclorofenolo
- 2,4,6-Triclorofenolo
- Pentaclorofenolo

#### *Sintesi del metodo analitico*

Campioni d'acqua: preliminare estrazione liquido-liquido con cloruro di metilene del campione di acqua a pH 14 (estrazione dei composti neutri e basici), correzione del pH a 2 ed estrazione dei fenoli con cloruro di metilene, secondo il metodo EPA-SW 846 n° 3510; analisi gascromatografica ad alta risoluzione accoppiata a spettrometria di massa, in accordo con il metodo EPA-SW 846 n° 8270.

Campioni di suolo: estrazione con solvente, con la tecnica della “pressurized fluid extraction (PFE)”, secondo il metodo EPA-SW 846 n° 3545, purificazione dell’estratto mediante partizione acido-base (metodo EPA-SW 846 n° 3650) ed analisi mediante gascromatografia ad alta risoluzione accoppiata a spettrometria di massa (HRGC/MS), in accordo con il metodo EPA-SW846 n° 8270.

#### *5.4.2.10 Diossine e Furani*

##### *Composti di interesse e relativo I-TEF (International - 2,3,7,8 TCDD Equivalent Factors):*

##### Diossine

2,3,7,8 - TCDD	1
1,2,3,7,8 - PeCDD	0.5
1,2,3,4,7,8 - HxCDD	0.1
1,2,3,7,8,9 - HxCDD	0.1
1,2,3,6,7,8 - HxCDD	0.1
1,2,3,4,6,7,8 - HpCDD	0.01
OCDD	0.001

##### Furani

2,3,7,8 - TCDF	0.1
----------------	-----

2,3,4,7,8 – PeCDF	0.5
1,2,3,7,8 – PeCDF	0.05
1,2,3,4,7,8 – HxCDF	0.1
1,2,3,7,8,9 – HxCDF	0.1
1,2,3,6,7,8 - HxCDF	0.1
2,3,4,6,7,8 - HxCDF	0.1
1,2,3,4,6,7,8 – HpCDF	0.1
1,2,3,4,7,8,9 - HpCDF	0.1
OCDF	0.001

#### *Sintesi del metodo analitico*

Campioni di terreno: estrazione in soxhlet a caldo con toluene (metodo EPA-SW 846 n° 8280). Purificazione dell'estratto organico mediante le procedure previste dal metodo (eventuale preliminare lavaggio acido-base, cromatografia liquida su colonna multistrato e allumina), analisi mediante gascromatografia ad alta risoluzione accoppiata a spettrometria di massa (HRGC/LRMS), in accordo con il metodo EPA-SW 846 n° 8280 e calcolo della concentrazione in tossicità equivalente (T.E.) con i fattori riportati sopra.

#### *5.4.2.11 PCB*

##### *Sintesi del metodo analitico*

Campioni di terreno: estrazione con solvente, con la tecnica della “pressurized fluid extraction (PFE)”, secondo il metodo EPA-SW 846 n° 3545, trattamento con acido solforico per distruggere gli interferenti (metodo EPA-SW 846 n° 3665). La determinazione strumentale è effettuata per gascromatografia ad alta risoluzione e rivelatore a cattura di elettroni (HRGC/ECD) secondo il metodo CEI EN 61619, adattato da CESI a campioni ambientali.

#### *5.4.2.12 Idrocarburi Totali*

##### *Composti di interesse*

- Idrocarburi <C<sub>12</sub>
- Idrocarburi compresi tra C<sub>12</sub> e C<sub>25</sub>
- Idrocarburi > C<sub>25</sub>

##### *Sintesi del metodo analitico*

##### Campioni di acqua:

- Idrocarburi <C<sub>12</sub> : estrazione mediante tecnica di purge-and-trap, in accordo con metodo EPA-SW 846 n° 5030 e analisi mediante gascromatografia ad alta risoluzione con rivelatore FID (metodo EPA-SW 846 n° 8015);
- Idrocarburi >C<sub>12</sub> : estrazione liquido-liquido con solvente (metodo EPA-SW 846 n° 3510), purificazione dei campioni su colonna di gel di silice (metodo EPA-SW 846 n° 3630) analisi mediante gascromatografia ad alta risoluzione con rivelatore FID (metodo EPA-SW 846 n° 8015).

##### Campioni di terreno:

- Idrocarburi <C<sub>12</sub> : i campioni ritenuti di basso livello vengono addizionati di acqua e gli analiti estratti mediante tecnica di purge-and-trap, in accordo con metodo EPA-SW 846 n° 5030 e analizzati mediante gascromatografia ad alta risoluzione con rivelatore FID (metodo EPA-SW 846 n° 8015). I campioni che dalla analisi secondo EPA 5030 e 8015 risultassero con elevate concentrazioni di analiti sono successivamente estratti con metanolo in ultrasuoni, secondo il metodo EPA-SW 846 n° 5035. Una aliquota della soluzione metanolica viene diluita in acqua e analizzata come i campioni a bassa concentrazione.

- Idrocarburi  $>C_{12}$  : estrazione con solvente, con la tecnica della “pressurized fluid extraction (PFE)”, secondo il metodo EPA-SW 846 n° 3545, purificazione dei campioni su colonna di gel di silice (metodo EPA-SW 846 n° 3630) e analisi mediante gascromatografia ad alta risoluzione con rivelatore FID (metodo EPA-SW 846 n° 8015).

#### 5.4.2.13 Amianto (campioni di terreno)

##### *Sintesi del metodo analitico*

Il contenuto di amianto viene determinato mediante Diffrazione di Raggi X (XRD) secondo il metodo UNICHIM n° 853 “Determinazione dell’amianto, metodo per diffrazione a raggi X” EM/26, indicato dal D.M. 6/9/1994.

#### 5.4.2.14 Contenuto di acqua (campioni di terreno)

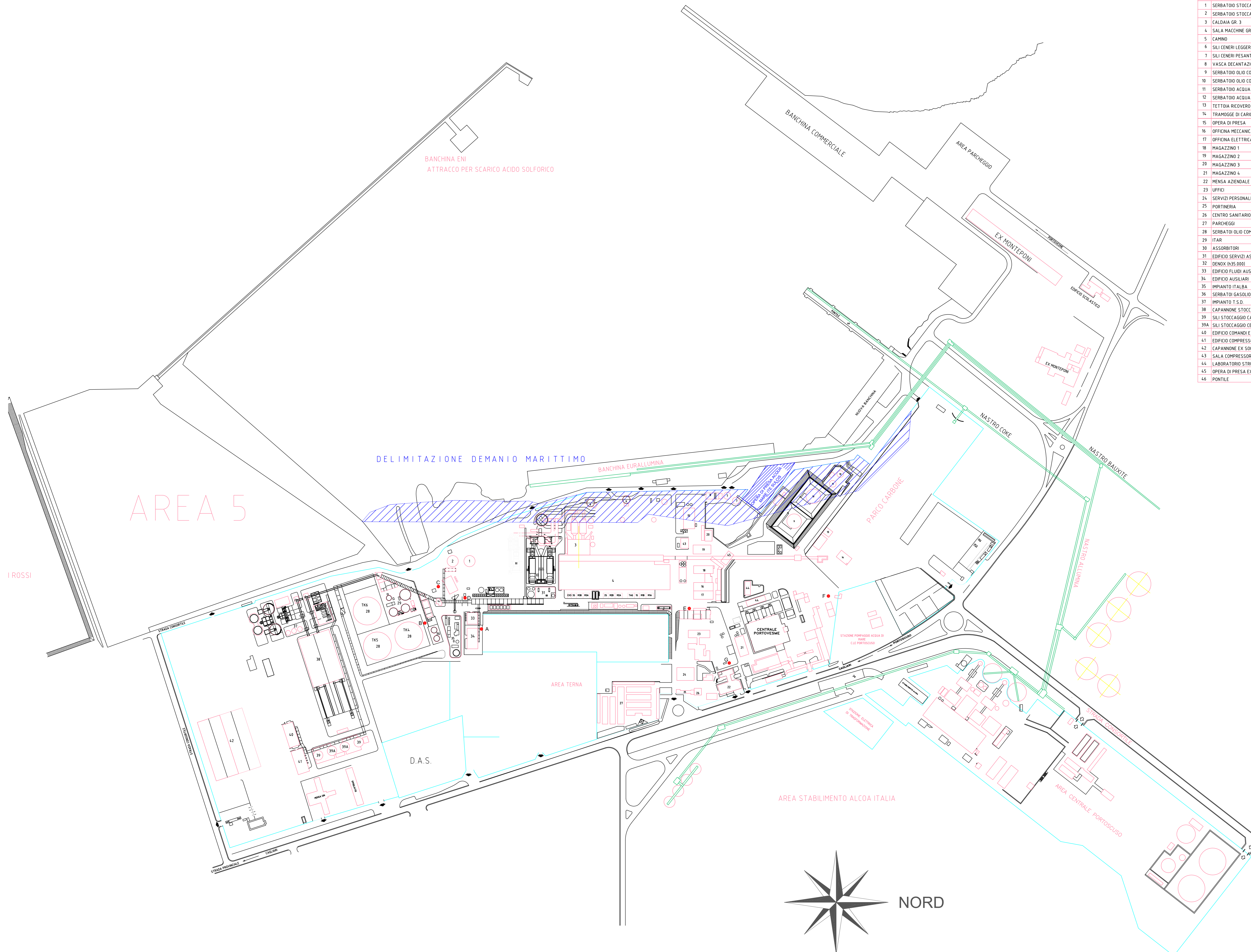
##### *Sintesi del metodo analitico*

Il contenuto di acqua viene determinato nei suoli per via gravimetrica, secondo la procedura riportata nel decreto 13-9-1999 (GU 21-10-1999, punto II.2).

