

Snamprogetti	CLIENTE Syndial e Società coinsediate	COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB		
	LOCALITA' Porto Marghera (VE)	SPC. 65-BD-E-94004			
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto definitivo di bonifica della di falda	Fg. 1 di 86	Rev.		
			1		

Stabilimento Petrolchimico di Porto Marghera (VE)

**PROGETTO DEFINITIVO DI BONIFICA
DEL SITO SYNDIAL (DM 471/99)**

PROGETTO DEFINITIVO DI BONIFICA DELLA FALDA

Syndial e Società Coinsediate

VOLUME V

NUOVO PETROLCHIMICO

Relazione tecnica

1	Emissione	Molinelli	Pieroni	D'Emilio	11/10/05
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 2 di 86	Rev.
	1

INDICE

1	<u>SCOPO ED OBIETTIVI</u>	<u>5</u>
2	<u>INQUADRAMENTO DEL SITO</u>	<u>6</u>
2.1	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	6
2.2	DESCRIZIONE DELL'INSEDIAMENTO INDUSTRIALE	6
2.3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-IDROGEOLOGICO	13
2.3.1	CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE	13
2.3.2	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE.....	15
2.3.3	ATTUALE CAMPO DI MOTO DELLA PRIMA FALDA.....	18
3	<u>SINTESI DEI PIANI DI CARATTERIZZAZIONE</u>	<u>22</u>
3.1	CARATTERIZZAZIONI AMBIENTALI ESEGUITE.....	22
3.2	STATO QUALITATIVO ACQUE DI FALDA.....	22
4	<u>PROGETTO DEFINITIVO DI BONIFICA DELLA FALDA</u>	<u>24</u>
4.1	OBIETTIVI DI PROGETTO.....	24
4.1.1	OBIETTIVI DI BONIFICA DEL DCS	24
4.2	DESCRIZIONE DELLE AREE DI INTERVENTO	27
5	<u>DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI BONIFICA MEDIANTE DRENAGGIO</u>	<u>29</u>
5.1	APPROCCIO DI BONIFICA E TIPOLOGIE DI OPERE DI DRENAGGIO	29
5.2	DESCRIZIONE GENERALE DELLA TECNOLOGIA TOC	30
5.2.1	GENERALITÀ	30
	<i>Esecuzione del foro pilota</i>	<i>30</i>
	<i>Alesatura del foro</i>	<i>31</i>
	<i>Tiro e posa della tubazione (colonna di varo)</i>	<i>31</i>
5.2.2	INDAGINI PRELIMINARI ALLA TOC	31
	<i>Indagini per la mappatura del sottosuolo</i>	<i>31</i>
	<i>Indagini per la caratterizzazione del sottosuolo</i>	<i>32</i>
5.2.3	MODALITÀ DI REALIZZAZIONE DEL DRENO ORIZZONTALE	32
	<i>Criteri di scelta della tubazione filtro.....</i>	<i>34</i>
	<i>Posa in opera e sistema di guida</i>	<i>34</i>
	<i>Fluidi di perforazione</i>	<i>35</i>
	<i>Separazione idraulica degli acquiferi</i>	<i>36</i>
	<i>Montaggi meccanici ed elettrostrumentali</i>	<i>37</i>
	<i>Completamento delle teste pozzo</i>	<i>40</i>
	<i>Collaudo e messa a regime dell'opera</i>	<i>40</i>

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 3 di 86	Rev.
	1

5.3	DESCRIZIONE GENERALE DEI DRENI VERTICALI.....	42
5.3.1	MODALITÀ ESECUTIVE	42
5.3.2	PULIZIA E SPURGO DEI DRENI VERTICALI	44
5.3.3	COLLAUDO E MESSA A REGIME DELL'OPERA	45
5.3.4	EQUIPAGGIAMENTO DEI DRENI VERTICALI	46
	<i>Montaggi meccanici ed elettrostrumentali</i>	<i>46</i>
	<i>Completamento delle teste pozzo</i>	<i>48</i>
6	<u>ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE.....</u>	50
6.1	SISTEMAZIONE ED ALLESTIMENTO AREE DI CANTIERE	50
6.2	VERIFICA SERVIZI E SOTTOSERVIZI	51
6.3	PREPARAZIONE VASCHE DI RACCOLTA MATERIALE E FANGHI DI RISULTA DALLE ESCAVAZIONI	51
6.4	RIPRISTINI FINALI.....	51
7	<u>CONTROLLO DI QUALITÀ' SUGLI INTERVENTI EFFETTUATI E SUI MATERIALI UTILIZZATI</u>	53
7.1	REALIZZAZIONE DRENI ORIZZONTALI	53
7.1.1	PRIMA DELL'INIZIO DELLA TRIVELLAZIONE	53
7.1.2	DURANTE LE OPERAZIONI DI TRIVELLAZIONE.....	54
7.1.3	FINE LAVORI.....	54
7.2	REALIZZAZIONE DRENI VERTICALI	55
7.3	RITOMBAMENTO DEGLI SCAVI.....	55
7.4	MATERIALI UTILIZZATI.....	55
8	<u>PIANO DI MANUTENZIONE DELLE OPERE.....</u>	56
8.1	DRENI ORIZZONTALI	56
8.2	DRENI VERTICALI	56
9	<u>MODALITÀ' DI GESTIONE DEI MATERIALI DI RISULTA</u>	57
9.1	TERRENI E FANGHI DI RISULTA DALLE PERFORAZIONI ORIZZONTALI	57
9.2	REFLUI PRODOTTI DURANTE LE OPERAZIONI DI SPURGO E COLLAUDO DELLE POSTAZIONI DRENANTI.....	57
10	<u>MONITORAGGIO</u>	58
10.1	MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA.....	58
10.1.1	MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	58
	<i>Monitoraggio dell'esposizione giornaliera</i>	<i>58</i>
	<i>Determinazione del "bianco"</i>	<i>58</i>
	<i>Monitoraggio durante i lavori</i>	<i>59</i>
	<i>Campionamento in tempo reale</i>	<i>60</i>
10.2	MONITORAGGIO POST-OPERAM	61

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 4 di 86	Rev.
	1

10.2.1	MONITORAGGIO PIEZOMETRICO.....	61
10.2.2	MONITORAGGIO QUALITATIVO	64
11	<u>MODALITA' DI LAVORO E CRITERI DI PROTEZIONE AMBIENTALE</u>	66
12	<u>CRITERI PER IL CALCOLO ED IL DIMENSIONAMENTO DEI DRENI ORIZZONTALI.....</u>	68
12.1	CALCOLO DEL PERCORSO DI PERFORAZIONE.....	68
12.1.1	VERIFICA DEL PERCORSO DI PERFORAZIONE.....	70
12.2	CALCOLO DELLA SOVRALESATURA.....	70
12.2.1	CALCOLO DEI PASSAGGI DI ALESATURA INTERMEDI.....	70
12.3	CALCOLO DEL TIRO	71
12.3.1	CALCOLO DEL TIRO MINIMO.....	71
12.3.2	CALCOLO DEL TIRO MASSIMO	73
12.4	PIANO PROGETTUALE D'INTERVENTO	74
13	<u>CRONOPROGRAMMA DELLE ATTIVITA'.....</u>	75
14	<u>STIMA DEI COSTI DELL'INTERVENTO</u>	76
14.1	ELENCO VOCI.....	77

SPECIFICA TECNICA PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI E PER I MATERIALI UTILIZZATI

TAVOLE DI PROGETTO

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 5 di 86	Rev.
	1

1 SCOPO ED OBIETTIVI

Scopo del presente documento è descrivere gli interventi finalizzati al Drenaggio Controllato di Sito (DCS) nel Nuovo Petrolchimico.

L'intervento di DCS rappresenta un'iniziativa di sito finalizzata alla risoluzione coordinata delle problematiche ambientali delle acque sotterranee da parte di tutte le Società Coinsediate.

Gli interventi previsti come DCS si inquadrano come opere di bonifica delle acque di falda mediante *pump and treat*.

Come dettagliatamente sviluppato nei capitoli che seguono, si ritiene che il DCS operato in prima falda avrà effetti indotti anche sulle acque di saturazione del riporto, visto il comportamento tipo *aquitard* dello strato di separazione idraulica, denominato "livello impermeabile superiore".

Tuttavia, al fine di accelerare il processo di bonifica delle acque di falda, sono state progettate anche opere drenanti specifiche per le acque di impregnazione nel riporto (cfr. VOLUME VI).

L'utilità di ricorrere ad un drenaggio localizzato in specifiche aree di intervento, selezionate mediante modellazione matematica, deriva dalla necessità di minimizzare le postazioni drenanti e di ottimizzare i prelievi, in considerazione della particolare configurazione morfologica della penisola e della posizione fronte laguna dello Stabilimento.

L'intervento descritto nei capitoli che seguono è parte integrante del progetto di DCS di tutto lo Stabilimento di Porto Marghera (Nuovo e Vecchio Petrolchimico).

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 6 di 86	Rev.
	1

2 INQUADRAMENTO DEL SITO

2.1 Inquadramento geografico

Il polo industriale di Porto Marghera (Comune di Venezia) si estende su una superficie di circa 2000 ha ed è diviso in 2 zone (1^a e 2^a zona industriale); esso si sviluppa nella parte centrale della laguna (circa 5 km a nord-ovest del centro storico di Venezia) ed è delimitato, su due lati, dalle aree residenziali di Mestre, Marghera e Malcontenta.

La penisola del Nuovo Petrolchimico, oggetto del presente documento, si estende su una superficie di ca. 470 ha ed è limitata a S dal Canale Industriale Sud, ad E dal Canale San Leonardo-Marghera, a NE dal Canale Industriale Ovest e a NW dal Canale Lusore-Brentelle/Darsena della Rana.

L'area di intervento ricade nella tavoletta "Mestre" in scala 1:25000 del foglio I.G.M. n. 51 II NO della Carta Topografica d'Italia.

2.2 Descrizione dell'insediamento industriale

Morfologicamente l'area del Nuovo Petrolchimico si presenta regolare e generalmente pianeggiante, con quote topografiche variabili da ca. -0,5 m a ca. 4,5 m s.l.m..

Gran parte del Petrolchimico è nato per imbonimento di un'area barenale con rifiuti provenienti dalla prima zona Industriale intrappolando, quindi, acque lagunari che, tra l'altro, interessavano in origine anche i terreni dell'attuale prima falda.

Nella **Figura 2.2/A** sono raffigurate le macro-zone in cui è stato suddiviso il Nuovo Petrolchimico; in **Tabella 2.2/A** sono indicate informazioni sulla superficie e sulle Società insediate all'interno di ogni macro-zona individuata.

Per informazioni più dettagliate sulla distribuzione delle aree di proprietà delle diverse Società Coinsediate si rimanda alla **TAV. 1 (DIS.65-BL-B-94504)** allegata.

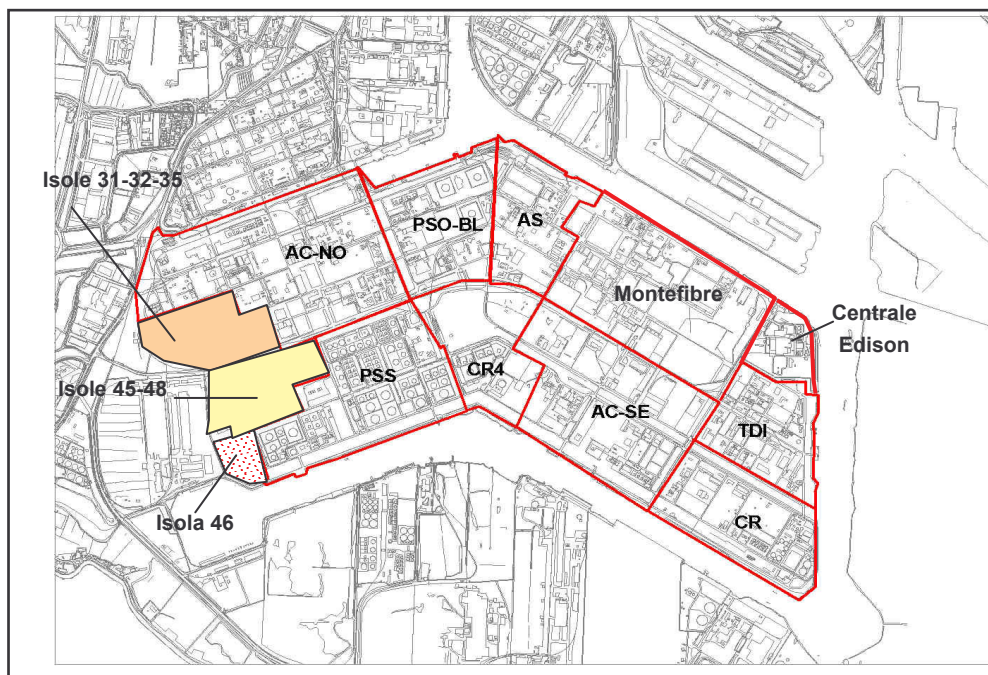


Fig. 2.2/A: Nuovo Petrolchimico di Porto Marghera – Aree di Stabilimento

MACRO-ZONE	Definizione	Società Coinsediate Firmatarie	Altre Società	Area (m ²)
AC-NO	Aree comuni nord-ovest	Syndial; EVC; Solvay Solexis; DOW Poliuretani; Polimeri Europa; Transped s.r.l.	3VCPM S.p.A.	734867
PSO-BL	Parco serbatoi ovest – banchina liquidi	Syndial; Edison; EVC; Polimeri Europa	-	359185
AS	Acido solforico	Syndial	-	289619
CR4	Impianto	Polimeri Europa; EVC; Syndial	-	315435
AC-SE	Aree comuni sud-est	Syndial; Polimeri Europa; EVC; Edison	-	635944
TDI	Zone 59-60-61	Syndial; DOW Poliuretani; Edison	-	291771
CR	Cracking	Polimeri Europa; MA.S.I.; Syndial	-	392017
PSS	Parco Serbatoi Sud	Polimeri Europa; Syndial; MA.S.I.; DOW Poliuretani, EVC	-	526294
Montefibre	Impianti	Montefibre	-	630000
Edison	Centrale	Edison	-	108683
Isola 46	Area libera	Syndial	-	48000
Isola 31-32-35	Area libera messa in sicurezza permanente	Syndial; EVC	-	190000
Isola 45-48	Area libera messa in sicurezza permanente (in corso)	Syndial	-	184000
TOTALE SUPERFICIE NUOVO PETROLCHIMICO				4 705 815

Tab. 2.2/A: Nuovo Petrolchimico di Porto Marghera – Macrozone produttive e società coinsediate in ogni area

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 8 di 86	Rev.
	1

Si riporta di seguito una breve descrizione dell'insediamento industriale del Nuovo Petrolchimico desunta dai Piani di Caratterizzazione relativamente alle aree di proprietà Syndial, MASI, Polimeri Europa, Edison e Dow.

Le aree di proprietà Syndial occupano una superficie di ca. 1'500'000 m² (150 ettari).

Di seguito è riportata una tabella di sintesi con l'elenco degli impianti storicamente attivi nelle aree di studio.

IMPIANTI	PRODUZIONI	ANNO AVVIO	ANNO FERMATA
Linea cloruro di polivinile			
PA2-PA3	Plastificanti e anidride italice	1957-60	1997
Linea inorganici			
AS2	Acido solforico	1956	In fase di dismissione
AS3	Nitrato ammonico	1956	attivo
AS4	Reparto stoccaggio prodotti	1956	attivo
AS5	Acido nitrico concentrato	1956	In fase di dismissione
AS7	Solfato ammonico	1956	In fase di dismissione
AS9	Solfato ammonico soluzione	1960	In fase di dismissione
AS11	Oleum 105%-Oleum 115%	1966	In fase di dismissione
AS12	Solfato sodico ammonico	1966	In fase di dismissione
AS13	Solfato ammonico granuli	1966	In fase di dismissione
Linea caprolattame			
PR15	Idrammina	1961	In fase di dismissione
PR16-19	Caprolattame	1961	In fase di dismissione
Linea metacrilati			
MT2	Metilmetacrilato polimero	1964	1968

Le aree di proprietà di MA.S.I. sono ubicate nel settore sud-orientale del petrolchimico di Porto Marghera (VE) - fatta eccezione per 3 serbatoi interni al Parco Serbatoi Sud - e si estendono su una superficie complessiva di circa 85'000 m².

Allo stato attuale nell'area di studio si evidenziano i seguenti impianti produttivi e/o strutture logistiche principali:

Impianto biologico

L'impianto biologico SG31 consente la depurazione delle acque reflue conferite dagli impianti produttivi insediati all'interno del sito multisocietario di Porto Marghera tramite una componente microbica specializzata che provvede, attraverso i processi metabolici, ad utilizzare le sostanze organiche e azotate contenute nelle acque stesse in nuova biomassa e cataboliti non dannosi per l'ambiente esterno.

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 9 di 86	Rev.
	1

Impianto di incenerimento

Il processo di incenerimento comprende le seguenti operazioni:

- *stoccaggio ed alimentazione fanghi (D501A/B);*
- *stoccaggio ed alimentazione rifiuti liquidi (serbatoi D601+605, D304, D631, D632, D555);*
- *incenerimento (forno BE551/A);*
- *sistema di abbattimento fumi (C601, C602 e C603);*
- *trattamento terziario fumi (filtro e maniche);*
- *ispessimento e filtrazione ceneri (A501);*
- *analisi in continuo delle emissioni.*

In particolare lo stoccaggio ed alimentazione fanghi consiste in: accumulare i fanghi in serbatoi di servizio (D501A/B), disidratarli mediante centrifugazione ed alimentarli al forno BE551/A attraverso apposite pompe ad alta pressione.

Le aree di proprietà Polimeri Europa, ubicate all'interno del polo industriale di Porto Marghera si estendono su una superficie complessiva di 105 ettari circa (**Tab. 2.2/B**) ed occupano, per la gran parte, la porzione meridionale della Penisola della Chimica.

Unità produttiva	Superficie totale (m ²)
Cracking	117'000
CR20-23 (dicloropentadiene)	14'000
CR7 (spent caustic)	380
Butadiene	9'550
Area torce	52'200
Centro Ricerche	13'032
Logistica – Parco serbatoi sud	566'600
Parco serbatoi ovest	2'500
Banchina liquidi	32'960
Trincea canale industriale sud	189'670
Trincea lato est	14'600
Banchine 33/34	41'300
TOTALE	1'053'792

Tab. 2.2/B – estensione aree di proprietà

La zona di interesse si presentava, fino ai primi anni '50, estremamente articolata, con una configurazione geomorfologica tipica di un ambiente lagunare, subpianeggiante e caratterizzata dall'attraversamento di numerosi canali artificiali. In particolare si segnala il canale Bondante di sopra, noto anche come «ex canale di raccordo», che con il suo sviluppo perfettamente rettilineo in direzione NO-SE, metteva in comunicazione il canale Brentelle con il naviglio del Brenta.

Nella seconda metà degli anni '50 venne avviata la costruzione dei primi serbatoi del Parco Serbatoi Sud.

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 10 di 86	Rev.
	1

Nel periodo 1969-1973 venne costruito il «cracking» (CR), che diventerà impianto portante del petrolchimico in quanto fornitore di etilene e propilene indispensabili per le produzioni degli stabilimenti di Porto Marghera, Ferrara e Mantova. Nello stesso periodo venne ampliato il Parco Serbatoi Sud verso ovest ed avviata la realizzazione dell'impianto di stoccaggio gpl denominato CR4. Nel 1988 venne avviato l'impianto CR8 per la produzione di Butadiene. Allo stato attuale nell'area di studio si evidenziano i seguenti impianti produttivi e/o strutture logistiche principali:

GESTIONE CHIMICA DI BASE (CHIBA)

- Cracking;
- CR8 Butadiene.

LOGISTICA

- Parco Serbatoi Sud;
- CR4;
- Banchina Liquidi.

Nelle aree *DOW 59-61* è presente il ciclo produttivo del Toluendiisocianato (TDI), il quale rappresenta la materia prima per la produzione di Poliuretani.

Di seguito vengono sinteticamente descritti:

- processi e impianti presenti in sito, con indicazione delle principali materie prime e sostanze e preparati pericolosi impiegate;
- altre infrastrutture presenti nell'area (serbatoi, zone di carico e scarico, cabine elettriche, ecc.).

Processi ed impianti

Impianto TD1 – Impianto per la produzione di Dinitrotoluolo (DNT).

Il DNT viene ottenuto per reazione fra toluolo e acido nitrico in presenza di acido solforico che agisce da promotore della reazione e da disidratante dell'acqua di reazione che si forma come sottoprodotto.

Impianto TD7 - Impianto per la purificazione e concentrazione dell'Acido Solforico di riciclo.

La sezione TD7 è stata avviata a fine 1996 in sostituzione della sezione di purificazione dell'Acido Solforico con Urea e Toluene, dimessa ed in parte smantellata. L'impianto comprende una sezione di depurazione/ strippaggio dell'Acido Solforico e una sezione di concentrazione dell'Acido Solforico diluito e preventivamente depurato. L'Acido Solforico ottenuto si ricicla nell'impianto TD1.

Impianto TD3 - Impianto per la produzione di Metatoluendiammina (MTDA).

La produzione di MTDA avviene per reazione tra Dinitrotoluene (DNT) e Idrogeno in presenza di catalizzatore al palladio; come sottoprodotto della reazione si ottiene acqua.

Forno inceneritore

E' una sezione del TD3, ubicata a Sud del TD5. Trattasi di un impianto di trattamento reflui liquidi e gassosi costituito da un forno inceneritore per

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 11 di 86	Rev.
	1

combustione. In particolare ci sono 2 forni (B502/2 e B502/1) di cui il secondo è di scorta. I reflui liquidi trattati sono peci altobollenti provenienti dal TD5, acque amminiche provenienti dal TD3 e acque basiche provenienti dal TD1. I reflui gassosi invece provengono dagli impianti TD1, TD3, TD5 e TD7.

Impianto TD4 - Impianto per la produzione di Fosgene.

Il fosgene (COCl_2) viene ottenuto per reazione fra ossido di carbonio (CO) e cloro (Cl_2) allo stato gassoso su catalizzatore costituito da carbone attivato.

Impianto TD5 - Impianto per la produzione di Toluendiisocianato (TDI).

Il toluendiisocianato (TDI) si ottiene per reazione fra la metatoluendiammina (MTD) ed il fosgene in presenza di diclorobenzolo (DCB) come solvente; i sottoprodotti sono l'acido cloridrico e composti altobollenti.

Impianto DOWTHERM

Impianto diatermico a circolazione d'olio, di supporto al TD5 e TD3. Attualmente viene utilizzato olio Aertherm/320 (olio minerale paraffinico raffinato).

Impianto TD6 - sezione dove viene confezionato e spedito il prodotto finito (TDI).

Il TDI purificato è prima inviato in un serbatoio dove viene aggiunto Chimec I 135 (stabilizzante per il colore), poi stoccato nei serbatoi dove, se necessario, si effettua la correzione dell'acidità con aggiunta di benzoile cloruro.

Nuovo reparto TD12 (HYCO) - Impianto per la produzione di ossido di carbonio e idrogeno.

L'impianto TD 12 produce ossido di carbonio e idrogeno utilizzando la tecnologia dello steam - reforming abbinata a quella criogenica, utilizzando come materia prima metano e acqua.

Altre infrastrutture

Nel sito sono presenti anche altre infrastrutture, tra le quali segnaliamo:

- Serbatoi fuori terra: acido solforico (nord TD7), parco serbatoi TD1 (a sud di TD3), serbatoi acido muriatico (a sud di TD5).
- Cabina elettrica, ubicata nel settore nord dell'area.
- Torri di raffreddamento acque (zona nord-est).
- Officina meccanica (zona sud est).
- Serbatoi di stoccaggio acque reflue (zona sud est del sito).
- Aree di stoccaggio rifiuti.
- Uffici (zona nord del sito, a lato della cabina elettrica).
- Aree di carico e scarico materie prime e prodotti finiti.

Per le aree Edison sono da segnalare, per le diverse aree di proprietà interne al NP:

PSO-BL:

Stazione elettrica III. Area di superficie pari a 17100 m², destinata alla trasformazione ed alla distribuzione d'energia elettrica, con presenza di trasformatori, tralicci e linee. Attualmente, nell'area non sono presenti stoccaggi di prodotti chimici. A memoria storica, non risulta che tali aree siano state utilizzate per lo stoccaggio permanente di sostanze chimiche.

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 12 di 86	Rev.
	1

AC-SE:

Stazione elettrica IV. Area di superficie pari a 13600 m², destinata alla trasformazione ed alla distribuzione d'energia elettrica, con presenza di trasformatori, tralicci e linee. Attualmente, nell'area non sono presenti stoccaggi di prodotti chimici. A memoria storica, non risulta che tali aree siano state utilizzate per lo stoccaggio permanente di sostanze chimiche.

TDI:

Gruppo di trasformatori appartenenti alla stazione IV, che occupano una superficie pari a 1600 m².

EDISON:

Centrale Termoelettrica di Marghera Levante. Il sito occupa un'area pari circa a 109000 m². L'impianto è dedicato alla produzione di energia elettrica e vapore mediante ciclo combinato (turbogas con caldaia a recupero). La produzione complessiva d'energia è pari a 4,8 milioni di MWh/anno. L'area della C.T.E. Levante è stata destinata ad attività di produzione d'energia a partire dagli anni '60, con alimentazione a olio combustibile fino all'inizio degli anni '90, quando è avvenuta la conversione a metano. Fino al 2000 la centrale ha funzionato a ciclo combinato con due caldaie tradizionali e con due unità turbogas con caldaia a recupero. Successivamente, sono stati eseguiti lavori di risanamento ambientale con ripotenziamento della centrale termoelettrica. Tale intervento, motivato dalla necessità di ridurre le emissioni in atmosfera di monossido di carbonio e ossidi d'azoto, previsto dall'Accordo di programma per la chimica di Porto Marghera, ha comportato come modifiche principali la realizzazione di un'unità turbogas da 250 MW per produzione vapore, la fermata delle due caldaie di tipo tradizionale, e nuovi collegamenti elettrici da 30 kV e 220 kV per l'esportazione del maggiore quantitativo d'energia prodotta a seguito del recupero d'efficienza.

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 13 di 86	Rev.
	1

2.3 Inquadramento geologico-idrogeologico

2.3.1 Caratteristiche litostratigrafiche

Dagli studi finora realizzati, ed in particolare dagli esiti delle caratterizzazioni eseguite, è stata ricostruita la litostratigrafia del sito secondo la successione di seguito riportata:

La successione dei terreni, sotto il profilo stratigrafico, è piuttosto eterogenea e caratterizzata dalla presenza di strati granulari (a prevalente componente sabbiosa), alternati a strati coesivi (a componente predominante più fine), entrambi generalmente interessati da interdigitazioni laterali ed intercalazioni di livelletti centimetrici di materiale di transizione prevalentemente limosi.