## ELENCO DELLE TAVOLE FUORI TESTO

- Tavola I** – Corografia dell'area di indagine (scala 1:15.000)
- Tavola II** – Planimetria dell'impianto
- Tavola III** – Destinazione d'uso delle aree di centrale e acquisizioni
- Tavola IV** – Ubicazione delle detenzioni di PoliCloroBifenili (PCB)
- Tavola V** – Ubicazione dei punti di raccolta e di depositi dei rifiuti
- Tavola VI** – Planimetria della rete di raccolta delle acque reflue
- Tavola VII** – Ubicazione dei punti di indagine (scala 1:5.000)
- Tavola VIII** – Ubicazione dei punti di indagine attrezzati con piezometro (scala 1:5.000)





POS	DESCRIZIONE
1	SERBATOIO STOCCAGGIO ACQUA INDUSTRIALE
2	SERBATOIO STOCCAGGIO ACQUA INDUSTRIALE
3	CALDAIA GR 3
4	SALA MACCHINE GR 1/2/3
5	CAMINO
6	SILI CENERI LEGGERE -h 35.000 circa
7	SILI CENERI PESANTI
8	VASCA DECANTAZIONE CENERI
9	SERBATOIO OLIO COMBUSTIBILE DA 7500 Mc - TK3
10	SERBATOIO OLIO COMBUSTIBILE DA 7500 Mc - TK2
11	SERBATOIO ACQUA DEMI DA 1000 Mc - TK1
12	SERBATOIO ACQUA DEMI DA 2000 Mc - PH-A001
13	TETTOIA MOVVERO BULLDOZER
14	TRAMOGGE DI CARICO CARBONE
15	OPERA DI PRESA
16	OFFICINA MECCANICA
17	OFFICINA ELETTRICA
18	MAGAZZINO 1
19	MAGAZZINO 2
20	MAGAZZINO 3
21	MAGAZZINO 4
22	MENSA AZIENDALE
23	UFFICI
24	SERVIZI PERSONALE ENEL
25	PORTINERIA
26	CENTRO SANITARIO
27	PARCHeggi
28	SERBATOIO OLIO COMBUSTIBILE DA 25000 Mc
29	PIAZZ
30	ASSORBITORI
31	EDIFICIO SERVIZI ASSORBIMENTO
32	GENOX IN35.000
33	EDIFICIO FLUIDI AUSILIARI
34	EDIFICIO AUSILIARI
35	IMPIANTO ITALBA
36	SERBATOIO GAS SOLIDO DA 1000 Mc
37	IMPIANTO T.S.D
38	CAPANNONE STOCCAGGIO GESSO
39	SILI STOCCAGGIO CALCIARE BS801A - BS802B
39A	SILI STOCCAGGIO CENERI LEGGERE BS801B - BS802A
40	EDIFICIO COMANDI E CONTROLLI MOVIMENTAZIONE
41	EDIFICIO COMPRESSORI TRASPORTO CALCIARE
42	CAPANNONE EX SOCOMET
43	SALA COMPRESSORI SOFFRIATURA
44	LABORATORIO STRUMENTI - EX EDIFICIO SERVIZI GENERALE DESOX PILOTA
45	OPERA DI PRESA EX PORTO VESME
46	PONTILE

**CESI**

Piano della Caratterizzazione  
C.le Enel Sulcis

TAV. II - Planimetria dell'impianto

Legenda









- Pozzo di emungimento acqua industriale

# CESI




## Piano della Caratterizzazione C.le Enel Sulcis

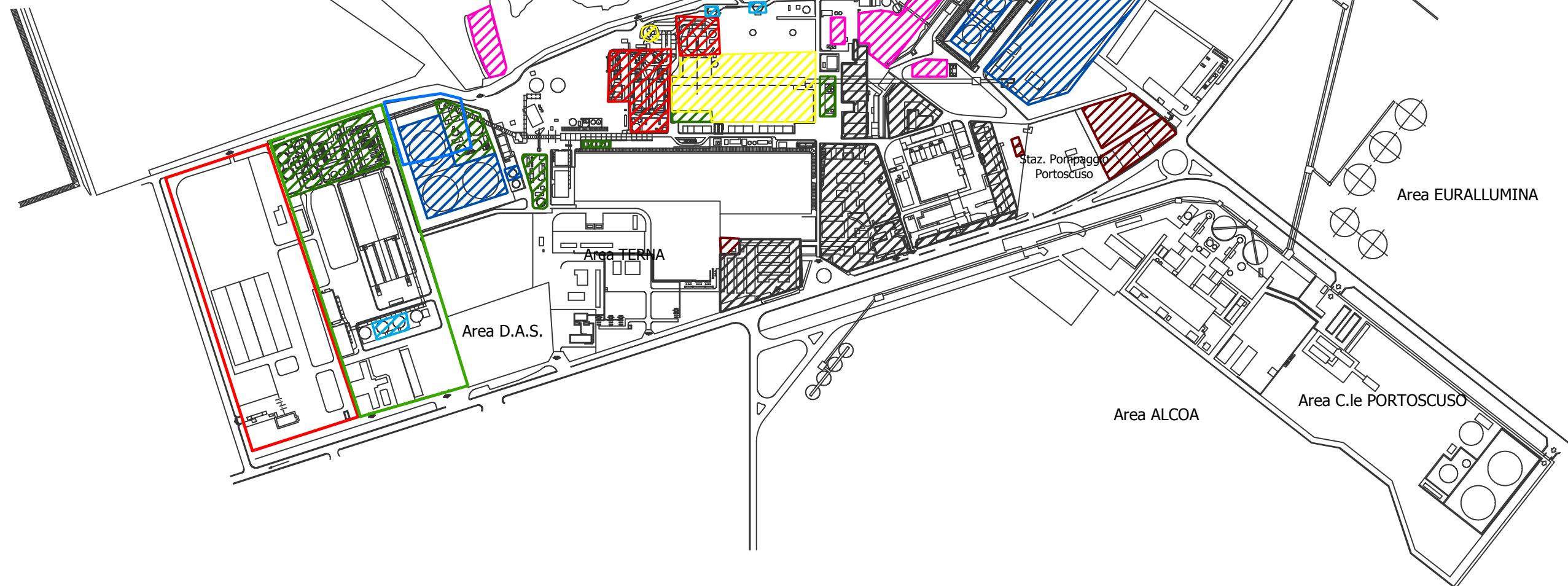
### TAV III - Destinazione d'uso delle aree di Centrale e acquisizioni

#### Legenda

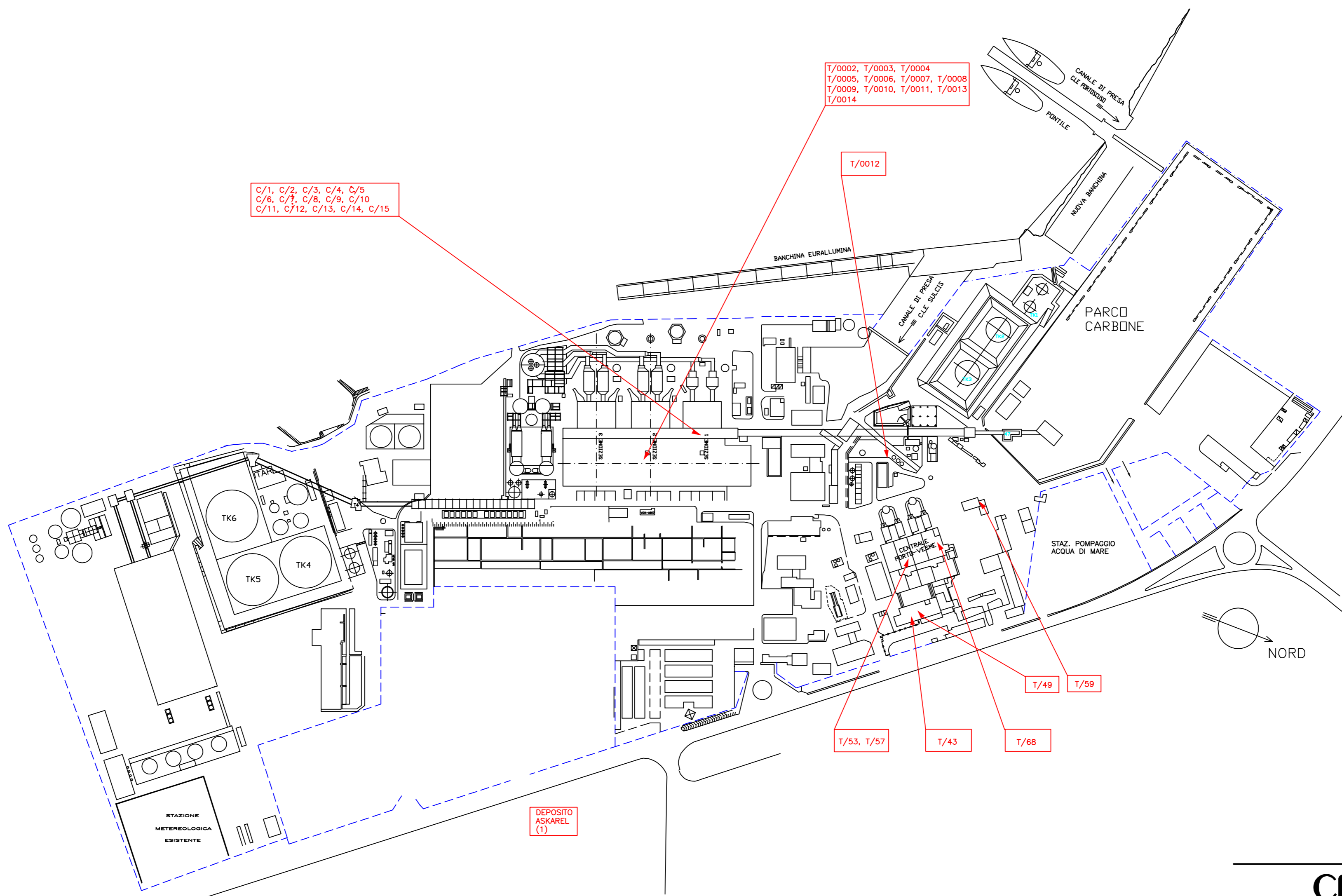
-  1 - Processo di produzione e trasformazione
-  2 - Stoccaggio combustibili
-  3 - Opere idrauliche
-  4 - Trattamento acque
-  5 - Trattamento fumi
-  6 - Raccolta e trasporto ceneri
-  7 - Depositi rifiuti
-  8 - Servizi