In tali condizioni, è tuttavia possibile operare una schematizzazione in livelli litostratigrafici macroscopici, che possono essere distinti in relazione alla predominanza dei litotipi a granulometria fine su quelli a granulometria più grossolana e viceversa.

1) *Terreni e materiali eterogenei di riporto* (presenti da 0,0 m a 1,0÷7,6 m dal p.c., con spessore medio valutabile intorno a 3,5÷4,0 m).

La copertura artificiale di riporto è di natura molto eterogenea ed è generalmente rappresentata da sabbie frammiste a ghiaia, ciottoli e frammenti di laterizi, sabbie fini e limose, argille, limi argillosi e sabbiosi con veli e punti di sostanze organiche vegetali.

In linea generale, lo spessore, pur con un elevato grado di variabilità, si mantiene quasi ovunque al di sopra dei 3 m; spessori inferiori sono circoscritti a settori molto limitati di Stabilimento. In particolare, la presenza del riporto tende ad aumentare in modo significativo:

- nel settore Nord - Occidentale (Aree Comuni Nord-Ovest) dove si riscontrano frequentemente valori superiori ai 5÷6 m;
- nella zona Centro - Occidentale, lungo l'asse del vecchio Canale di Raccordo e nel settore CR4, con valori in genere superiori ai 4 m e localmente ai 5 m;
- nella porzione orientale (zona TDI e settore CR), dove si registrano valori spesso al di sopra dei 4 m, con punte superiori ai 5÷6 m.

Come si desume dall'analisi di vecchie cartografie, il riscontro di volumi di riporto così elevati trova spiegazione nel fatto che l'area, in passato, era segnata da numerose irregolarità morfologiche, con presenze di canali e ristagni d'acqua successivamente ritombati e ricoperti con terreni e materiali di natura eterogenea.

2) *Argille, limi argillosi e torbe (caranto)*

Tale livello è rinvenibile sotto lo strato di riporto, da 1,0÷7,6 m a 2,6÷13,9 m dal p.c., con uno spessore medio dell'ordine di 4÷4,5 m ed è costituito da:

- argille da debolmente limose a limose, di colore da grigio a nocciola, talora con noduli e venature nerastre e tracce di sostanze organiche vegetali;

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 14 di 86	Rev.
	1

- limi argillosi, a luoghi debolmente sabbiosi, compatti, di colore da grigio a nocciola, con locale presenza di veli di argilla, concrezioni carbonatiche e venature ocracee o nocciola;
- livelli torbosi a matrice limosa o argillosa, di colore da marrone a marrone scuro.

Gli spessori variano da valori minimi dell'ordine del metro fino a valori superiori agli 8 m, e risultano in genere consistenti ed in particolare tendono ad accentuarsi in corrispondenza:

- del settore Settentrionale (settori Parco Serbatoi Ovest - Banchina Liquidi e AS), dove si registrano quasi ovunque valori superiori ai 6÷7 m, con punte al di sopra degli 8 m;
- dell'estrema parte nord - occidentale, a ridosso del Canale Brentelle (Aree Comuni Nord - Ovest), dove i valori rilevati raggiungono i 7÷8 m;
- della porzione Settentrionale delle Aree Comuni Sud - Est, prospiciente l'area Montefibre, con valori in genere superiori ai 4÷5 m e localmente ai 6÷7 m.

I minimi sono invece rinvenibili nella parte centrale dell'area (settore CR4), con valori dell'ordine del metro. In alcuni settori il caranto viene a mancare prevalentemente per cause antropiche o perde parte della sua continuità a causa della presenza di pali e/o altre infrastrutture sepolte.

3) *Depositi prevalentemente sabbiosi (acquifero primario)*

Trattasi di sabbie da medie a fini, da debolmente limose a limose, di colore grigio; è inoltre segnalata la presenza di elementi di discontinuità rappresentati da lenti e livelli di argille e limi argillosi.

Tale livello, rinvenibile con continuità da circa 2,6÷13,9 m a 8,7÷16,9 m/p.c. (mediamente ad una profondità di circa 14÷15 m/p.c.), ha uno spessore medio valutabile intorno ai 4,5-5 m (con minimi dell'ordine del metro e massimi superiori ai 10 m).

Gli spessori di questo livello, che ospita la prima falda, sono variabili all'interno del Petrolchimico:

- lo spessore si attesta su valori medio - elevati (6÷7 m) in tutto il settore centrale dello Stabilimento, con massimi superiori agli 8÷9 m;
- progressivi incrementi vengono registrati, oltre che verso la porzione centrale dell'area sopra citata, anche verso il Canale Industriale Sud (nel settore sud - est ed estremo settore sud - ovest);
- particolari accentuazioni (fino a valori al di sopra dei 6÷7 m) sono inoltre riscontrabili nel settore nord - ovest (in prossimità delle isole 31-32);
- riduzioni significative sono invece evidenziate nel settore orientale (margine area Montefibre e zona TDI), dove si scende fino a valori dell'ordine dei 2÷3 m).

4) *Argille, limi argillosi e torbe*

Tale livello impermeabile, presente da 8,7÷16,9 m a 15,0÷20,8 m dal p.c., è rappresentato da alternanze di argille limose, limi argillosi di colore grigio e livelli di torba marrone scuro; si rilevano, a luoghi, piccoli livelli o veli limosi - sabbiosi.

Lo spessore è variabile da valori dell'ordine del metro ad oltre 8,5 m, con una media di circa 4 m. Lo strato è rinvenibile mediamente oltre i 14 m da p.c., con

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 15 di 86	Rev.
	1

punte oltre i 16 m (zone settentrionali) e minimi dell'ordine dei 12 m (settore CR4, Parco Serbatoi Sud, porzione nord dell'area TDI, ed estrema parte meridionale del settore Aree Comuni Sud - Est).

Nella **TAV. 2 (DIS. 65-BL-B-94505)** allegata sono mostrate le sezioni litostratigrafiche longitudinali e trasversali del Nuovo Petrolchimico.

2.3.2 Caratteristiche idrogeologiche

Sulla base di quanto esposto al paragrafo precedente, risulta evidente che le condizioni idrogeologiche dell'area risultano fortemente condizionate dall'assetto lito-strutturale descritto.

Nonostante le non trascurabili difficoltà interpretative, suscitate dalla presenza di litotipi estremamente eterogenei, con soventi passaggi verticali ed interdigitazioni orizzontali fra depositi a prevalente componente sabbioso-limosa e depositi a componente più fine predominante, gli elementi idrogeologici essenziali dell'area possono essere comunque definiti con un buon grado di approssimazione.

In particolare, nel sottosuolo dell'area indagata, il sistema idrico sotterraneo è in pratica assimilabile ad un sistema multistrato, in cui si riconoscono livelli acquiferi sovrapposti ed idraulicamente ben definiti (la compartimentazione idraulica è stata rilevata con buona approssimazione su tutta l'area di interesse, ad eccezione di limitati settori, come ad esempio in area Montefibre).

Da un punto di vista stratigrafico, procedendo dall'alto verso il basso, è possibile riconoscere la seguente sequenza idrogeologica:

- 1) Un primo livello di saturazione idrica superficiale (*acque d'impregnazione nel riporto*¹), ospitato all'interno dei terreni e materiali di riporto eterogenei, di entità molto modesta e strettamente connessa con il regime delle precipitazioni meteoriche. In realtà, non si tratta di una vera e propria falda, ma di accumuli idrici sotterranei discontinui, in grado di saturare gli strati relativamente più permeabili. Queste acque si vengono a raccogliere al di sopra del primo livello impermeabile superiore (caranto) riscontrabile nel sottosuolo.

- 2) Un *Acquifero primario*, rappresentato da depositi a prevalente componente sabbiosa, presenti mediamente fino a profondità di circa 14÷15 m/p.c., con punte di oltre 16 m, che si presentano spesso come corpi lenticolari di spessore variabile ed intercomunicanti fra loro.

Tale orizzonte, il cui spessore medio è valutabile intorno ai 4,5-5 m, è rinvenibile sotto il livello impermeabile superiore ed è da quest'ultimo confinato. Pertanto, la falda in esso localizzata rappresenta la prima falda acquifera presente nel sottosuolo (*prima falda*).

L'acquifero primario è sostenuto alla base da un complesso litologico argilloso – limoso pressoché impermeabile continuo su tutta l'area (*secondo livello impermeabile*).

¹ In precedenti relazioni tali acque sono state identificate con la nomenclatura di "falda nel riporto" e "falda superficiale". Attualmente, visti i risultati delle indagini condotte, le difficoltà di estrazione di acque da questa porzione del sottosuolo e la presenza di aree a diverso grado di saturazione, si ritiene che la definizione di "livelli idrici di saturazione del riporto o "acque di impregnazione nel riporto" meglio rappresenti la reale presenza di acqua in tali materiali.

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fig. 16 di 86	Rev.
	1

Lo schema litostratigrafico e la successione idrogeologica dei depositi nel NP è mostrato in **Figura 2.3.2/A**, mentre in **Figura 2.3.2/B** è mostrata una sezione nord-sud attraverso il NP.

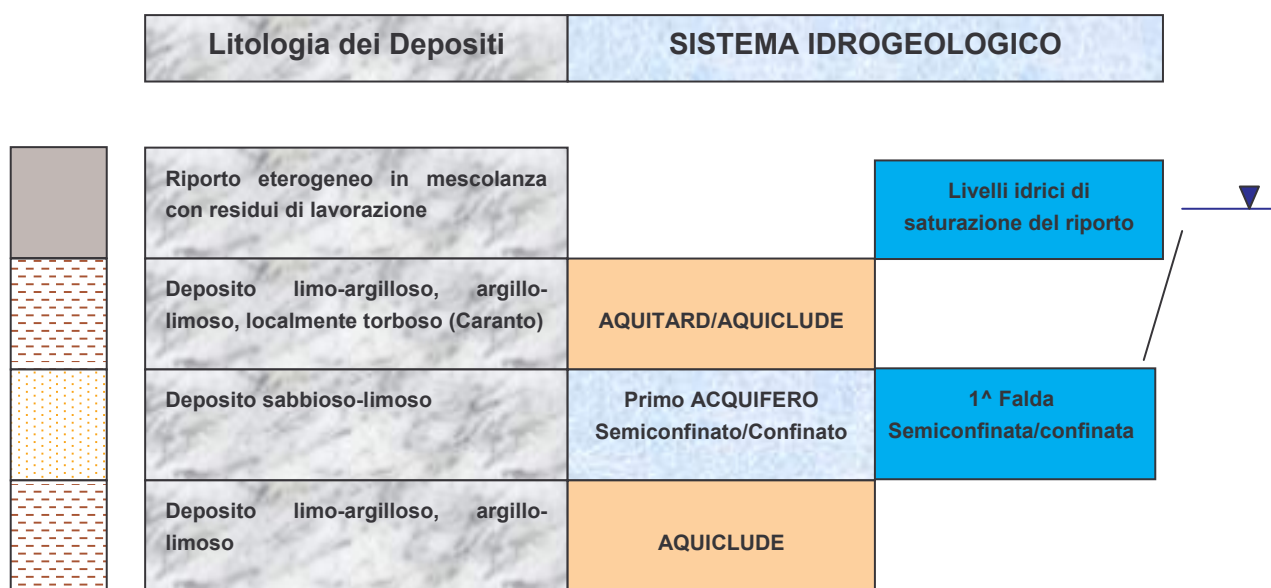


Fig. 2.3.2/A - Schema litostratigrafico e successione idrogeologica dei depositi

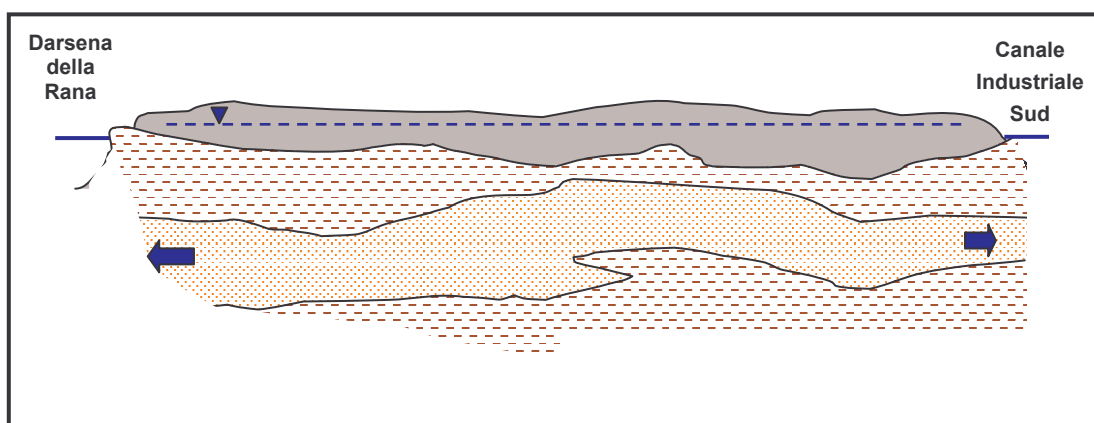


Fig. 2.3.2/B: schema litostratigrafico secondo la direttrice nord – sud

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 17 di 86	Rev.
	1

La presenza di discontinuità nel livello impermeabile superiore (caranto) permette di attribuire a questo strato un comportamento di tipo *aquiclude* a piccola scala e di tipo *aquitard* a grande scala.