#### Anno di acquisizione

-  1990
-  1979
-  1973







C/1, C/2, C/3, C/4, C/5  
 C/6, C/7, C/8, C/9, C/10  
 C/11, C/12, C/13, C/14, C/15

T/0002, T/0003, T/0004  
 T/0005, T/0006, T/0007, T/0008  
 T/0009, T/0010, T/0011, T/0013  
 T/0014

T/0012

T/53, T/57

T/43

T/68

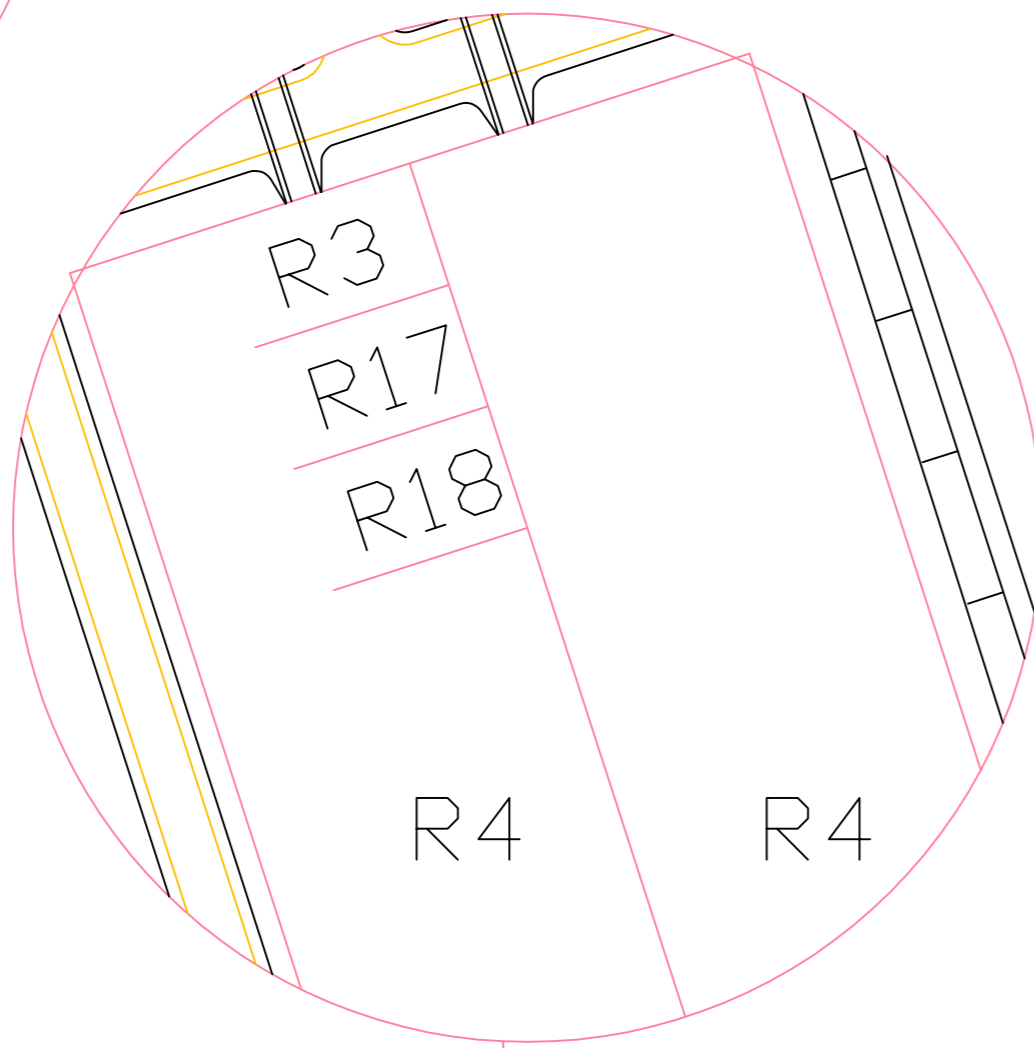
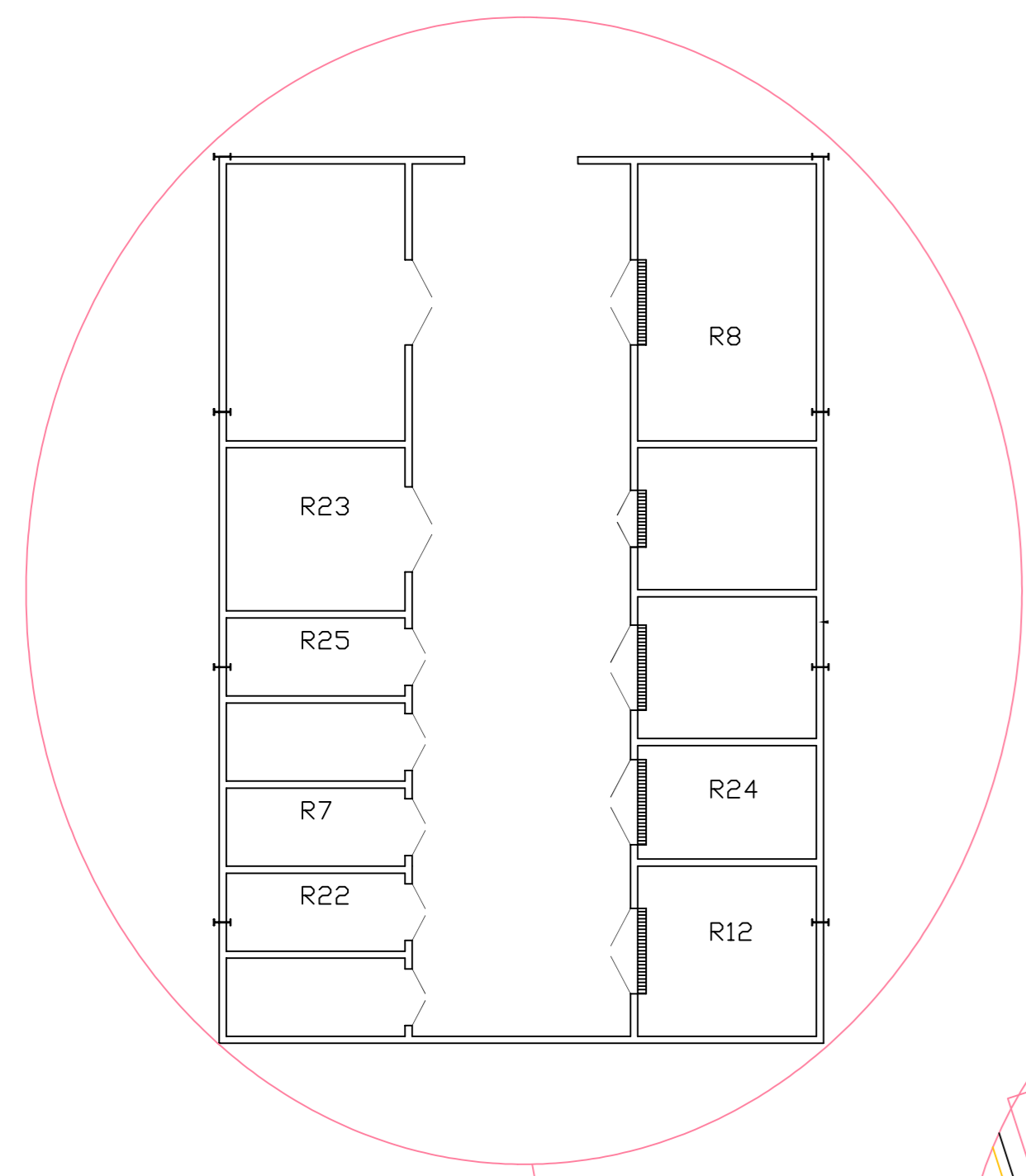
T/49, T/59

DEPOSITO  
 ASKAREL  
 (1)

**CESI**

Piano della Caratterizzazione  
 C.I.e Enel Sulcis

Ubicazione delle detenzioni di PCB



**PUNTI DI RACCOLTA**

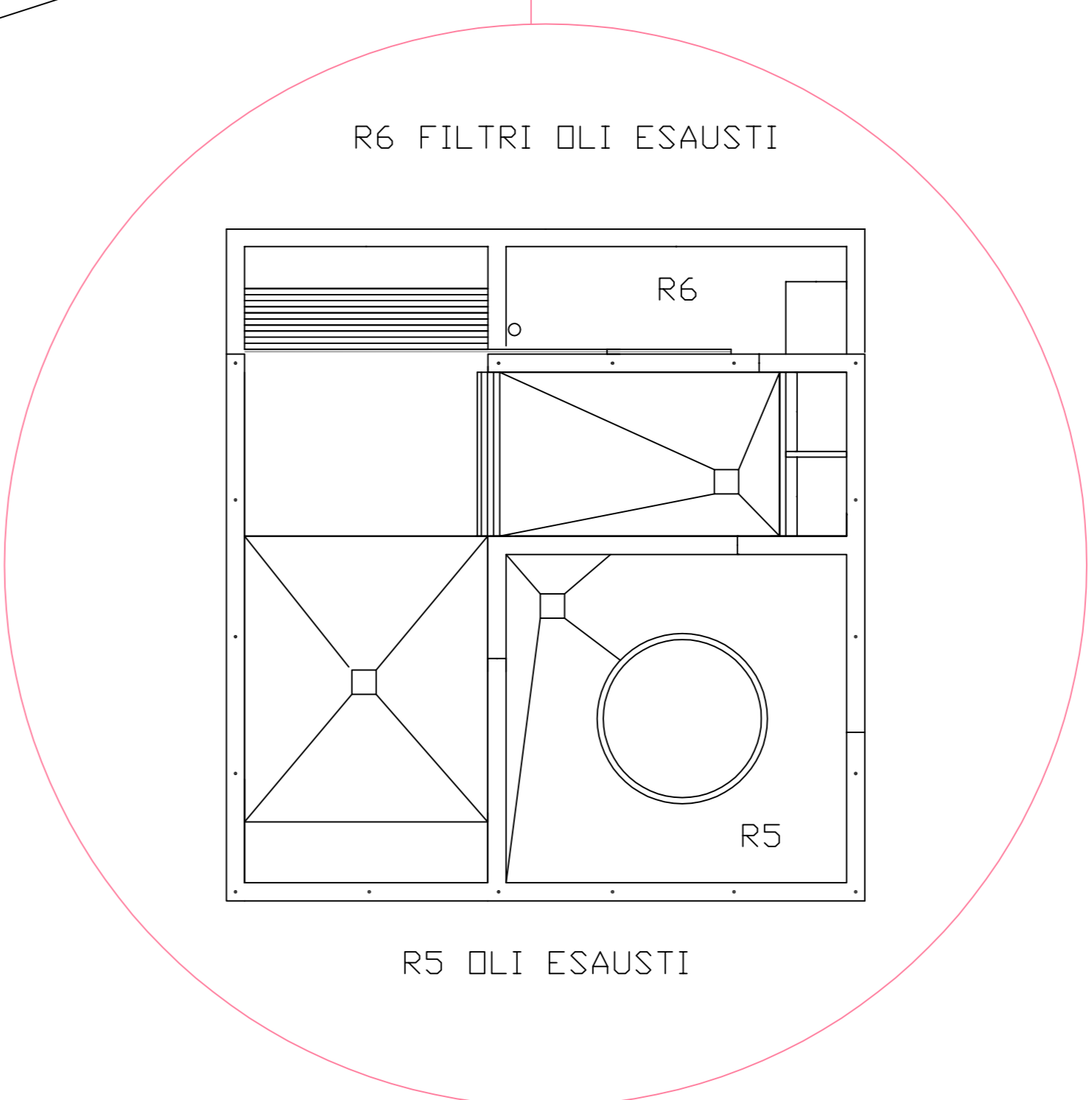
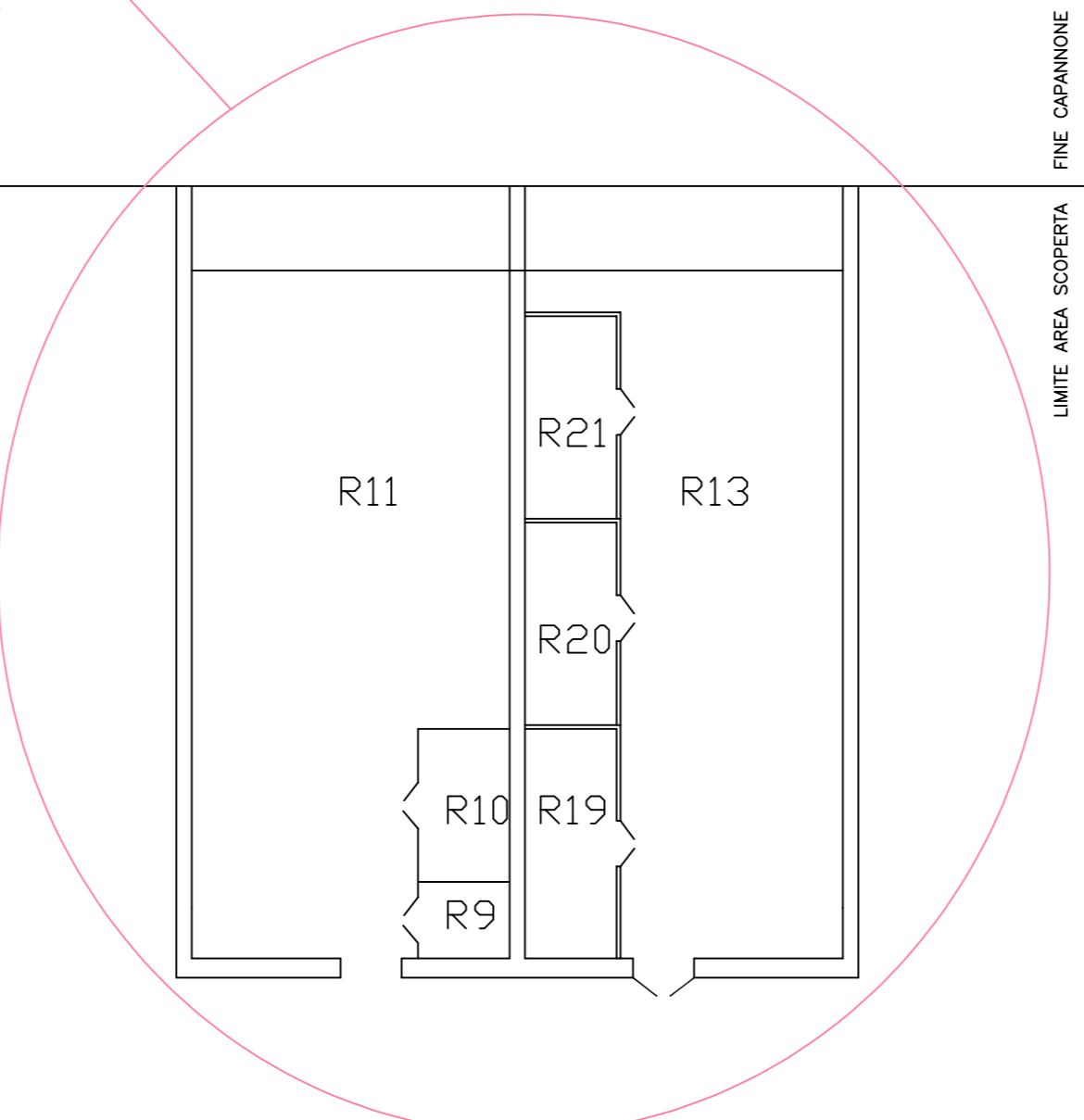
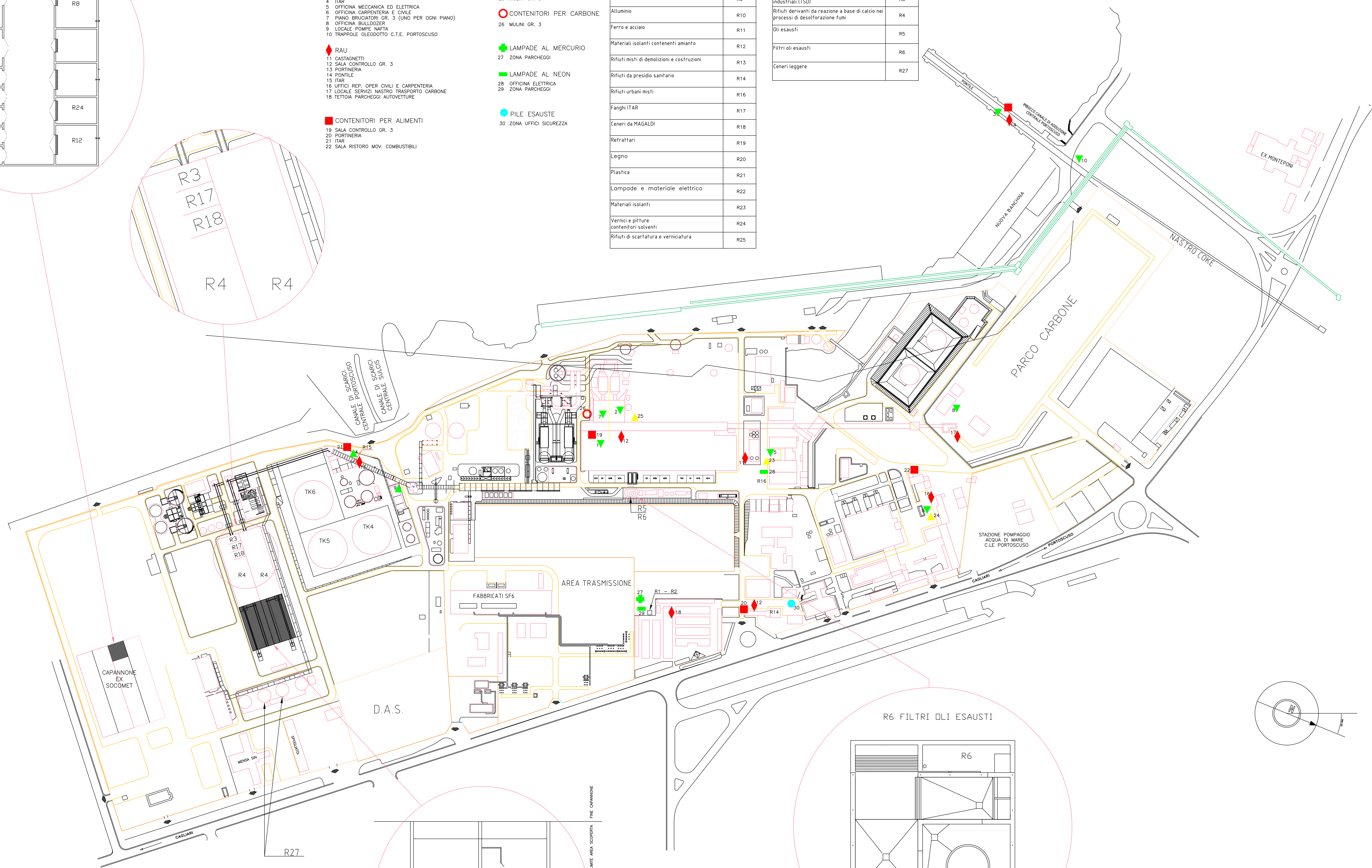
- ▼ CONTENITORI PER STRACCI OLEOSI
  - 1 GR. 3 Q.T.A. 12.30
  - 2 GR. 3 Q.T.A. 2.30 + POMPE O.C.D.
  - 3 PONTILE
  - 4 ITAR
  - 5 OFFICINA MECCANICA ED ELETTRICA
  - 6 OFFICINA CARPENTERIA E CIVILE
  - 7 PIANO BRUCIATORI GR. 3 (UNO PER OGNI PIANO)
  - 8 OFFICINA BULLDOZER
  - 9 LOCALE POMPE NAFTA
  - 10 TRAPPOLE OLEODOTTO C.T.E. PORTOSCUSO
- ▲ CONTENITORI PER FERRO
  - 23 OFFICINA MECCANICA ED ELETTRICA
  - 24 OFFICINA CARPENTERIA E CIVILE
  - 25 MULINI GR. 3
- CONTENITORI PER CARBONE
  - 26 MULINI GR. 3
- ◆ RAU
  - 11 CASTAGNETTI
  - 12 SALA CONTROLLO GR. 3
  - 13 PORTINERIA
  - 14 PONTILE
  - 15 ITAR
  - 16 UFFICI REP. OPER CIVILI E CARPENTERIA
  - 17 LOCALE SERVIZI NASTRO TRASPORTO CARBONE
  - 18 TETTOIA PARCHEGGI AUTOVEETURE
- ◆ LAMPADINE AL MERCURIO
  - 27 ZONA PARCHEGGI
- ◆ LAMPADINE AL NEON
  - 28 OFFICINA ELETTRICA
  - 29 ZONA PARCHEGGI
- PILE ESAUSTE
  - 30 ZONA UFFICI SICUREZZA
- CONTENITORI PER ALIMENTI
  - 19 SALA CONTROLLO GR. 3
  - 20 PORTINERIA
  - 21 ITAR
  - 22 SALA RISTORO MOV. COMBUSTIBILI

**DEPOSITI TEMPORANEI**

RIFIUTO DEPOSITATO	IDENT. PLAN.
Accumulatori al piombo	R7
Morchie oleose	R8
Rame	R9
Alluminio	R10
Ferro e acciaio	R11
Materiali isolanti contenenti amianto	R12
Rifiuti misti di demolizioni e costruzioni	R13
Rifiuti da presidio sanitario	R14
Rifiuti urbani misti	R16
Fanghi ITAR	R17
Ceneri da MAGALDI	R18
Refrattari	R19
Legno	R20
Plastica	R21
Lampade e materiale elettrico	R22
Materiali isolanti	R23
Vernici e pitture contenitori solventi	R24
Rifiuti di scartatura e verniciatura	R25