La differenza di carico idraulico esistente fra livelli idrici di impregnazione nel riporto e prima falda (generalmente il carico idraulico della prima falda risulta più basso rispetto alle acque presenti nel riporto) è prevalentemente dovuta al fatto che nel riporto si vengono ad accumulare le acque di infiltrazione meteorica. Queste, gradualmente, ricaricano la prima falda attraverso un flusso essenzialmente verticale che avviene lungo le discontinuità presenti nello strato di separazione idraulica, ovvero per drenanza.

Le acque del primo acquifero risultano da semiconfinate a confinate (e pertanto in pressione e con caratteristiche di risalienza all'interno dei piezometri ivi completati) a seconda della presenza e della continuità dell'*aquitard/aquiclude* di separazione.

La circolazione idrica sotterranea della prima falda avviene, in questo caso, secondo vettori di flusso a componente predominante orizzontale.

Uno schema della circolazione idrica sotterranea nel sistema idrogeologico in esame è mostrato in **Figura 2.3.2/C**.

In sintesi, il sistema idrogeologico in esame è costituito da un flusso prettamente verticale nel riporto ed un flusso prettamente orizzontale nel primo acquifero in pressione.

Non sono comunque da escludere, in alcuni settori di Stabilimento, flussi idrici in direzione orizzontale anche per le acque di impregnazione nel riporto. Le attività di drenaggio mediante *wellpoint*, previste come intervento di misure di sicurezza in alcuni settori di Stabilimento, permetteranno di verificarne l'effettiva produttività.

Ai fini progettuali, sono state raccolte tutte le informazioni idrogeologiche di interesse, archiviate nella Banca Dati di Progetto (aggiornate ad ottobre 2004).

Queste informazioni sono state utilizzate per l'implementazione del Modello Matematico di Simulazione Definitivo, in cui sono descritte con maggior dettaglio le caratteristiche dei diversi corpi acquiferi presenti nel sottosuolo (geometria, spessori, continuità laterale e permeabilità) e a cui si rimanda per una più dettagliata ricostruzione spaziale del sistema idrogeologico di studio (cfr. VOLUME III).

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 18 di 86	Rev.
	1

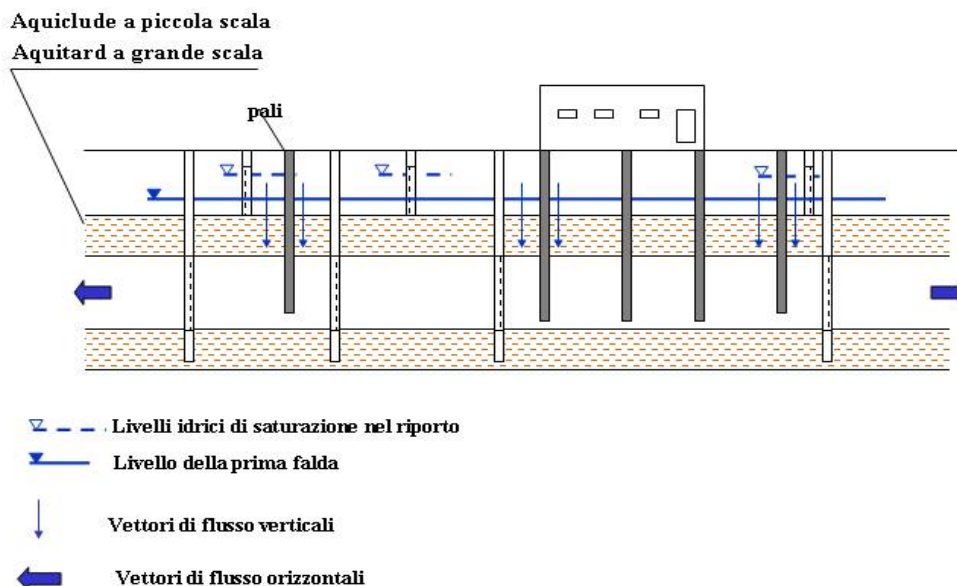


Figura 2.3.2/C – Schema di circolazione acque nel sistema idrogeologico prima falda e livelli di saturazione del riporto

2.3.3 Attuale campo di moto della prima falda

La ricostruzione del campo di moto della prima falda è stata eseguita utilizzando tutti i piezometri della rete di monitoraggio esistente.

Come aggiornamento delle conoscenze sul sito, nei mesi di dicembre 2003 ed ottobre 2004, sono state eseguite due misure dei livelli piezometrici su tutto lo Stabilimento Petrolchimico.

Nelle **Figure 2.3.3/A-B** sono schematizzati il campo di moto, i principali vettori di flusso e gli spartiacque piezometrici sotterranei. Le due ricostruzioni piezometriche sono rappresentate in scala 1:5000 nelle **TAV. 1 e 2 (DIS. 65-BL-A-94509 e DIS. 65-BL-A-94510)** allegate al VOLUME VII.

Da entrambe le ricostruzioni è confermata la presenza di una zona di forte depressione piezometrica in corrispondenza dell'area PSS, con linee di flusso convergenti verso questa zona di drenaggio.

Le attività di studio eseguite in area PSS hanno permesso di associare tale azione di drenaggio, alla presenza di una struttura antropica (vasca ATI), in corrispondenza della quale è evidente un'ampia area con carico idraulico inferiore a 0 m/slm.

La vasca ATI è una struttura interrata che si approfondisce nel sottosuolo fino ad oltrepassare il primo livello di separazione idraulica.

L'azione di richiamo delle acque è determinata dalla presenza di fori di drenaggio realizzati, durante la costruzione lungo le pareti della vasca, per contenere la spinta idrostatica.

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 19 di 86	Rev.
	1

In relazione ai fenomeni esposti, Polimeri Europa ha ritenuto opportuno realizzare un sistema di drenaggio delle acque di falda drenate dalla vasca ATI. L'intervento consiste nella messa in opera di una tubazione che percorre i lati interni della vasca e raccoglie, mediante appositi stacchi flessibili, le acque drenate dai fori collettandole verso 2 serbatoi interni al PSS.

Come evidenziato dalla ricostruzione piezometrica, l'azione di drenaggio interessa nella loro totalità le aree PSS, CR4, AC-SE e in parte le zone AC-NO, PSO-BL e AS.

Il completamento dell'opera del MAV lungo la sponda nord del Canale Industriale Sud e l'azione di drenaggio a gravità della vasca hanno annullato la potenziale uscita di acque di prima falda verso la laguna in questo settore di Stabilimento.

I quantitativi d'acque di falda drenati dalla vasca ATI sono soggetti a forti cambiamenti nel corso dell'anno in quanto direttamente influenzati dal regime di precipitazioni meteoriche. Le portate drenate da tale struttura, rese disponibili da Polimeri Europa, mostrano valori, nel periodo di osservazione (agosto-novembre 2004), dell'ordine di 1 l/s (**Tabella 2.3.3/A**).

PORTATE DI DRENAGGIO		
VASCA ATI		
Mese	Portata	
	mc/mese	l/s
Agosto	1894,33	0,73
Settembre	1984,45	0,76
Ottobre	2226,79	0,86
Novembre	2258	0,87

*Tab. 2.3.3/A - Portate drenate dalla vasca ATI
(periodo Agosto-Novembre 2004)*

Il drenaggio della vasca ATI forma uno spartiacque piezometrico sotterraneo che interessa ca. il 21% dell'intera superficie del Nuovo Petrolchimico.

Nella piezometria eseguita ad ottobre 2004, viene confermata la presenza dell'estesa zona di drenaggio operato dalla vasca e lo spartiacque piezometrico ad esso associato.

Dalla ricostruzione si evidenzia una morfologia che a grandi linee rimarca quella precedente, con alcune situazioni di alto piezometrico ben evidenziabili e più estese rispetto alla ricostruzione precedente in diversi settori dello Stabilimento.

La ricostruzione è stata eseguita eliminando i piezometri realizzati per le misure di sicurezza, in drenaggio al momento della misura.

In entrambe le ricostruzioni si nota la formazione di alti piezometrici a tergo della palancola realizzata dal MAV ed esternamente alla zona interessata dal drenaggio della vasca ATI.

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 20 di 86	Rev.
	1

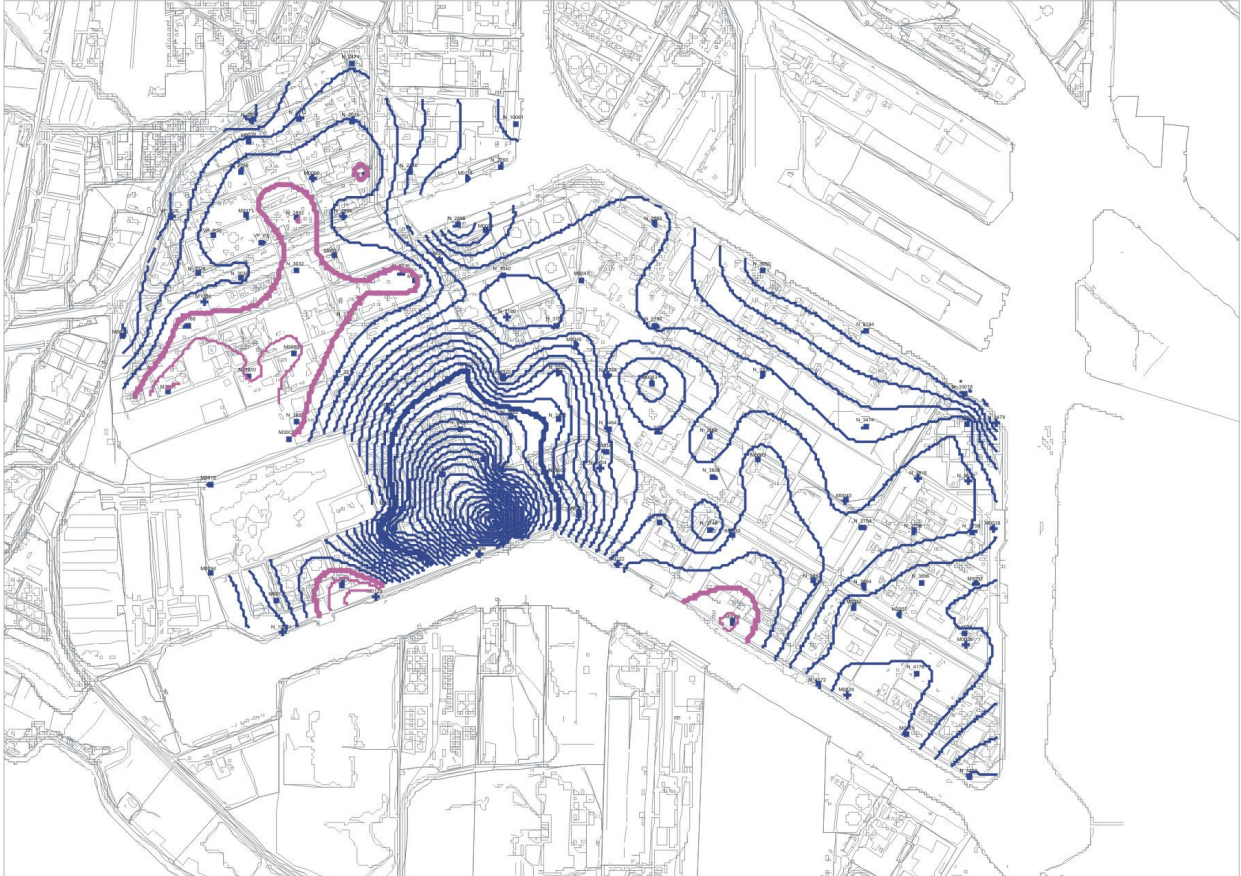


Fig. 2.3.3/A - Campo di moto della prima falda (dicembre 2003)