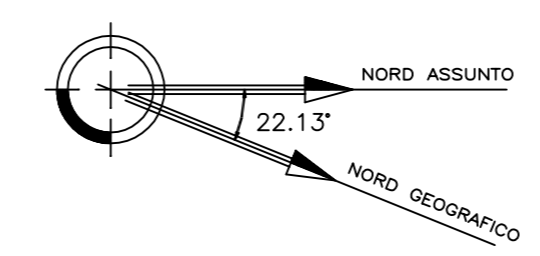
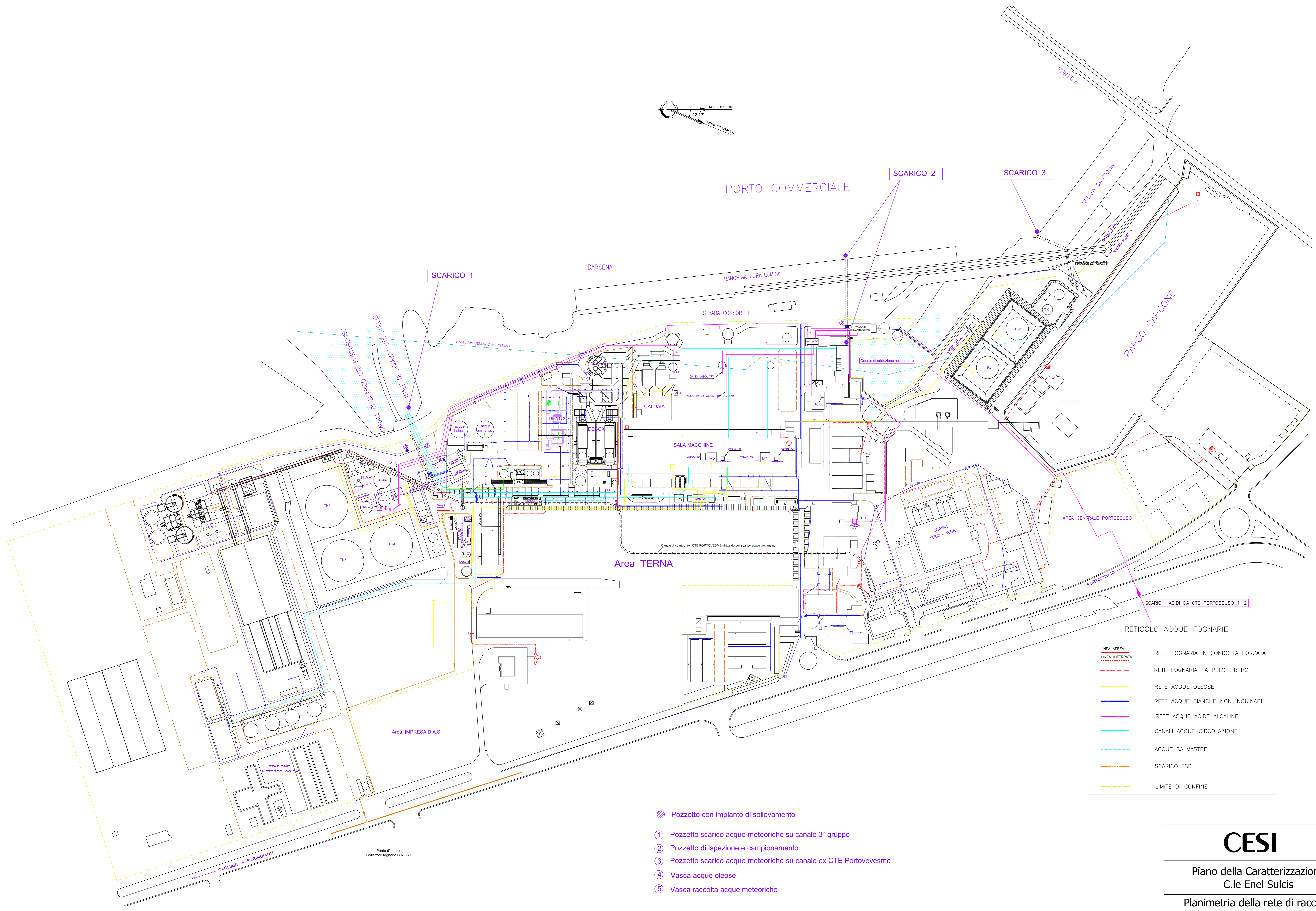
**DEPOSITI PRELIMINARI**

RIFIUTO DEPOSITATO	IDENT. PLAN.
Oli isolanti e di trasmissione di calore esausti ed altri liquidi contenenti PCB e PCP	R1
Altri rifiuti oleosi non specificati altrimenti	R2
Fanghi da trattamento delle acque reflue industriali (TSI)	R3
Rifiuti derivanti da reazione a base di calcio nei processi di desolfurazione fumi	R4
Oli esausti	R5
Filtri oli esausti	R6
Ceneri leggere	R27



**CESI**

Piano della Caratterizzazione  
C.le Enel Sulcis  
Ubicazione dei punti di raccolta  
e di deposito dei rifiuti



- Pozzetto con impianto di sollevamento
- ① Pozzetto scarico acque meteoriche su canale 3° gruppo
- ② Pozzetto di ispezione e campionamento
- ③ Pozzetto scarico acque meteoriche su canale ex CTE Portovesme
- ④ Vasca acque oleose
- ⑤ Vasca raccolta acque meteoriche

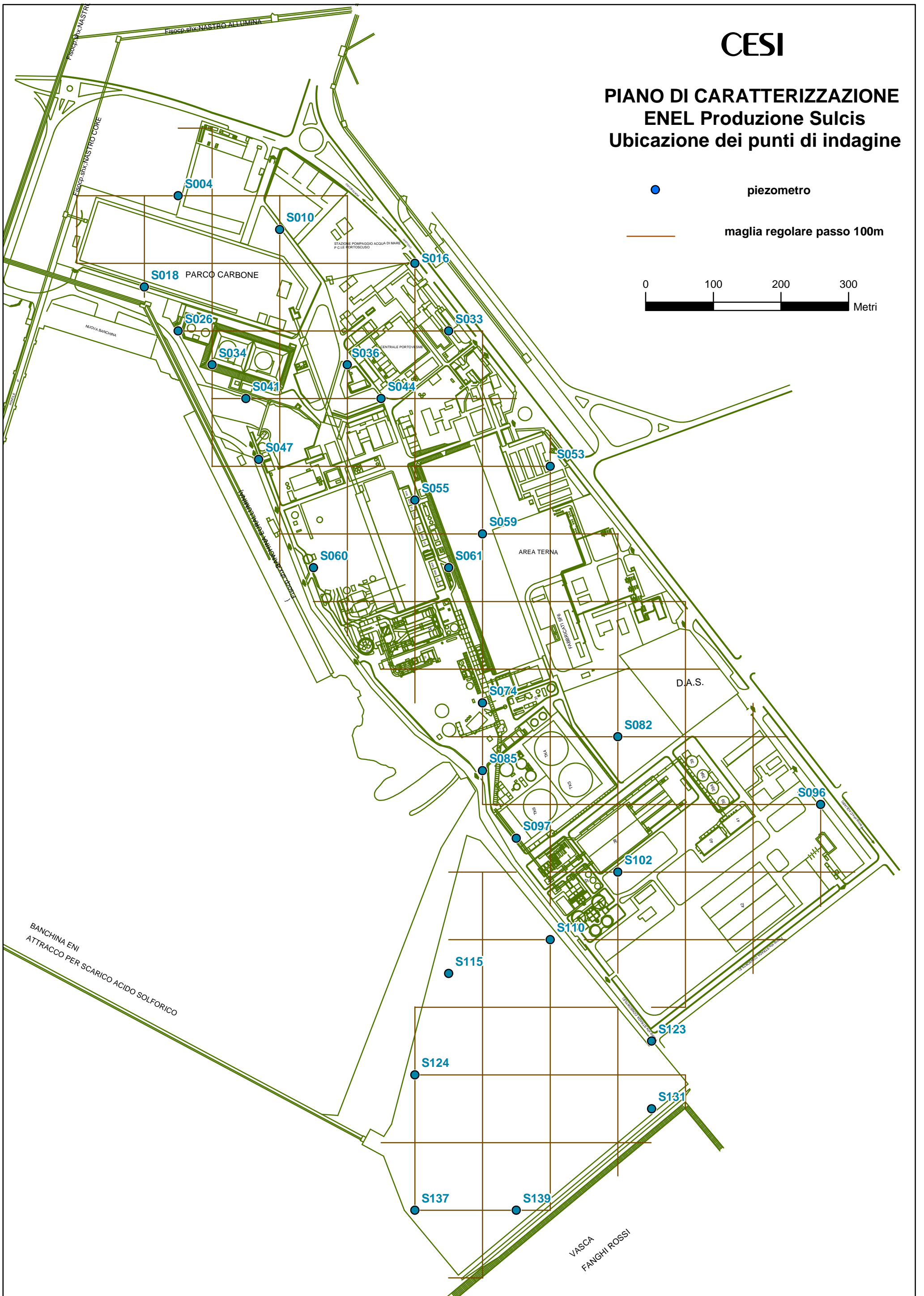
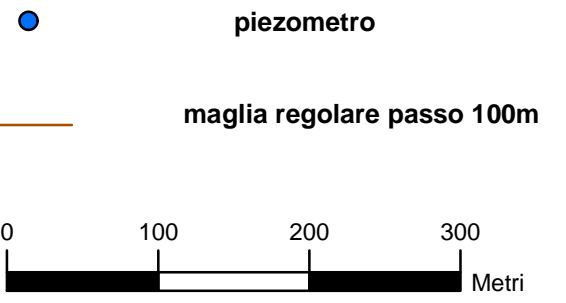
LINEA AEREA	RETE FOGNARIA IN CONDOTTA FORZATA
LINEA INTERRATA	RETE FOGNARIA A PELO LIBERO
(Yellow line)	RETE ACQUE OLEOSE
(Blue line)	RETE ACQUE BIANCHE NON INQUINABILI
(Magenta line)	RETE ACQUE ACIDE ALCALINE
(Cyan line)	CANALI ACQUE CIRCOLAZIONE
(Dashed cyan line)	ACQUE SALMASTRE
(Orange line)	SCARICO TSD
(Dashed yellow-green line)	LIMITE DI CONFINE

**CESI**

Piano della Caratterizzazione  
C.I.e Enel Sulcis  
Planimetria della rete di raccolta  
delle acque reflue



## PIANO DI CARATTERIZZAZIONE ENEL Produzione Sulcis Ubicazione dei punti di indagine



**Allegato 1**  
**Prot. A4/005102 tot. pagg. 12**

*Tabelle di risultati analitici stralciate dal documento “Piano per la sistemazione dei siti interessati dalla presenza di ceneri di carbone, terreni di riporto e materiali di scavo nell’area della centrale Sulcis” – Relazione Tecnica Generale – luglio 2000.*

Tabella 1 - RISULTATI DELLE ANALISI SUI CAMPIONI DI CENERE

Elementi	Analisi sul secco										Range tipici delle ceneri	Range tipici per suoli naturali	
	sondaggio S9 85-100 cm	sondaggio S10 10-130 cm	sondaggio S2 0-260 cm	sondaggio S8 40-80 cm	sondaggio S3 0-150 cm	sondaggio S4 0-230 cm	sondaggio S1 0-230 cm	sondaggio S5 0-50 cm	sondaggio S7 0-60 cm	sondaggio S6 30-70 cm			sondaggio S6 200-240cm
Al (%)	6.19	12.05	12.86	9.01	10.15	12.04	15.06	8.78	13.38	12.20	6.49	0,1-20,85	1-30
As (mg/kg)	< 0.1	< 0.1	2.0	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	2,3-6300	1-93
Ba (mg/kg)	928	1337	1621	968	1580	1509	1671	406	1167	1247	338	1-13800	70-3000
Be (mg/kg)	< 0.1	2.1	1.9	0.9	4.0	5.9	3.9	< 0.1	9.9	3.9	< 0.1	-	-
Cd (mg/kg)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0,1-130	0,01-0,7
Co (mg/kg)	9.8	25.6	33.7	17.7	4.0	33.9	35.7	13.8	61.3	39.6	9.9	-	-
Cr (mg/kg)	43.1	220.1	123.0	91.0	153.6	139.7	133.0	99.0	203.8	117.1	79.7	3,6-900	1-1000
CrVI (mg/kg)	< 1	< 1	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 1	< 1	< 1	< 1	-	-
Cu (mg/kg)	29.4	85.4	69.4	49.4	105.7	85.8	59.5	37.6	112.8	71.4	31.9	14-2200	2-300
Fe (%)	1.52	5.57	3.48	2.53	2.85	2.54	3.69	9.20	4.80	2.94	7.10	1-27,56	0,7-55,0
Hg (mg/kg)	0.78	< 0.50	< 0.50	< 0.50	< 0.50	< 0.50	< 0.50	< 0.50	< 0.50	< 0.50	< 0.50	0,005-12	0,01-0,3
Mn (mg/kg)	253	645	401	306	407	431	343	265	793	295	203	25-3000	20-3000
Mo (mg/kg)	1.9	2.1	1.9	11.8	6.0	4.0	10.0	7.9	3.9	2.0	6.0	1,2-236	0,2-5
Ni (mg/kg)	54.9	183.8	220.3	110.6	217.5	229.6	248.2	95.0	316.7	210.3	59.8	1,8-4300	5-500
Pb (mg/kg)	96.1	235.0	311.6	156.1	432.9	305.5	152.9	51.4	431.5	293.6	27.9	3-2120	2-200
Sb (mg/kg)	< 1	< 1	2	< 1	4	3	< 1	< 1	8	2	< 1	0,8-131	0,6-10
Se (mg/kg)	1.96	6.40	9.90	3.90	8.00	14.00	10.00	2.00	7.90	2.00	1.00	0,2-134	0,1-4
Sn (mg/kg)	< 0.5	< 0.5	< 0.5	2.0	< 0.5	< 0.5	10.0	112.8	23.8	11.9	67.8	-	-
Te (mg/kg)	< 0.5	< 0.5	1.9	1.9	4.0	2.0	2.0	< 0.5	7.9	2.0	1.0	-	-
Tl (mg/kg)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-	-
V (mg/kg)	121.6	367.5	476.3	245.0	468.8	525.1	575.8	198.0	435.3	484.1	125.5	12-1180	0,7-500
Zn (mg/kg)	166.8	363.2	500.2	272.7	674.4	619.0	341.5	106.9	667.0	757.9	53.8	14-3500	10-300
Cianuri (mg/kg)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	-	-
Fluoruri (mg/kg)	< 3	< 3	< 7	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 13	-	-

Tabella 2 - RISULTATI DEL TEST DI CESSIONE CON ACQUA SATURA DI CO<sub>2</sub> SUI CAMPIONI DI CENERE

Elementi	Test con acqua satura di CO <sub>2</sub>											Conc. limite DPR 236/88		
	sondaggio S9 85-100 cm	sondaggio S10 10-130 cm	sondaggio S2 0-260 cm	sondaggio S8 40-80 cm	sondaggio S3 0-150 cm	sondaggio S4 0-230 cm	sondaggio S1 0-230 cm	sondaggio S6 0-50 cm	sondaggio S7 0-60 cm	sondaggio S6 30-70 cm	sondaggio S6 200-240cm	Conc. limite DM 471/99	Valore guida CMA	
Al (mg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.2	0.05	0.2
As (mg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	-	0.05
Ag (mg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	-	0.01
B (mg/l)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	1	1	-
Ba (mg/l)	0.40	0.30	0.10	0.12	0.14	0.12	0.11	0.03	0.14	0.04	0.04	-	-	-
Be (mg/l)	< 0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.004	0.004	-	-
Cd (mg/l)	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	0.005	-	0.005
Co (mg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0.05	-	-
Cr (mg/l)	< 0.02	< 0.02	0.05	< 0.02	0.04	0.04	0.05	< 0.02	0.03	0.03	< 0.02	0.05	-	0.05
CrVI (mg/l)	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	0.005	-	-
Cu (mg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	1	-	-
Fe (mg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.2	0.05	0.2
Hg (mg/l)	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.001	-	0.001
Mn (mg/l)	0.048	0.050	0.030	0.050	0.036	0.020	0.28	0.010	0.040	0.010	< 0.010	0.05	0.02	0.05
Mo (mg/l)	< 0.05	< 0.05	0.08	0.08	0.10	0.06	0.34	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	-	-	-
NI (mg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0.02	-	0.05
Pb (mg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	0.05	-
Sb (mg/l)	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	0.005	-	0.01
Se (mg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	-	0.01
Te (mg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	-	-	-
Tl (mg/l)	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	0.002	< 0.002	0.002	< 0.002	0.002	-	-
V (mg/l)	0.23	0.22	0.61	0.27	0.36	0.37	0.93	< 0.03	0.09	0.54	0.02	-	-	-
Zn (mg/l)	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	3	0.1	3
Cianuri (mg/l)	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	50	-	-
Fluoruri (mg/l)	< 0.78	< 0.78	< 0.78	< 0.78	< 0.78	< 0.78	< 0.78	1.5	< 0.78	< 0.78	< 0.78	1.5	-	-



**Tabella 3 - ATTIVITÀ SPECIFICA DEGLI ISOTOPI PRESENTI NEI CAMPIONI DI CENERE ED IN ALTRI MATERIALI NATURALI**

Campione	U <sup>238</sup>	Th <sup>232</sup>	K <sup>40</sup>
S9 profondità 85-100 cm (Bq/kg)	61,5	38,3	220,4
S10 profondità 10-130 cm (Bq/kg)	143,9	66,6	96,4
S2 profondità 0-260 cm (Bq/kg)	118,9	65,5	136,1
S8 profondità 40-80 cm (Bq/kg)	95,5	53,0	332,4
S3 profondità 0-150 cm (Bq/kg)	84,3	61,6	126,5
S4 profondità 0-230 cm (Bq/kg)	126,0	90,7	165,9
S1 profondità 0-230 cm (Bq/kg)	176,4	92,7	132,2
S5 profondità 0-50 cm (Bq/kg)	223,6	19,3	137,6
S7 profondità 0-60 cm (Bq/kg)	98,2	48,0	173
S6 profondità 30-70 cm (Bq/kg)	107,7	63,4	235,8
S6 profondità 200-2400 cm (Bq/kg)	239,5	15,9	131,2
Terreno piana del Garigliano (Bq/kg)	78	103	903
Terreno vulcanico Roccamonfina (Ce) 920 m s.l.m. (Bq/kg)	56	140	626
Lava dell'Etna (Bq/kg)	48	29	380
Pozzolana (Bq/kg)	92	102	1891
Tufo campano (Bq/kg)	85	121	1994
Tufo laziale (Lt) (Bq/kg)	249	367	1427
Lignite (Bq/kg)	7	16	132
Cenere di lignite (valore tipico) (Bq/kg)	90	93	800
Carbone (Bq/kg)	17	17	34
Cenere di carbone (valore tipico) (Bq/kg)	157	160	246





Tabella 4c - RISULTATI ANALITICI SUI CAMPIONI DI SUOLO SOTTOSTANTE LE CENERI

Elementi	Concentrazione Limite DM 471/59	Sondaggio S8				Sondaggio S9				Sondaggio S10				
		profondità (80-120)cm	profondità (120-160)cm	profondità (160-200)cm	profondità (100-140)cm	profondità (140-180)cm	profondità (180-220)cm	profondità (130-170)cm	profondità (170-210)cm	profondità (210-250)cm	profondità (80-120)cm	profondità (120-160)cm	profondità (160-200)cm	profondità (100-140)cm
Sb (mg/kg)	30	0,73	0,57	0,41	1,02	1,49	1,2	0,68	1,07	0,83				
As (mg/kg)	50	7,08	7,49	7,84	5,71	7,7	7,14	9,5	8,77	6,22				
Be (mg/kg)	10	3,33	3,78	2,82	2,79	3,44	3,74	2,89	3,74	2,91				
Cd (mg/kg)	15	0,4	0,25	0,3	0,25	0,47	0,84	0,22	0,25	2,08				
Co (mg/kg)	250	2,01	2,09	1,66	1,6	1,47	1,79	1,72	1,77	1,46				
Cr VI (mg/kg)	800	27,1	28,8	30,7	20,3	19	13,5	10	15,2	12,4				
Cr VI (mg/kg)	15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15				
Hg (mg/kg)	5	0,03	<0,01	0,02	<0,01	0,09	0,05	0,02	0,04	0,2				
Ni (mg/kg)	500	<1	<1	13	<1,0	<1,0	<1,0	39	36	41				
Pb (mg/kg)	1000	41	27	32	27	26	35	22,02	28,03	60				
Cu (mg/kg)	600	8,99	4,85	6,93	3,24	4,89	35,5	4,42	7,55	6,52				
Se (mg/kg)	15	0,13	0,09	0,07	0,08	0,08	0,17	0,04	0,25	0,23				
Sn (mg/kg)	350	1,13	1,47	1,02	3,32	1,19	5,31	0,71	2,29	5,85				
Tl (mg/kg)	10	<0,01	<0,01	0,3	0,42	0,74	0,82	0,46	0,47	0,45				
V (mg/kg)	250	20	14	13	12	12	12	15	18	18				
Zn (mg/kg)	1500	80	43	45	45	58,06	71	39	50	2				
Cianuri liberi (mg/kg)	100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100				
Fluoruri (mg/kg)	2000	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3				
Al (mg/kg)		24400	21700	22000	21500	22200	22400	27300	26500	22600				
Ba (mg/kg)		288	170	246	197	152	372	201	218	1124				
Ca (mg/kg)		42600	49800	40020	46400	30840	30850	27000	30110	40600				
Fe (mg/kg)		7800	7500	7400	7000	6900	7200	9300	8700	8200				
K (mg/kg)		17400	16700	10770	10750	10810	18500	20270	20170	10890				
Mg (mg/kg)		6300	5900	5900	3900	3700	4200	3100	3300	7900				
Mn (mg/kg)		120	125	117	118	90	85	71	85	166				
Na (mg/kg)		9000	9700	9000	8200	8300	8500	10030	10080	9000				
Si (mg/kg)		256000	247000	250400	263000	265000	263000	253000	256000	249000				
Sr (mg/kg)		224	217	201	193	182	187	117	149	2				
Mo (mg/kg)		1,51	1,47	1,05	1,07	3,21	3,04	1,28	1,6	1,76				
Te (mg/kg)		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01				





**Tabella 6 - TEST DI ELUIZIONE SULLE FRAZIONI DEL TERRENO DI COPERTURA**

<b>Parametri</b>	<b>Trattenuto a 2 mm</b>	<b>Passante a 2 mm</b>	<b>Conc. limite D.M. 471/99</b>
As (mg/l)	<0,01	<0,01	0,01
Cd (mg/l)	<0,005	0,020	0,005
Cr (mg/l)	<0,02	<0,02	0,05
Cu (mg/l)	<0,02	<0,02	1
Hg (mg/l)	0,001	<0,001	0,001
Pb (mg/l)	<0,01	<0,01	0,01
Se (mg/l)	<0,01	<0,01	0,01
Al (mg/l)	<0,03	<0,03	0,2
Sb (mg/l)	<0,01	<0,01	0,005
Ag (mg/l)	<0,01	<0,01	0,01
Be (mg/l)	<0,004	<0,004	0,004
Co (mg/l)	<0,01	<0,01	0,05
Fe (mg/l)	<0,03	<0,03	0,2
Ni (mg/l)	<0,01	<0,01	0,02
Mn (mg/l)	<0,01	0,05	0,05
Tl (mg/l)	<0,002	<0,002	0,002
Zn (mg/l)	<0,10	1,63	3
Mo (mg/l)	<0,03	<0,03	-
Te (mg/l)	<0,03	<0,03	-
V (mg/l)	<0,01	<0,01	-
B (mg/l)	<0,05	<0,05	1
CrVI (ug/l)	<5	<5	5
Fluoruri (mg/l)	<0,2	<0,2	1,5
Solfati (mg/l)	2,3	6,1	250