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fig. 21 di 86	Rev.
	1

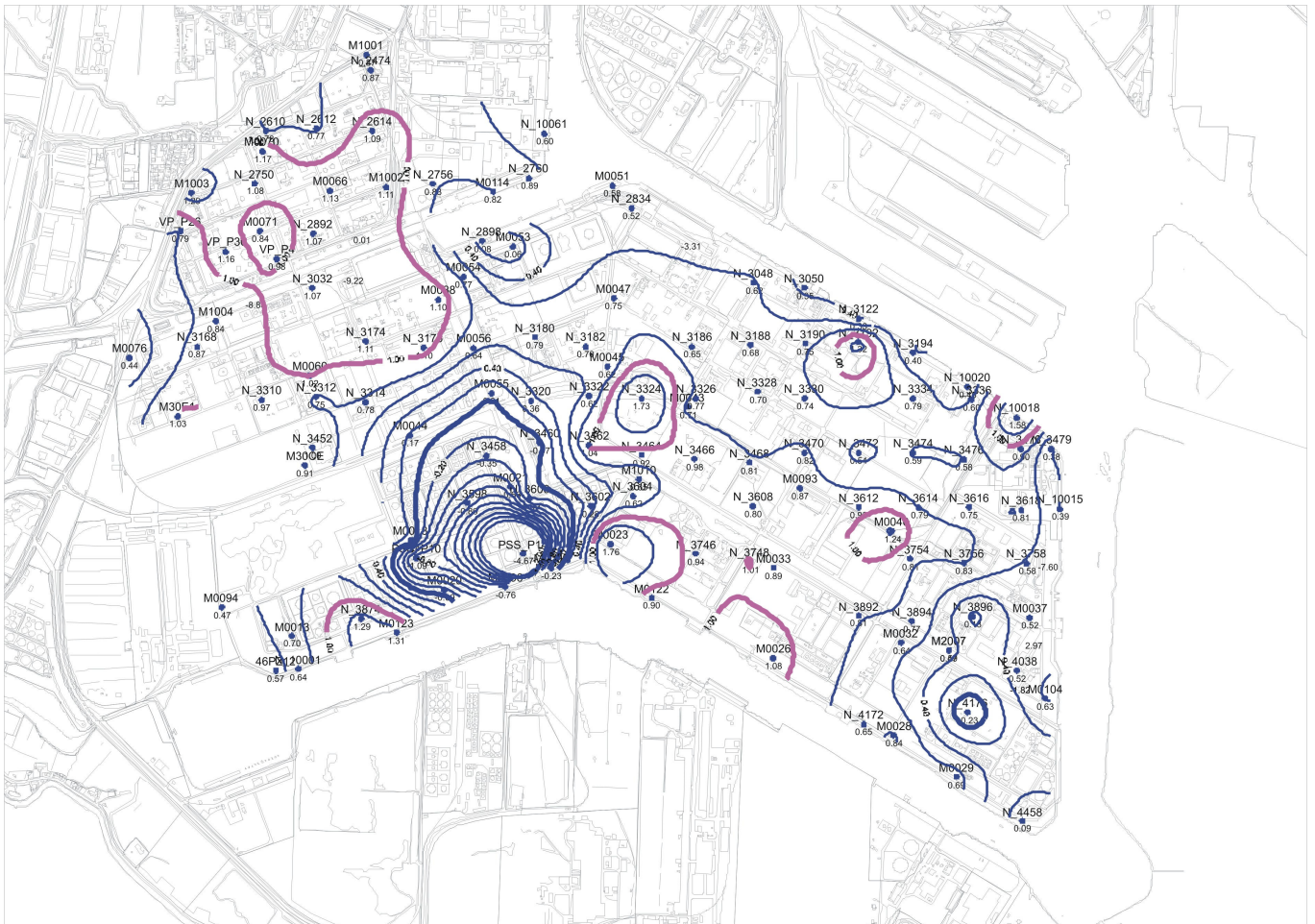


Fig. 2.3.3/B - Campo di moto della prima falda (ottobre 2004)

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 22 di 86	Rev.
	1

3 SINTESI DEI PIANI DI CARATTERIZZAZIONE

3.1 Caratterizzazioni ambientali eseguite

Il Nuovo Petrolchimico di Porto Marghera è stato oggetto di numerose campagne di caratterizzazione nel corso degli anni '90.

Tutte le Società Coinsediate hanno realizzato le attività previste nei piani di caratterizzazione delle aree di proprietà, secondo una griglia di riferimento 50x50 m; l'ubicazione e la tipologia dei punti di indagine sono state concordate con gli Enti Pubblici competenti, attraverso incontri e sopralluoghi mirati in campo.

3.2 Stato qualitativo acque di falda

Lo stato di compromissione qualitativa delle acque di falda è dovuto essenzialmente alla presenza di:

- Cloruri e Solfati (in buona parte riconducibili all'influenza delle acque della laguna, specie in relazione alle acque di prima falda);
- Ferro e Manganese (rilevati su buona parte dei piezometri, senza distinzione sostanziale tra le due tipologie di acque esaminate);
- Arsenico: riscontrato su buona parte dei piezometri dell'area di Stabilimento (prima falda e acque di saturazione del riporto), ad eccezione del settore Montefibre;
- Piombo: rilevato nelle acque dei livelli idrici di saturazione nel settore PSS;
- Mercurio: rilevato in concentrazioni significative nelle acque di alcuni piezometri dei livelli idrici di saturazione (settore PSO-BL) e risultato assente, nelle ultime campagne di monitoraggio, nelle acque di prima falda;
- IPA: rilevati sulle sole acque di saturazione del riporto, in alcuni settori del NP;
- Organo Alogenati: riscontrati in maniera diffusa sulla quasi totalità dei piezometri di prima falda e dei livelli idrici di saturazione del riporto. I tenori più elevati si riscontrano tendenzialmente nelle acque di prima falda. Le specie clorate maggiormente diffuse sono Tricloroetilene, 1,2-cis-Dicloroetilene, Tetracloroetilene, 1,1,2-Tricloroetano, Cloruro di vinile, 1,1,2,2-Tetracloroetano.
- Aromatici non alogenati: rilevati in concentrazioni superiori ai limiti del DM 471/99 nelle acque di alcuni piezometri, soprattutto nei settori PSS, AC-NO e TDI.

Nella **Tabella 3.2/A** sono sintetizzate le diverse famiglie di sostanze chimiche rilevate in concentrazioni superiori ai limiti del DM 471/99 nelle acque del livello idrico di saturazione superficiale e della prima falda, suddivise per i diversi settori dello Stabilimento (settore PSS, CR4, AC-SE, CR, TDI, AS, PSO-BL, AC-NO, Montefibre/Edison).

Come evidenziato è presente un'ampia gamma di composti inorganici ed organici in fase soluta.

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 23 di 86	Rev.
	1

CLASSI DI COMPOSTI	CR4		PSS		AC-SE		CR		TDI		AS		PSO-BL		AC-NO		MonteFibre		
	S	1^	S	1^	S	1^	S	1^	S	1^	S	1^	S	1^	S	1^	S	1^	
Ammonio		X		X		X		X				X		X		X			
Arsenico	X			X	X			X	X		X			X	X				
Cadmio																			
Ferro	X		X			X		X				X		X		X			
Piombo																			
Manganese	X			X	X		X		X		X		X		X				
Mercurio																			
Nichel			X											X					
Selenio		X		X		X		X		X				X		X			
Tallio																			
Zinco																			
Aromatici non Alogenati		X		X		X						X		X	X		X		
IPA													X						
Cloro derivati del benzene		X		X			X							X	X		X		
Organo Alogenati		X		X		X				X		X		X	X		X		
Diossine																			
PCB																			
Acqua maggiormente inquinata		X																	
C>C _{limite}																			

Tab. 3.2/A: Famiglie di composti presenti nelle acque di impregnazione nel riporto ed in prima falda nelle diverse zone di Stabilimento

La situazione qualitativa delle acque indica chiaramente che, mentre può avere senso parlare di separazione idraulica fra livello idrico di saturazione e 1^a falda a livello locale, a grande scala i due acquiferi possono essere considerati come un unico corpo recettore dell'inquinamento.

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 24 di 86	Rev.
	1

4 PROGETTO DEFINITIVO DI BONIFICA DELLA FALDA

4.1 Obiettivi di Progetto

La risoluzione delle problematiche ambientali delle acque di falda per uno Stabilimento di ca. 470 ettari deve necessariamente entrare all'interno di una programmazione temporale d'interventi da strutturare per fasi.

Gli interventi applicabili alle acque di falda sono stati pertanto strutturati definendo *target* delle misure di sicurezza e di bonifica che tengano conto anche di tutte le attività programmate ed in corso di realizzazione.

La **Figura 4.1/A** schematizza il programma di interventi che interesseranno le acque di falda all'interno del Nuovo Petrolchimico.

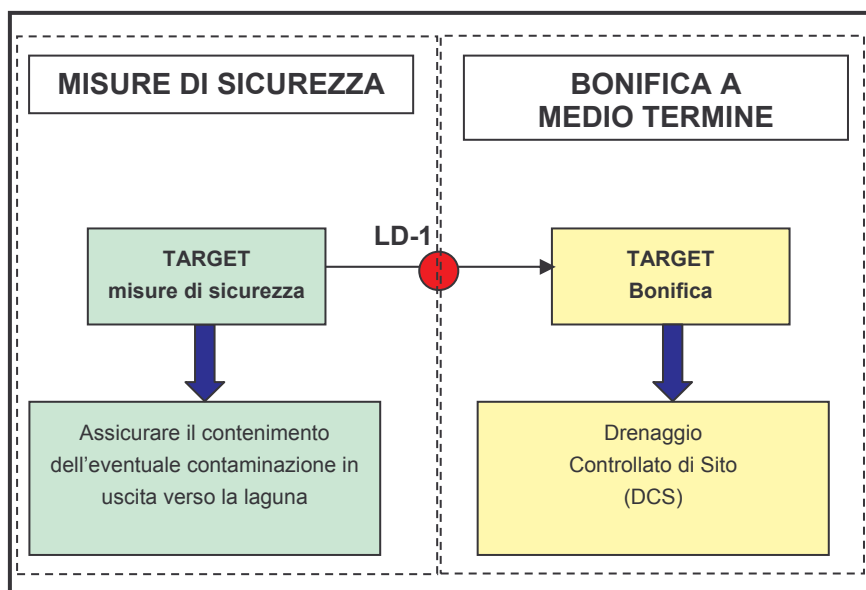


Fig. 4.1/A - Programmazione dei Target di Misure di Sicurezza e di Bonifica delle acque di falda

Il livello LD-1 rappresenta il livello decisionale di confronto con l'Autorità Pubblica per definire nel dettaglio le modalità d'intervento e gli aspetti tecnici inerenti la fase di progettazione esecutiva degli interventi di bonifica.

4.1.1 Obiettivi di bonifica del DCS

Vista la particolare configurazione morfologica della penisola del Nuovo Petrolchimico e l'andamento del campo di moto della prima falda, fortemente

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 25 di 86	Rev.
	1

influenzato dall'azione drenante operata dalla vasca ATI in area PSS, è stata ipotizzata una tipologia d'intervento che permetta di raggiungere i seguenti obiettivi:

- 1) evitare un innalzamento della prima falda in prossimità dell'opera di cinturazione del MAV;
- 2) creare un flusso idrico controllato verso postazioni di drenaggio localizzate all'interno della penisola;
- 3) ridurre il carico inquinante dal primo acquifero con estrazione della fase soluta;
- 4) bonificare le acque drenate in apposito impianto di trattamento.

La programmazione del DCS ha tenuto conto dei seguenti aspetti:

- razionalizzare i punti di prelievo al fine di evitare richiami non controllati di acque inquinate verso zone attualmente con minore carico di inquinanti in fase soluta;
- localizzare il drenaggio in settori chiave della penisola, possibilmente in prossimità delle zone ad elevata contaminazione, individuabili in base alle informazioni attualmente disponibili dagli studi di caratterizzazione ambientale eseguiti, evitando, in tal modo, la dispersione casuale delle postazioni di drenaggio all'interno e/o al perimetro del sito;
- tenere conto dell'attuale campo di moto della prima falda;
- limitare al massimo il richiamo di acque dalla laguna che ridurrebbe sensibilmente l'efficacia e l'efficienza del sistema di drenaggio, prima del completamento dell'opera di cinturazione del MAV;
- funzionare in sinergia con l'intervento di cinturazione del MAV, una volta completato;
- essere modulare e funzionale alle problematiche ambientali di sito;
- evitare un'eccessiva depressione della prima falda con conseguente decremento delle pressioni interstiziali e potenziali cedimenti nell'intorno delle zone interessate dal drenaggio.

Nel DCS non sono state previste opere poste direttamente sul margine lagunare, per evitare sia un eccessivo richiamo di acque salmastre dalla laguna, con relativa riduzione dell'efficienza delle opere stesse, sia di favorire un aumento della velocità di flusso della falda, con conseguente richiamo di inquinanti verso aree più prossime al bersaglio lagunare. Al contrario la disposizione di opere di drenaggio in settori chiavi della penisola, dislocate ad una certa distanza dalla linea di costa, permetterà di ottimizzare i prelievi e di ottenere una configurazione del campo di moto della falda più idonea all'attivazione delle eventuali attività di accelerazione della bonifica dell'acquifero.

Nei capitoli seguenti sono descritte le tecniche d'intervento progettate per realizzare un DCS nel Nuovo Petrolchimico e le attività propedeutiche al corretto dimensionamento delle previste opere di drenaggio.

In particolare, fra le diverse alternative di drenaggio applicabili alla situazione sito-specifica del NP (postazioni puntuali e/o lineari), era stato previsto, in fase preliminare, un intervento di drenaggio misto che considerava, per alcuni settori di Stabilimento, anche le opere di drenaggio già realizzate nell'ambito delle misure di sicurezza.

Il modello di simulazione preliminare, utilizzato come strumento di supporto alle decisioni, aveva indicato la percorribilità di un drenaggio su postazioni lineari

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 26 di 86	Rev.
	1

localizzate in diverse aree di intervento, compreso il drenaggio a gravità operato dalla vasca ATI.

Data le condizioni idrogeologiche del sito, Snamprogetti in fase preliminare ha puntato su una tecnologia di drenaggio innovativa che prevede la realizzazione di opere lineari da porre in opera mediante trivellazione orizzontale controllata (TOC) al posto dei più tradizionali diaframmi drenanti.

Questa tipologia di opere è già ampiamente applicata negli Stati Uniti in campo ambientale, mentre in Italia la tecnica TOC è applicata con successo dagli inizi degli anni '90 per la messa in opera di *pipe-line* e condotte in genere in aree urbanizzate e per l'attraversamento di corsi d'acqua subalveo.

Si tratta di una tecnologia derivante dal campo petrolifero. Essa non viene applicata nel campo dello sfruttamento delle risorse idriche sotterranee a scopo antropico, ma è stata recentemente adottata in campo ambientale per l'esecuzione di bonifiche al di sotto di impianti industriali attivi o in condizioni idrogeologiche particolarmente sfavorevoli.

In queste condizioni, tali opere presentano una maggiore produttività ed efficacia rispetto ad opere a sviluppo verticale.