Tabella 8 - RISULTATI ANALITICI ACQUE DI FALDA

Parametri	Conc. limite D.M. 471/99	Pz1	Pz2	Pz3	Pz4	Pz5	Pz6	Pz7	Pz8	Pz9
pH		7,6	7,4	7,7	24,682	208	6,9	7,1	539	7,3
conducibilità (mS/cm)		1,128	1,832	54,3	58,8	54,9	33,1	45,9	38,8	11,45
Al (ug/l)	200	<10	<10	20	200	110	<10	71	150	<10
Sb (ug/l)	5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Ag (ug/l)	10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
As (ug/l)	10	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Be (ug/l)	4	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cd (ug/l)	5	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Co (ug/l)	50	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cr (ug/l)	50	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
CrVI (ug/l)	5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Fe (ug/l)	200	<10	<10	19	20	28	3,105	35	162	186
Hg (ug/l)	1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Ni (ug/l)	20	<1	<1	<1	<1	<1	<1	6	<1	<1
Pb (ug/l)	10	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Cu (ug/l)	1.000	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Se (ug/l)	10	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Mn (ug/l)	50	24	17	14	<10	12	48	28	30	22
Tl (ug/l)	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Zn (ug/l)	3.000	14	12	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
B (ug/l)	1.000	109	114	1.735	2.264	1.601	253	676	838	189
Cianuri liberi (ug/l)	50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
Fluoruri (ug/l)	1.500	400	200	33.800	44.000	38.000	1.500	1.100	900	200
Nitriti (ug/l)	500	<50	<50	210	190	220	100	70	70	<50
Solfati (ug/l)	250.000	49.000	143.000	2.848.000	3.257.000	2.820.000	2.597.000	2.153.000	1.376.000	539.000
Ba (ug/l)	2000	32	69	76	18	<10	81	49	81	213
Solfuri (S) (ug/l)		<100	<100	106.600	90.400	65.500	3.800	105.900	83.700	5.500
Cloruri (ug/l)		218.000	392.000	1.844.700	19.480.000	17.034.000	9.258.000	12.609.000	11.557.000	9.637.000
Tensoattivi anionici (ug/l)		320	300	880	1.530	1.710	560	1.150	1.670	400
Sodio (ug/l)		110.840	196.100	17.633.000	20.922.000	17.494.000	8.765.000	14.126.000	9.513.600	3.198.100
Potassio (ug/l)		4.757	5.938	399.320	428.160	356.710	116.300	245.170	188.490	83.260
Calcio (ug/l)		75.377	130.930	316.320	7.614	17.326	709.330	449.870	453.180	610.510
Magnesio (ug/l)		22.501	35.315	92.231	1.202	23.757	283.350	144.890	324.210	175.940
Molibdeno (ug/l)		<10	<10	<10	67	14	<10	<10	<10	<10
Stronzio (ug/l)		1.700	1.200	3.890	170	270	11.330	6.740	4.200	5.220
Tellurio (ug/l)		<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Vanadio (ug/l)		<10	<10	31	136	70	<10	48	88	<10

**Allegato 2**  
**Prot. A4/005100 tot. pagg. 6**

Tabelle di risultati analitici stralciate dal documento *“Risultati della caratterizzazione del suolo, del sottosuolo e delle acque sotterranee nell’area della centrale Termoelettrica Sulcis”* - luglio 2001

**Tabella 1 - Profondità di prelievo dei campioni di suolo e sottosuolo**

sondaggio	campione	profondità di prelievo (m)
S1	S1/a	da 0.00 a -1.00
	S1/b	da -1.00 a -2.00
	S1/c	da -5.00 a -6.00
S2	S2/a	da 0.00 a -0.20
	S2/b	da -0.50 a -0.70
	S2/c	da -2.50 a -2.70
S3	S3/a	da 0.00 a -0.20
	S3/b	da -2.60 a -2.80
S4	S4/a	da -2.10 a -2.30
	S4/b	da -3.80 a -4.00
S5	S5/a	da -1.30 a -1.50
	S5/b	da -5.40 a -5.60
S6	S6/a	da -0.30 a -0.50
	S6/b	da -2.00 a -2.20
S7	S7/a	da 0.00 a -0.20
	S7/b	da -1.80 a -2.00
S8	S8/a	da 0.00 a -0.20
	S8/b	da -1.00 a -1.20
S9	S9/a	da -0.10 a -0.30
	S9/b	da -1.90 a -2.10
S10	S10/a	da -1.00 a -1.20
	S10/b	da -2.00 a -2.20
	S10/c	da -5.00 a -5.20
S11	S11/a	da -0.10 a -0.40
	S11/b	da -1.80 a -2.00
S12	S12/a	da 0.00 a -0.50
	S12/b	da -1.80 a -2.00

Tabella 2: Determinazioni dei composti inorganici nel suolo e sottosuolo

PARAMETRI	Linea 471 Tab. B (mg/kg)	S1a	S1b	S1c	S2a	S2b	S2c	S3a	S3b	S4a	S4b	S4c	S5a	S5b	S6a	S6b	S7a	S7b	S8a	S8b	S9a	S9b	S10a	S10b	S10c	S11a	S11b	S12a	S12b	
Alumino	30	0.21	0.13	<0.01	0.19	0.07	0.08	0.53	<0.01	0.41	0.16	0.15	0.12	0.36	0.09	0.08	<0.01	0.08	<0.01	<0.01	0.83	0.76	0.18	0.26	0.09	0.34	0.19	0.16	0.05	
Arsenico	50	13.5	13.6	12.8	7.35	7.86	26	5.98	7.87	10.3	6.57	11.34	3.57	7.55	11.38	7.67	11.97	7.67	7.63	5.18	13.56	19.5	15.84	11.97	3.59	6.46	6.96	8.17	7.96	
Berillio	10	1.7	<1	<1	<1	<1	<1	1.49	1.39	1.19	1	1.69	1.29	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	2.29	2.44	2.99	1.3	1.5	1.17	1	2.29	1.19	
Cadmio	15	3.99	3.48	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	6.53	4.2	6.23	7.38	<3	6.23	10.97	3.96	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	
Cobalto	250	11	<8.1	<8.1	<8.1	<8.1	<8.1	9.86	12.2	<8.1	12.8	12	<8.1	<8.1	<8.1	<8.1	<8.1	<8.1	11.8	10.7	10.9	15.9	18.2	9.88	<8.1	<8.1	<8.1	21	14.9	
Cromo totale	600	33.8	53.4	9.89	11.5	11.6	14.7	25.7	23.5	22	<5.5	56.5	16.4	40.1	14.2	16.7	18.1	27.6	16.6	16.6	30.9	74.2	27.7	19.8	28.8	12.3	63.7	28.4		
Cromo VI	15	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	
Mercurio	5	1.68	0.34	0.46	0.35	0.29	0.21	1	0.17	0.48	0.75	0.25	0.16	0.141	0.33	0.41	0.29	0.65	0.75	0.75	0.62	0.29	0.41	0.25	0.9	0.2	0.25	0.16		
Nichel	500	54.5	72.4	<6.3	10.3	<6.3	11.3	21.9	11.6	26.1	<6.3	38.7	<6.3	39.8	<6.3	19.10	10.1	50.8	9.5	9.5	51	51.8	142.5	14.5	<6.3	15.2	<6.3	54.8	17.8	
Piombo	1000	195.5	169.8	12.99	29.7	19.7	12	329	52.81	85.7	<10	<10	<10	490	50	291	18.6	317	209	197.2	167	53.8	149.8	<10	196	<10	129.6	39.8		
Rame	600	41.9	77.9	9.69	12.9	8.99	7.99	47.8	23.9	23.89	25	54.7	18.1	29.6	6.99	34.9	8.96	72.4	17.9	36.6	36.1	35.8	24.9	16	65.6	26.87	24.9	13.9		
Selenio	15	0.9	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	2.49	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	1.09	3.42	2.49	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	
Stagno	350	5.78	6.79	8.99	8.04	7.69	7.29	<0.5	<0.5	4.99	11.4	4.58	10.91	13.3	<0.5	3.19	4.36	6.35	5.18	3.98	4.89	4.89	4.99	4.99	<0.5	20.2	3.97	1.79	<0.5	
Tallio	10	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	
Vanadio	250	119.6	90.9	<34	<34	<34	<34	79.8	<34	99.7	<34	132.4	<34	58.6	<34	53.8	<34	127	<34	13.9	146.6	170.4	36.9	<34	82.6	<34	119.6	50.7		
Zinco	1900	597	853	31	56.3	37.4	43.6	672	59.5	378	81.2	80.7	20.6	1106	295	589	58	1104	1211	660	512.2	118.7	182.7	76.20	151	31.10	479	215		
Alluminio	14355	10067	4098	5385	6198	9192	9192	9196	11060	7965	5549	26475	4066	10723	3293	7961	7072	14066	7678	22607	26806	31290	11672	10283	8222	5966	37476	10350		
Cromo VI		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	
Cianuri (liberi)	150	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	
Fluoruri	2000	12.54	18.16	5.78	18.44	11.12	2.40	56.5	16.18	2.82	0.94	0.37	0.99	5.51	3.25	11.67	1.53	23.36	3.96	2.64	3.10	14.45	22.22	3.45	3.16	11.06	8.60	13.69		

Tab. 3: Determinazioni dei composti organici nel suolo e sottosuolo

Composti aromatici	Limiti (*) tab. B (mg/kg)	S1a	S1b	S1c	S2a	S2b	S2c	S5a	S6a	S6b	S7a	S7b	S9a	S9b	S10a	S10b	S10c	S11a	S11b	S12a	S12b
Benzene	2	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Etilbenzene	50	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Stilbene	50	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Toluene	50	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Xileni	50	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Somma totali organici aromatici	100	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzofluranone	10	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Benzoflurone	10	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzoflucantene	10	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Benzoflurone	10	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Benzoflurone	10	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Crisene	50	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Dibenzoflurone	0,1	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Dibenzoflurone	10	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Dibenzoflurone	5	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Prene	50	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Somma totali aromatici policiclici	100	< 0,105	< 0,105	< 0,105	< 0,105	< 0,105	< 0,105	< 0,105	< 0,105	< 0,105	< 0,105	< 0,105	< 0,105	< 0,105	< 0,105	< 0,105	< 0,105	< 0,105	< 0,105	< 0,105	< 0,105
PCB	5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
IC-TCF (*)	1000	< 2	< 2	895	655	130	110	680	415	415	710	565	450	410	410	540	420	715	420	130	670

(\*) Il limite indicato in tabella rappresenta la somma dei due limiti (C<12 e C>12) ipotizzati nel D.M. 471.