L'utilizzo di questa tecnologia, per la posa di opere drenanti, rappresenta pertanto una delle prime applicazioni in Italia.

Test di campo preliminari, eseguiti sul primo dreno orizzontale messo in opera nel VP, hanno permesso di verificare sia l'efficacia del drenaggio che la piena funzionalità dell'opera in rapporto alle caratteristiche idrogeologiche sito specifiche.

La configurazione finale di drenaggio, per il NP, è stata strutturata cercando di ottimizzare al massimo i prelievi, utilizzando anche alcune postazioni drenanti puntuali, messe già in opera come misure di sicurezza.

La non estraibilità dell'acqua di falda ha imposto la necessità di adottare la tecnologia dei dreni orizzontali, mentre la tecnologia dei dreni verticali è stata adottata localmente, in quei settori dove la progettazione di bonifica ha richiesto portate di drenaggio estremamente limitate. Infatti, date le richiamate condizioni idrogeologiche del sito, i dreni verticali possono operare solo a portate bassissime (0,1-0,3 l/s), oltre le quali si prosciugano.

Come strumento di supporto alla progettazione è stato utilizzato un Modello Matematico di Simulazione, per i cui dettagli si rimanda al VOLUME III.

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 27 di 86	Rev.
	1

4.2 Descrizione delle aree di intervento

In base alle ricostruzioni dello stato qualitativo del sito ed al campo di moto della prima falda sono state individuate diverse aree di intervento per il Drenaggio Controllato di Sito (DCS):

- **Area D1 (PSS):** in cui è già presente il drenaggio a gravità ad opera della vasca ATI.
- **Area D8 (AC-NO):** n. 1 postazione drenante a sviluppo lineare (TOC) di lunghezza ca. 40 m.
- **Area D9 (AC-NO):** n. 1 postazione drenante a sviluppo lineare (TOC) di lunghezza ca. 40 m.
- **Area D7 (AS):** n. 1 postazione drenante a sviluppo lineare (TOC) di lunghezza ca. 40 m in area AS (da realizzare).
- **Area D3 (AC-SE/CR):** n. 1 postazione drenante a sviluppo lineare (TOC) di lunghezza ca. 40 m al confine fra area AC-SE e CR (da realizzare).
- **Area D10 (PSO-BL/CR4):** n. 1 postazione drenante a sviluppo lineare (TOC) di lunghezza ca. 40 m (da realizzare).
- **Area D11 (PSS/CR4):** n. 1 postazione drenante a sviluppo lineare (TOC) di lunghezza ca. 40 m (da realizzare).
- **Area P13 (MT-CPL):** n. 1 postazione drenante puntuale (dreno verticale) in zona MT-CPL.
- **Area P6 (Montefibre):** n. 7 postazioni drenanti puntuali (dreni verticali) in area Montefibre (già messe in opera come misure di sicurezza). Le postazioni di drenaggio puntuali previste in tale settore di stabilimento sono funzionali al raggiungimento degli obiettivi del DCS.
- **Area P4 e P12 (TDI):** n. 7 postazioni drenanti puntuali (dreni verticali) in area DOW (già messe in opera come misure di sicurezza) e funzionali anche al DCS. Ulteriori n. 4 postazioni puntuali (dreni verticali) in area TDI in corrispondenza della zona a maggior carico inquinante (da realizzare).
- **Area P5 (Edison/Montefibre):** n. 3 postazioni drenanti puntuali (dreni verticali) al confine fra area Edison e Montefibre (da realizzare).
- **Area P2 (Isola 46):** n. 2 postazioni drenanti puntuali (dreni verticali) in isola 46 (da realizzare).

Parte integrante del sistema di DCS sono anche le 11 postazioni drenanti puntuali (dreni verticali) in Darsena della Rana (messe in opera come misure di sicurezza).

Riassumendo, delle opere di DCS:

- n. 14 dreni verticali sono stati realizzati per le misure di sicurezza (n. 7 in area Montefibre e n. 7 in area TDI);
- n. 11 dreni verticali sono stati realizzati o sono in corso di completamento in corrispondenza della Darsena della Rana lato sud;
- n. 6 postazioni TOC dovranno essere realizzate nelle posizioni previste da modello (da valutare a seguito di sopralluogo diretto di campo);
- ulteriori n. 10 postazioni verticali (n. 4 postazioni in area TDI; n. 2 postazioni in isola 46, n. 3 postazioni al confine Edison/Montefibre e n. 1 in zona MT-CPL) dovranno essere realizzate ad integrazione di opere già esistenti nelle aree indicate da modello matematico (da valutare a seguito di sopralluogo diretto di campo).

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 28 di 86	Rev.
	1

Per l'ubicazione delle aree d'intervento si rimanda alla **TAV. 3 (DIS.65-BL-A-94506)** allegata.

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 29 di 86	Rev.
	1

5 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI BONIFICA MEDIANTE DRENAGGIO

5.1 Approccio di bonifica e tipologie di opere di drenaggio

L'intervento di bonifica consiste nella realizzazione di un sistema di drenaggio controllato della falda, atto a creare un'inversione del flusso idrico sotterraneo e pertanto ad impedire il potenziale trasporto dei contaminanti verso l'ambiente esterno dello Stabilimento, ed a convogliare le acque drenate verso serbatoi di equalizzazione esistenti all'interno del Petrolchimico e, da qui, all'impianto di trattamento dedicato (cfr. VOLUME VIII).

Il DCS è formato da un sistema misto di postazioni drenanti verticali ed orizzontali, ubicate sulla base dei risultati ottenuti dalle simulazioni modellistiche (cfr. VOLUME III).

In totale si prevede di realizzare, in aggiunta a postazioni drenanti già in essere:

- N. **10** postazioni drenanti verticali;
- N. **6** postazioni drenanti orizzontali.

I dreni verticali saranno eseguiti applicando le tradizionali tecnologie di perforazione (rotazione con *bucket* e/o percussione).

La scelta di utilizzare postazioni drenanti di tipo puntuale è legata alle seguenti motivazioni:

- rappresentano una metodologia consolidata con notevole *case history*;
- richiedono spazi di cantiere ridotti;
- hanno una semplicità di gestione;
- sono versatili per quanto concerne l'adeguamento alle condizioni riscontrate in corso d'opera e/o durante l'esercizio.

Le postazioni drenanti lineari saranno realizzate con trivellazione orizzontale controllata (TOC).

Questa tecnologia, rispetto ai dreni verticali, consente i seguenti vantaggi:

- riduzione dei terreni da scavare;
- possibilità di drenare larga parte dell'acquifero;
- possibilità di combinare il sistema con altre tecniche di bonifica;
- minor impatto ambientale;
- maggiore rapidità di esecuzione.

Altro aspetto da considerare, riguarda l'efficienza di drenaggio di tali sistemi.

In prima analisi si può affermare che, sotto condizioni ideali (acquifero sottile e di estensione infinita), la portata specifica di un dreno orizzontale è equivalente alla portata specifica di un dreno verticale avente un raggio pari ad un quarto della lunghezza totale del dreno orizzontale (US EPA - *Alternative Methods for Fluid Delivery and Recovery* – Settembre 1994).

Un secondo beneficio nella realizzazione di un dreno orizzontale, è la riduzione della velocità di flusso in entrata nel dreno stesso. Questo effetto è doppiamente positivo in quanto:

- riduce la possibilità di indurre turbolenza e perdite di carico non lineari ad essa associate;

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 30 di 86	Rev.
	1

- riduce il danneggiamento del tubo e del materiale drenante causato dalla migrazione e dall'intrappolamento dei sedimenti fini.

5.2 Descrizione generale della tecnologia TOC

La trivellazione orizzontale controllata è una tecnica che consente la posa di condotte in sotterraneo mediante perforazione teleguidata senza effettuare scavi a cielo aperto (tecnologia *NO-DIG*).

Le modalità operative per la realizzazione della perforazione e per l'installazione della tubazione, preassemblata a piano campagna, si articolano in tre fasi principali:

- esecuzione del foro pilota;
- alesatura del foro;
- tiro e posa della tubazione (colonna di varo).

5.2.1 Generalità

Esecuzione del foro pilota

L'esecuzione del foro pilota di piccolo diametro, avviene tramite una trivella meccanica azionata da motore a fluidi e/o con *jetting*; l'avanzamento della perforazione ed il suo direzionamento si ottiene sia per rotazione che per spinta sulla batteria di aste pilota. La perforazione avviene mediante l'erosione del terreno per mezzo di fluidi che, passando attraverso le batterie di aste direzionali, fuoriescono in pressione dalla testa di perforazione.

Durante la fase di perforazione il fluido di trivellazione viene iniettato in corrispondenza del fronte da scavare al fine di:

- azionare la trivella e/o eseguire il *jetting*;
- trasportare il materiale di risulta al di fuori del foro;
- garantire la stabilità del foro;
- fornire la lubrificazione necessaria per ridurre l'attrito lungo le pareti del foro;
- ridurre il surriscaldamento di tutti gli organi soggetti ad attrito.

In ogni caso, sia la punta di perforazione sia la pressione di fuoriuscita del fluido di perforazioni sono variabili a seconda della compattezza e della tipologia del terreno da attraversare.

Il tracciato del foro pilota e quindi la sua rispondenza al profilo di progetto, vengono controllati mediante un trasmettitore di segnali elettromagnetici a frequenze radio situato dietro lo strumento di perforazione. Il trasmettitore emette due tipi di segnali che forniscono indicazioni sull'angolo d'inclinazione sulla verticale e sulla profondità raggiunta. Questi segnali sono captati da un ricevitore di superficie ed inviati ad un'unità di controllo sistemata sul quadro comandi della perforatrice. Questi dati, assieme alla registrazione della lunghezza delle aste pilota, consentono di calcolare le coordinate orizzontali e verticali dell'estremità della testa perforatrice.

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 31 di 86	Rev.
	1

Alesatura del foro

Terminato il foro pilota, la punta di perforazione viene sostituita da particolari strumenti alesatori che vengono trascinati a ritroso lungo lo stesso percorso. Questi strumenti, con forma prevalentemente cilindrica e taglienti disposti sulla faccia, ruotano grazie al moto trasmesso dalle aste di perforazione ed esercitano un'azione fresante sul terreno ancora coadiuvati dai fluidi di perforazione, questa volta direzionati anche in senso ortogonale all'asse del foro in modo tale da svolgere un'azione di espansione piuttosto che di taglio.

Tiro e posa della tubazione (colonna di varo)

In fase di alesatura o, qualora necessario, dopo opportune prealesature, viene collegato al tubo guida il "treno di alesaggio" seguito dalla condotta e quindi si procede al tiro della tubazione di progetto. L'aggancio all'alesatore avviene per mezzo di un giunto snodato al fine di evitare che il moto di rotazione si trasmetta al tubo stesso.

La posa della condotta richiede il preassemblaggio della colonna da effettuarsi in cantiere preferibilmente in un'unica tratta, evitando in tal modo, interruzioni per operazioni di saldatura e controllo che potrebbero provocare il blocco della posa per adesione del terreno alla tubazione stessa.

L'ingresso della condotta nel foro viene facilitato, per evitare sforzi di flessione non ammissibili, facendole assumere una catenaria predeterminata in funzione dell'angolo d'ingresso nel terreno, della profondità da raggiungere, della geometria e della rigidità flessionale della condotta stessa.

Il materiale di risulta dagli scavi dovrà essere collocato in appositi cassoni scarrabili collocate nelle vicinanze dei luoghi di lavoro. La caratterizzazione chimica e la rimozione/smaltimento finale dei materiali solidi e liquidi di risulta verranno eseguiti in ottemperanza alle vigenti normative in materia di rifiuti.

5.2.2 Indagini preliminari alla TOC

Le indagini preliminari hanno lo scopo di definire i parametri di base, geometrici e geotecnici, per il corretto dimensionamento dell'opera durante i vari *step* esecutivi.

Tali indagini preliminari sono, fondamentalmente, di due tipi:

- indagini per la mappatura del sottosuolo;
- indagini per la caratterizzazione del sottosuolo.

Indagini per la mappatura del sottosuolo

Scopo di tali indagini è realizzare una mappa quanto più dettagliata possibile nella quale saranno evidenziati sia la posizione piano altimetrica e la tipologia dei sottoservizi (ad esempio tubazioni, fognatura, cavi, cunicoli) sia la presenza di strutture interrate (ad esempio fondazioni nastriformi e/o su pali).

Questo viene ottenuto sovrapponendo al tracciato preliminare della perforazione i risultati derivanti da una serie di indagini quali:

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 32 di 86	Rev.
	1

- sopralluoghi e rilievi di superficie;
- esame delle cartografie storiche di Stabilimento;
- indagini radar per la mappatura dei servizi interrati.

Si fa notare che solamente sulla base del complesso di indagini e metodiche sopra illustrate si può ridurre al minimo la probabilità di imprevisti in corso d'opera con conseguente interruzione dei lavori.

Indagini per la caratterizzazione del sottosuolo

Tali indagini hanno lo scopo di definire le caratteristiche geologiche/geotecniche del terreno attraversato dalla perforazione.

La conoscenza delle caratteristiche del terreno tra le quali:

- stratigrafia,
- granulometria,
- peso di volume,
- permeabilità dell'acquifero (in sito),
- permeabilità del livello impermeabile (in laboratorio),
- parametri geotecnici dei litotipi attraversati,

risulta di fondamentale importanza sia per la corretta progettazione del percorso di perforazione, dei passaggi di alesatura e del calcolo del tiro sia per il corretto dimensionamento del tubo filtro e di tutte le componenti che costituiscono il complesso della colonna di varo comprese le caratteristiche del fluido di perforazione.

A tal fine si ritiene necessario eseguire, per ciascuna postazione drenante, un numero minimo di 4 sondaggi geognostici, spinti sino a circa 15 metri di profondità, così disposti:

- 1 in corrispondenza del tratto discendente della tubazione;
 - 1 in corrispondenza del tratto ascendente della tubazione;
 - 2 in corrispondenza del punto iniziale e finale del tratto orizzontale;
- sui quali effettuare le indagini di caratterizzazione.

5.2.3 Modalità di realizzazione del dreno orizzontale

L'intervento è finalizzato alla posa in opera di una colonna di varo costituita da:

- un tratto di tubazione filtro in HDPE poroso tipo Schumacher (SCHUMASOIL®) di lunghezza ca. 40 m avente DN=180 mm, spessore=15 mm internamente rinforzato con un telaio in HDPE;
- due tratti di tubazione cieca in HDPE (DN=180 mm, spessore di ca. 16,4 mm) di lunghezza unitaria ca. 55 m, termicamente saldati al precedente mediante saldatura testa a testa.

La costruzione dei dreni orizzontali in oggetto sarà del tipo foro continuo (*continuous wellbore*), la cui realizzazione sarà effettuata mediante *pull-back method*.

Il foro continuo avrà di conseguenza un'apertura di entrata ed un'apertura di uscita in modo che il sistema di tubi utilizzato per la realizzazione del dreno, sia tirato dentro dal lato di uscita verso l'entrata, alesando, in contemporanea, il foro.

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 33 di 86	Rev.
	1

La trivellazione sarà eseguita con una perforatrice ed una slitta di perforazione inclinata verso il basso; si provvederà a sostenere il foro, durante tutta la durata della perforazione, con sistema di circolazione di fluidi polimerici biodegradabili.

La perforazione si svilupperà in maniera obliqua nel terreno, con una pendenza in entrata ed in uscita variabile dai 15° ai 25° (in funzione della tecnologia esecutiva utilizzata) che, a seguito di opportune manovre, riduce l'inclinazione fino a diventare orizzontale, raggiunta la profondità di ca. 13 m dal p.c..

La profondità d'installazione sarà, comunque, verificata a seguito dei risultati dei quattro sondaggi geognostici d'approfondimento effettuati per ogni dreno.

La tubazione filtro, termicamente saldata ai tratti ciechi, sarà installata in contemporanea ed all'interno di un *casing*, sempre in HDPE (DN=280 mm, spessore=25.4 mm), sia per limitare eccessivi sforzi di trazione nel dreno sia per evitare problemi di intasamento del dreno in fase di tiro.

La tubazione esterna sarà successivamente sfilata non appena il dreno è in posizione. Durante questa fase, all'interno delle tubazioni, sarà pompata acqua sino a raggiungere il livello della tubazione almeno a p.c., in tal modo la pressione creata all'interno della colonna sarà maggiore rispetto alla pressione esterna della falda. Questo accorgimento serve per evitare che durante la fase dello sfilamento del *casing* possa entrare materiale granulare fine, spinto dalla differenza di pressione, nell'intercapedine delle due tubazioni, rendendo difficoltosa, se non irrealizzabile, lo sfilamento della tubazione camicia.

Nel corso delle lavorazioni si provvederà a garantire la separazione idraulica degli acquiferi intercettati durante le fasi di perforazione, come mostrato nelle pagine successive).

Lo schema tipologico rappresentante le modalità di esecuzione è mostrato in **TAV. 4** (**DIS.65-BL-B-94507**) allegata.

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 34 di 86	Rev.
	1

Criteria di scelta della tubazione filtro

La scelta di utilizzare una tubazione filtro tipo Schumasoil® deriva dall'impossibilità di mettere in opera materiale drenante, quale pre-filtro, nell'intorno del dreno.

La tubazione Schumasoil® prevista è quella tipo *VBL4 180/150(133)*, indicata per depositi a componente predominante sabbiosa-limosa.

Nella **Tabella 5.2.3/A** sono sintetizzate le caratteristiche della tubazione filtro in relazione ai diversi diametri disponibili in commercio (come riportato nel catalogo USF Schumacher, 1998), con evidenziata la tipologia prevista da progetto.

SCHUMASOIL VBL4	Unità di misura	Caratteristiche		
Utilizzo in base a permeabilità	(m/s)	1,0E-05<k<1,0E-07 (sabbie-limose)		
		75/60 (50)	125/100 (83)	180/150 (133)
Diametro Esterno	(mm)	75	125	180
Diametro interno	(mm)	60	100	150
Diametro interno rinforzato	(mm)	50	83	133
Peso per 1 m rinforzato	(kg)	1,2	3,3	5,9
Porosità	(%)	45		
Area superficiale libera	(%)	36		
Dimensione media dei pori	(µm)	80		
Dimensione massima dei granuli passanti	(µm)	≤40		
Coefficiente di permeabilità	(m/s)	3,1E-04		
Temperatura massima d'esercizio	(°C)	80		
Colore	-	Bianco		
Materiale	-	HDPE		

Tab. 5.2.3/A – Caratteristiche del filtro Schumasoil VBL4

Posa in opera e sistema di guida

La posa in opera della condotta di varo avviene attraverso le sequenze operative descritte, a grandi linee, nel paragrafo 5.2.1 in particolare:

- il foro pilota è effettuato mediante una batteria di aste di perforazione in acciaio alla cui estremità viene collegato l'utensile perforatore direzionabile costituito da una lancia a getto comprensiva del porta sonde per il controllo dell'andamento del foro (qualora si utilizzi il sistema di guida tipo *walk-over*);
- l'alesatura viene effettuata sostituendo la lancia con uno strumento apposito dimensionato in funzione del diametro della tubazione finale da installare e procedendo a ritroso (tirando e ruotando) in modo da allargare il foro pilota;

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 35 di 86	Rev.
	1

questo passaggio potrà essere ripetuto più volte sino al raggiungimento della dimensione desiderata del foro;

- il tiro della tubazione (esterna ed interna) avviene predisponendo un apposito aggancio girevole tra testa di tiro ed alesatore in modo tale da non trasmettere alla tubazione gli sforzi di tiro e di torsione impressi allo strumento d'avanzamento.

La configurazione geometrica del foro pilota deve essere in accordo con il profilo della catenaria in modo tale che:

- gli angoli di curvatura siano compatibili con quelli del materiale utilizzato;
- lo stato tensionale sulla tubazione sia compatibile con quello del materiale utilizzato;
- venga raggiunta la profondità *target* di progetto per il tratto orizzontale del sistema drenante;
- vengano rispettate le limitazioni per quanto concerne lo sviluppo orizzontale della trivellazione;
- vi sia la possibilità di installare all'interno del sistema drenante una pompa sommersa del tipo a pozzo e le relative opere elettroniche/idrauliche connesse;
- non si debba aumentare la pressione dei fluidi di perforazione prevista;
- in fase di tiro non venga superato il carico di snervamento a trazione del materiale utilizzato;
- planimetricamente non ci siano spostamenti superiori a ± 1 m;
- altimetricamente non vi siano scostamenti superiori a $\pm 5\%$ della profondità.

Il tracciato del foro pilota e quindi la sua rispondenza al profilo di progetto, vengono controllati mediante un trasmettitore di segnali elettromagnetici a frequenze radio situato dietro lo strumento di perforazione (sistemi *walk-over*). Il trasmettitore emette due tipi di segnali che forniscono indicazioni sull'angolo di inclinazione sulla verticale e sulla profondità raggiunta. Questi segnali sono captati da un ricevitore di superficie ed inviati ad un'unità di controllo posizionata sul quadro comandi della perforatrice. Questi dati, assieme alla registrazione della lunghezza delle aste pilota, consentono di calcolare le coordinate orizzontali e verticali dell'estremità della testa perforatrice.

Qualora, a causa di forti campi elettromagnetici e/o sorgenti radio (interferenze attive), si ipotizzasse la non funzionalità di questi sistemi guida, si procederà al controllo della sonda mediante sistemi di guida magnetici (MGS, con campo magnetico artificialmente indotto) che permettono di effettuare la guida in remoto visto che sono in grado di restituire tutte le misure posizionali della sonda di fondo foro, incluso l'angolo azimutale.

Fluidi di perforazione

Durante tutte le fasi di trivellazione, alesatura e tiro-posa sarà utilizzato (in quantità variabile) un fluido di perforazione, opportunamente dosato in funzione del tipo di terreno.

Trattandosi di un'opera di drenaggio, dovrà essere necessariamente escluso l'impiego di fanghi bentonitici come fluidi di perforazione, saranno perciò preferite miscele costituite da acqua e polimeri biodegradabili.

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 36 di 86	Rev.
	1

Tali miscele devono:

- essere biodegradabili, atossiche, non pericolose e/o nocive, nonché compatibili con la qualità delle acque di prima falda;
- garantire un perfetto isolamento idraulico temporaneo dei livelli idrici attraversati e la stabilità del foro, per tutta la durata delle attività di perforazione, retroalesaggio ed installazione del dreno;
- garantire la riduzione dell'attrito durante la fase di perforazione;
- garantire la riduzione dell'attrito tra la condotta ed il terreno durante la fase di tiro-posa;
- consentire il trasporto, nelle apposite vasche di accumulo, del materiale di risulta in sospensione (*cuttings*).

La pressione con la quale verrà iniettata la miscela polimerica, garantirà il taglio del terreno e l'allontanamento del materiale di scavo, ma sarà anche essere limitata ad un valore massimo (pressione limite), per prevenire fenomeni di rottura del terreno o fenomeni di rifluimento della miscela in superficie.

Come pressione massima ammissibile per i fluidi di perforazione si potrà adottare, in linea generale, un valore inferiore alla pressione limite del terreno attraversato utilizzando un coefficiente di sicurezza non inferiore a 2.

Separazione idraulica degli acquiferi

Come già anticipato nei paragrafi precedenti, l'opera di progetto garantisce la separazione idraulica tra gli acquiferi presenti nel sottosuolo, in particolare tra le acque di saturazione del riporto e quelle di prima falda.

Tale separazione sarà assicurata sia durante il periodo d'esecuzione dei lavori, sia in fase d'esercizio del sistema drenante.

In ogni caso si sottolinea che la qualità delle acque di prima falda è tendenzialmente peggiore rispetto alle acque di saturazione del riporto e pertanto i pericoli di contaminazione indotta dalle operazioni di perforazione risultano decisamente limitati.

L'impiego delle miscele polimeriche, opportunamente dosate e miscelate in funzione delle caratteristiche dei terreni, garantisce l'isolamento idraulico dei due "acquiferi" attraversati durante la fase di messa in opera del sistema drenante; comunque, a maggiore garanzia di tenuta, prima della fase di perforazione potrà essere prevista l'infissione di una tubazione di acciaio inox (o con rivestimento esterno), secondo le seguenti modalità:

- infissione nel terreno, mediante un'apposita macchina spingi-tubo, di una prima tubazione in acciaio ($\Phi=18-20"$ e comunque di dimensioni tali da poter far fuoriuscire senza problemi l'alesatore e la relativa colonna di varo) che si intesta per una lunghezza media di 50-100 cm nel primo livello impermeabile (compatibilmente con lo spessore dello stesso). Tale tubazione fungerà da guida per la successiva infissione della batteria di aste da utilizzare durante il foro pilota;

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 37 di 86	Rev.
	1

- completamento del foro pilota ed infissione di una seconda tubazione in acciaio all'uscita del tracciato planimetrico; in tale fase sarà la batteria di aste a rappresentare la guida per l'infissione della tubazione metallica;
- sigillatura dell'intercapedine tra tubazione in acciaio ed in HDPE con miscele cemento/bentonite, opportunamente dosate, in modo da garantire, a maturazione avvenuta, un coefficiente di permeabilità non superiore a $1E-07$ cm/s; sigillatura da effettuarsi successivamente alla posa in opera delle due tubazioni concentriche costituenti la colonna di varo e allo sfilamento del *casing*.

Il procedimento precedentemente descritto, finalizzato a migliorare le già significative garanzie di separazione idraulica degli acquiferi ottenute con la miscela polimerica in fase realizzativa, sarà attentamente valutato nel corso dei lavori in quanto potrebbe rappresentare un forte vincolo al corretto svolgersi delle attività.

Infatti, a causa dell'alta probabilità di rinvenire pali di fondazione, sepolti anche a notevole profondità e quindi non rilevabili con nessun tipo di indagine diretta o indiretta, la perforazione dovrebbe essere in grado, in qualsiasi momento, di poter deviare planimetricamente il percorso, garantendo la continuità dell'opera; l'infissione preliminare della colonna metallica comporterebbe invece forti vincoli esecutivi alla deviazione planimetrica del percorso.

In tali aree, comunque, per assicurare ad opera conclusa la separazione idraulica, durante le perforazioni, le colonne metalliche saranno infisse nel terreno successivamente allo sfilamento della tubazione camicia in HDPE ed in maniera concentrica alla colonna di produzione.

Montaggi meccanici ed elettrostrumentali

Ogni opera drenante sarà attrezzata con una pompa, che sarà posta nel tratto centrale del dreno ovvero nel raccordo tra tratto drenante e tubazione cieca ad una profondità di circa 10-12 m (da verificare a seguito dei risultati dei sondaggi geognostici di approfondimento).