Tabella 4: Determinazioni dei composti inorganici ed organici nelle acque sotterranee

Sostanze	Limiti 471 (µg/l)	PZ 1	PZ 2	PZ 3	PZ 4	PZ 5	PZ 6	PZ 7	PZ 8
Alluminio	200	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30
Antimonio	5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Argento	10	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Arsenico	10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Berillio	4	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Cadmio	5	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Cobalto	50	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Cromo totale	50	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Cromo VI	5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Mercurio	1	0,8	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,05	< 0,001	0,7	0,04
Nichel	20	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Piombo	10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Rame	1000	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Selenio	10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Manganese	50	< 20	< 20	34	< 20	33	47	< 20	< 20
Tallio	2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Zinco	3000	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	20
Ferro	-	< 20	< 20	30	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Vanadio	-	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Bario	2000	30	70	30	50	70	140	60	70
Molibdeno	-	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Tellurio	-	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Stronzio	-	1750	1250	550	800	870	4270	2500	560
Sodio	-	67800	132000	162200	83200	105800	218800	550000	94200
Potassio	-	5400	7420	8180	7090	9520	10360	79600	4700
Calcio	-	85400	150500	103200	95600	81600	205200	442000	95600
Magnesio	-	23950	44000	29000	25000	23760	66000	229000	20200
Boro	1000	80	100	80	70	100	120	290	100
Fluoruri	1500	250	180	180	330	250	210	< 80	180
Cloruri	-	81000	319000	298000	223000	224000	589000	1541000	214000
Nitriti	500	< 100	100	< 100	< 100	100	< 100	< 100	100
Solfati (mg/l)	250	37,6	107,9	41,8	41,7	52,4	245,3	243,0	51,0
COD (mg/l)	-	< 5,0	6,3	< 5,0	< 5,0	5,9	< 5,0	12,1	11,5
Benzene	1	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Etilbenzene	50	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Stirene	25	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Toluene	15	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
para-Xilene	10	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo(a)antracene	0,1	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(a)pirene	0,01	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Benzo(b)fluorantene	0,1	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Benzo(k)fluorantene	0,05	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Benzo(p,h,i)perilene	0,01	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Crisene	5	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Dibenzo(a,h)antracene	0,01	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Indeno(1,2,3-cd)pirene	0,1	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Pirene	50	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
PCB	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
IC tot (*)	350	< 100	< 100	< 100	300	< 100	< 100	< 100	200
Tensioattivi anionici	-	290	2000	170	220	320	890	2000	< 50

(\*) Determinazione eseguita per via gravimetrica

Tabella 5: Misure in campo delle acque sotterranee

punto	livello m	prof. m	temp. °C	cond. mS/cm	pH	O2 mg/l	redox mV		
Pozzo 1	3.95	1.00	18.8	1.133	7.8	2.4	50.6		
		2.00	19.0	1.135	7.8	1.5	41.6		
		3.00	19.2	1.135	7.8	1.0	31.0		
		4.00	19.4	1.135	7.7	0.7	18.8		
		5.00	19.6	1.135	7.7	0.4	-0.5		
		6.00	19.8	1.135	7.7	0.3	-24.1		
		7.00	19.8	1.136	7.7	0.2	-43.9		
Pozzo 2	3.50	1.00	19.5	1.835	7.6	3.1	57.0		
		2.00	19.7	1.846	7.5	2.0	52.2		
		3.00	19.9	1.847	7.5	1.2	48.0		
		4.00	20.0	1.848	7.5	0.9	43.9		
		5.00	20.1	1.848	7.5	0.7	41.9		
		6.00	20.2	1.847	7.5	0.5	39.2		
		7.00	20.2	1.848	7.5	0.4	36.0		
Pozzo 3	5.14	1.00	19.4	1.393	7.6	1.7	-37.0		
		2.00	19.4	1.403	7.6	0.6	-68.3		
		3.00	19.4	1.405	7.6	0.3	-83.9		
		4.00	19.4	1.405	7.6	0.1	-95.3		
		5.00	19.4	1.406	7.6	0.0	-104.8		
		6.00	19.4	1.406	7.6	0.0	-112.7		
		7.00	19.4	1.406	7.6	0.0	-119.9		
		8.00	19.4	1.406	7.6	0.0	-126.7		
		9.00	19.4	1.407	7.6	0.0	-132.8		
		10.00	19.4	1.407	7.5	0.0	-137.4		
		11.00	19.4	1.402	7.5	0.0	-144.7		
		12.00	19.4	1.403	7.5	0.0	-148.9		
		13.00	19.4	1.407	7.5	0.0	-152.5		
		14.00	19.4	1.404	7.5	0.0	-155.7		
		15.00	19.4	1.393	7.5	0.0	-156.3		
		16.00	19.4	1.313	7.6	0.0	-143.5		
		17.00	19.4	1.290	7.6	0.0	-131.5		
		18.00	19.4	1.257	7.6	0.2	-98.0		
		19.00	19.4	1.211	7.6	0.3	-77.0		
Pozzo 4	5.30	1.00	19.8	1.288	7.5	1.0	53.0		
		2.00	19.8	1.290	7.5	0.3	33.7		
		3.00	19.8	1.290	7.5	0.1	20.0		
		4.00	19.8	1.290	7.5	0.0	11.0		
		5.00	19.8	1.290	7.5	0.0	4.6		
		6.00	19.8	1.290	7.5	0.0	-1.7		
		7.00	19.8	1.290	7.5	0.0	-9.2		
		8.00	19.8	1.290	7.5	0.0	-13.7		
		9.00	19.8	1.290	7.5	0.0	-17.8		
		10.00	19.8	1.290	7.5	0.0	-20.1		
		11.00	19.8	1.294	7.4	0.0	-23.3		
		12.00	19.8	1.284	7.4	0.0	-25.5		
		13.00	19.8	1.260	7.4	0.0	-29.6		
		14.00	19.8	1.204	7.4	0.0	-30.2		
		15.00	19.8	1.207	7.4	0.0	-25.6		
		16.00	19.8	1.713	7.3	0.0	-8.5		
		17.00	19.8	1.806	7.3	0.0	-3.1		
		18.00	19.8	1.382	7.3	0.0	1.4		
Pozzo 5	3.45	1.00	20.3	1.405	7.6	0.6	85.9		
		2.00	20.4	1.404	7.6	0.3	74.4		
		3.00	20.5	1.405	7.6	0.2	68.2		
		4.00	20.6	1.405	7.5	0.1	64.8		
		5.00	20.8	1.403	7.5	0.0	62.7		
		6.00	20.9	1.403	7.5	0.0	61.5		
		8.00	21.0	1.404	7.4	0.0	59.9		
		10.00	21.1	1.403	7.4	0.0	57.8		
		12.00	21.0	1.402	7.4	0.0	54.8		
		14.00	21.0	1.401	7.5	0.0	51.9		
		16.00	20.9	1.401	7.5	0.0	48.8		
		18.00	20.6	1.490	7.5	0.0	54.3		
		20.00	20.5	1.532	7.6	0.0	60.2		
		21.00	20.4	1.450	7.6	0.0	-15.0		
		Pozzo 6	3.30	1.00	19.9	2.580	7.2	2.6	49.3
				2.00	20.0	2.600	7.2	1.6	49.1
				3.00	20.0	2.600	7.2	1.4	49.4
				4.00	20.0	2.600	7.2	1.3	50.2
				5.00	19.9	2.600	7.2	1.2	51.6
				6.00	19.9	2.600	7.2	1.2	52.6
				8.00	19.9	2.600	7.1	1.2	54.1
10.00	19.9			2.600	7.1	1.2	55.7		
12.00	19.9			2.600	7.1	1.2	55.7		
14.00	19.9			2.600	7.1	1.2	57.3		
16.00	19.9			2.610	7.1	1.2	59.3		
18.00	19.9			2.920	7.1	1.4	66.5		
19.00	19.9			2.790	7.1	1.5	69.9		
19.80	19.9			2.760	6.9	1.5	74.6		
Pozzo 7	1.43			1.00	19.4	6.720	6.6	2.3	163.1
				2.00	20.3	6.720	6.6	1.2	158.6
				3.00	21.1	6.720	6.6	0.8	155.1
				4.00	21.8	6.750	6.6	0.5	152.1
				5.00	21.9	6.770	6.6	0.4	150.1
		6.00	21.9	6.770	6.6	0.4	147.3		
		7.00	21.9	6.770	6.6	0.4	146.4		
		8.00	21.9	6.780	6.5	0.4	144.1		
		9.00	21.9	6.780	6.5	0.4	143.1		
		10.00	21.9	6.780	6.5	0.3	141.1		
		12.00	21.9	6.780	6.5	0.3	140.1		
		14.00	21.9	6.780	6.5	0.3	138.1		
		16.00	21.9	6.830	6.5	0.4	137.1		
18.00	21.8	5.110	6.6	0.4	136.1				
19.00	21.8	5.580	6.7	0.5	135.1				
20.00	21.8	5.110	6.7	0.5	134.1				
21.00	21.6	1.457	7.5	0.9	119.1				
22.00	21.6	0.860	7.4	1.5	155.1				
Pozzo 8	2.26	1.00	19.9	1.296	7.5	2.3	66.7		
		2.00	20.1	1.300	7.5	1.2	53.5		
		3.00	20.1	1.301	7.4	0.7	42.9		
		4.00	20.1	1.300	7.4	0.3	32.2		
		5.00	20.1	1.302	7.4	0.1	21.5		
		6.00	20.1	1.301	7.4	0.1	13.4		
		7.00	20.1	1.299	7.4	0.1	11.0		
		8.00	20.1	1.301	7.4	0.0	9.2		
		9.00	20.1	1.303	7.4	0.0	6.7		
		10.00	20.1	1.301	7.4	0.0	6.7		
		11.00	20.1	1.301	7.3	0.0	5.5		
		12.00	20.0	1.301	7.3	0.0	4.4		
		13.00	20.0	1.305	7.2	0.0	4.1		
		14.00	20.0	1.306	7.2	0.0	5.0		
		15.00	20.0	1.325	7.3	0.0	9.6		
		16.00	20.0	1.335	7.3	0.0	12.5		
		17.00	19.9	1.340	7.3	0.0	15.7		
		18.00	19.9	1.336	7.3	0.0	19.4		
		19.00	19.9	1.342	7.3	0.0	21.7		
		20.00	19.9	1.330	7.3	0.0	24.5		
		21.00	19.9	1.319	7.6	0.0	19.1		
		22.00	19.8	1.314	7.5	0.0	20.1		