Ogni opera drenante sarà poi dotata di un quadro elettrico per l'alimentazione della pompa, per il comando ed il controllo del funzionamento, posto nelle vicinanze della testa pozzo dell'opera drenante; il quadro sarà dotato di telaio di sostegno e di tettoia di protezione dagli eventi atmosferici.

La strumentazione di ogni opera drenante sarà costituita da strumenti in campo (trasmettitore di pressione, trasmettitore di portata e trasmettitore di livello) e da segnalazioni e comandi posti sul quadro (indicatore di livello, indicatore di portata con contatore, interruttore di alto e basso livello per il comando automatico della pompa, pulsanti per il comando manuale della pompa, pulsanti per il comando e regolazione dell'*inverter*, segnalazioni di attacco e arresto della pompa, segnalazione di anomalia di funzionamento che può essere riportata a distanza).

Le apparecchiature e i materiali necessari per l'intervento sono riportati di seguito:

- n. 6 elettropompe sommergibili centrifughe orizzontali multistadio
Q max = $7,2 \text{ m}^3/\text{h}$; H = 40 m;

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 38 di 86	Rev.
	1

- n. 6 tubazioni in PEAD De 63 mm PN 16 dalle pompe ai pozzetti di testa pozzo e nei cunicoli fino alle piazzole in cui sono installati gli strumenti, le valvole ed i quadri elettrici ed in PRFV DN 50 PN 16 nei tratti fuori terra fino alla rete di collettamento, complete di valvole e pezzi speciali;
- carpenteria necessaria per il montaggio delle tubazioni di mandata e dei collettori di raccolta dell'acqua drenata.

Le forniture elettrostrumentali necessarie per l'intervento sono le seguenti:

- Quadri elettrostrumentali

I quadri di comando e controllo di ciascuna pompa saranno ubicati sotto il *pipe-rack* in prossimità della testa pozzo di ciascuna opera drenante in accordo alla planimetria d'impianto.

Ciascun quadro elettrostrumentale (di comando e controllo delle pompe di sollevamento) sarà idoneo per l'installazione esterna alle condizioni ambientali del sito, sarà realizzato in acciaio inox, avrà un grado di protezione meccanica non inferiore a IP55, sarà previsto con tettuccio parasole ed avrà un'altezza tale da consentire facilmente qualsiasi manovra di comando e/o controllo.

I quadri saranno in ogni caso sufficientemente protetti dall'irraggiamento solare in modo da contenere la temperatura interna a valori accettabili, affinché non si generino mal funzionamenti delle apparecchiature.

I quadri saranno posati su appositi supporti, ed avranno l'ingresso cavi dal basso.

Il comando e controllo del motore della pompa potrà avvenire direttamente dal fronte del quadro. Gli organi di comando e controllo saranno installati direttamente sul fronte quadro e includeranno:

- pulsanti di marcia e arresto,
- lampade di segnalazione: marcia, arresto e blocco,
- manipolatore Manuale / Automatico,
- voltmetro per la segnalazione di presenza rete,
- segnalazione di fermata accidentale della pompa con possibilità di trasporto a distanza del segnale di anomalia di funzionamento,
- indicazione del livello dell'acqua nell'opera drenante,
- comandi per la partenza e l'arresto automatico della pompa su segnale proveniente dalla sonda di livello installata nell'opera drenante,
- indicatore di portata con contatore,
- *inverter* per variare la velocità della pompa in modo da regolarne la portata di estrazione,
- controllore di portata per ciascuna pompa collegato all'*inverter*,
- manopola per la regolazione manuale dell'*inverter*,
- indicatore di pressione,

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 39 di 86	Rev.
	1

- interruttore per punto luce.

L'*inverter* dovrà avere la possibilità di ricevere un segnale esterno 4-20 mA (previa selezione da tastiera) per la regolazione della velocità di rotazione (Hz) della pompa collegata.

Allo scopo di evitare la formazione di condensa, all'interno del quadro sarà prevista apposita resistenza controllata da termostato.

All'interno del quadro sarà previsto uno spazio sufficiente per l'aggiunta di eventuali interruttori, almeno 2, per carichi futuri.

Tutti i cavi faranno capo ad una morsettiera situata nella parte bassa del quadro e provvista con un 20% di morsetti di riserva. L'ingresso dei cavi sarà con pressacavi.

Tutte le apparecchiature saranno chiaramente etichettate.

All'esterno del quadro sarà prevista una targa di identificazione del quadro stesso e le necessarie targhe di pericolo.

- Strumenti in campo

Sul tubo di mandata di ciascuna pompa è prevista l'installazione di un indicatore di portata per la misura locale della pressione, di un misuratore di pressione dotato di trasmettitore del segnale al quadro elettrico per la misura sul quadro della pressione di mandata della pompa stessa e di un trasmettitore di portata con invio di un segnale al quadro elettrico per la misura della portata dell'acqua drenata e di un contatore per la totalizzazione della portata.

In ciascuna opera drenante è installata una sonda di livello, dotata di trasmettitore del segnale al quadro elettrico, per l'avviamento e l'arresto automatico della pompa per alto e basso livello e per l'indicazione continua sul quadro del livello dell'acqua nell'opera drenante.

- Cavi e materiali di montaggio

I cavi per i collegamenti sia di potenza, sia di comando e segnalazione tra il quadro elettrico, la pompa e la sonda di livello, saranno posati in un cunicolo utilizzando lo stesso percorso previsto per il tubo di mandata della pompa; i cavi di collegamento tra gli strumenti ed il quadro elettrico saranno posati entro tubi *conduit* fuori terra o entro tubi in PVC interrati.

- Illuminazione e rete di terra

Sarà realizzato un punto luce a servizio di ciascun quadro elettrico installato ad altezza idonea per permettere agli operatori un corretto controllo dei quadri.

In prossimità dei quadri elettrici sarà infissa nel terreno una puntazza per lo scarico a terra, a cui saranno collegate la pompa, il quadro elettrico e il punto luce.

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 40 di 86	Rev.
	1

- Protezioni

La costruzione di tutto l'impianto elettrico e strumentale è prevista in esecuzione stagna con protezione minima IP-55.

Completamento delle teste pozzo

Alle estremità di ogni sistema drenante, dovranno essere posti in opera due pozzetti d'ispezione prefabbricati in conglomerato cementizio armato, impiegando, eventualmente, lo spazio delle fosse utilizzate come vasche di sedimentazione per il materiale di risulta degli scavi.

I pozzetti avranno dimensioni planimetriche interne minime di ca. 150x150 cm e profondità (100 cm ca.) tale da poter alloggiare il raccordo flangiato per il montaggio e lo smontaggio della pompa sommersa.

Il completamento dei pozzetti sarà effettuato predisponendo i manufatti di chiusini d'ispezione in ghisa sferoidale classe minima D 400 costruito secondo le norme UNI EN 124.

I chiusini d'ispezione avranno coperchio autocentrante sul telaio a struttura alveolare (con dimensioni geometriche in accordo allo sviluppo planimetrico del pozzetto) con superficie superiore a perfetta quota del piano stradale finito.

Lo schema tipologico di completamento teste pozzo, è riportato in **TAV. 6 (65-BL-3C-96502)** allegata.

Lo schema di flusso tipico è riportato in **TAV. 7 (65-BL-B-96503)** allegata.

Collaudo e messa a regime dell'opera

Spurgo e collaudo dei dreni orizzontali

Dopo il completamento, il dreno sarà spurgato in modo da eliminare eventuali intasamenti dovuti alla perforazione ed al completamento, al fine di aumentarne l'efficienza.

Lo spurgo sarà protratto finché l'acqua non sarà chiara e libera da materiali in sospensione, attraverso l'utilizzo della stessa pompa sommersa

Il collaudo e la messa a regime di ciascuna opera drenante verrà eseguito attraverso una prova di portata a gradini ed una prova di lunga durata (a portata costante).

Ogni prova dovrà essere preceduta da un controllo dei livelli di falda in statico in un opportuno intorno dell'opera di drenaggio.

La prova di portata a gradini dovrà permettere di stimare il valore di portata ottimale aggettabile da ogni singola postazione di drenaggio e di quantificare, nella stessa, l'abbassamento di livello associato.

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 41 di 86	Rev.
	1

Una volta ripristinati i livelli di falda, si procederà alla successiva prova a portata costante, utilizzando come valore di portata quella ottimale d'esercizio desunta dalla precedente prova a gradini.

Ogni singola prova a portata costante dovrebbe avere una durata minima, per un acquifero in pressione, di 24-48 ore; vista la necessità di operare prima del completamento finale dell'opera e pertanto del suo collettamento ai serbatoi di equalizzazione, è possibile comunque ridurre il periodo di prova a portata costante ad un tempo massimo di 24 ore, da valutare comunque in sito a seguito dell'effettiva produttività dell'acquifero.

Durante la prova di lunga durata verrà misurata anche la conducibilità elettrica delle acque ad intervalli di 1 ora.

Una stima dei previsti quantitativi d'acqua prodotti durante la prova su ogni singola postazione TOC è riportata in **Tabella 5.2.3/B**.

Prova a gradini di Q	Portata drenata (l/s)	Durata (ore)	Portata Totale	
			durata = 1 h	durata = 2 h
			(mc)	(mc)
1° Gradino	0,2	1-2	0,72	1,44
2° Gradino	0,5	1-2	1,80	3,60
3° Gradino	1,0	1-2	3,60	7,20
4° Gradino	1,5	1-2	5,40	10,80
5° Gradino	2,0	1-2	7,20	14,40
Prova a Q costante			(mc)	
prova	1 (*)	24	86,40	
Totale per ciascuna postazione TOC			105.12	123.84

Tab. 5.2.3/B Portate da drenare durante il collaudo/messa a regime delle opere
(*) nella prova a lunga durata, è stata ipotizzata una portata di drenaggio di ca. 1 l/s. La portata ottimale di ogni singola postazione potrà essere valutata solo a seguito della preliminare prova a gradini.

Una volta verificato il corretto funzionamento dell'opera di drenaggio, andrà collaudata tutta la strumentazione di controllo a testa pozzo ed in particolare andranno tarati i sensori di livello in base alla portata ottimale che si deciderà di drenare.

L'acqua di scarico dovrà essere convogliata in apposita autobotte, cisterna prefabbricata o similare per lo stoccaggio temporaneo. La caratterizzazione e lo smaltimento a destino finale saranno eseguiti in ottemperanza alle vigenti normative in materia di rifiuti.

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 42 di 86	Rev.
	1

Messa a regime dell'opera

Una volta completate le opere di collettamento finale della postazione al *connecting* di sito, è previsto un periodo di prove per la taratura/calibrazione di ogni singola postazione drenante e per l'intero sistema di DCS.

Ogni singola postazione drenante sarà messa in funzione alla portata ottimale desunta dalle precedenti operazioni di collaudo o indicata dai risultati del Modello Matematico di Simulazione.

Le operazioni di controllo consisteranno nella misura e registrazione dei livelli piezometrici nella postazione drenante e in almeno due postazioni piezometriche in prima falda ed in altrettante postazioni nel riporto, ubicate ad una distanza non superiore ai 50-100 metri.

Tali postazioni saranno scelte possibilmente fra i piezometri già installati nel corso delle caratterizzazioni del sottosuolo dell'area.

La durata complessiva delle operazioni necessarie alla messa a regime delle singole postazioni drenanti e dell'intero sistema di DCS sarà non inferiore all'anno.

5.3 Descrizione generale dei dreni verticali

5.3.1 Modalità esecutive

Lo scopo di queste tipologie di opere, è creare artificialmente un gradiente idraulico che sia in grado di modificare le naturali traiettorie delle linee di flusso della falda, facendole convogliare verso le stesse opere drenanti. Tale deviazione sarà tanto più pronunciata quanto più alto risulterà, in valore assoluto, il gradiente che è stato generato.

Le opere in esame saranno quindi costituite da dreni a gravità, al cui interno saranno poste tubazioni drenanti e pompe sommerse per il drenaggio delle acque di falda raccolte. L'opera di drenaggio sarà realizzata facendo particolare attenzione al fine di evitare il contatto tra le acque di impregnazione nel riporto e quelle di prima falda.

In particolare, le fasi di lavoro che saranno compiute per la realizzazione dell'opera drenante sono:

- perforazione mediante un idoneo impianto operante a percussione e/o rotazione con *bucket* e rivestimento a seguire, di diametro da 1000 a 1200 mm sino ad intestarsi, per 0,5÷1,5 m nel livello impermeabile superiore, in funzione dello spessore dello stesso;
- messa in opera di una colonna metallica di rivestimento di diametro adeguato (all'incirca 800-850 mm sp=8 mm) sino ad intestarsi, da p.c., per 0,5÷1,5 m nel livello impermeabile superiore, in funzione dello spessore dello stesso;
- sigillatura dell'intercapedine tra preforo e colonna di rivestimento mediante miscela cemento/bentonite avente un coefficiente di permeabilità, a maturazione avvenuta, dell'ordine di 1E-07 cm/s;
- ad avvenuta maturazione della miscela, esecuzione di foro, concentrico al precedente, avente diametro pari a 600-700 mm che verrà spinto sino al tetto del secondo livello impermeabile;

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 43 di 86	Rev.
	1

- posa in opera di tubo in HDPE cieco e microfessurato comprensivo di tappo di fondo, diametro nominale 160 mm, spessore 9,5 mm, apertura delle fessure 0,7 mm; fenestrato in corrispondenza dell'acquifero primario (indicativamente tra 5 e 18 m da p.c.);
- messa in opera, all'interno dello spazio anulare foro-tubo, di manto drenante di forma arrotondata con pezzatura compresa nel range 1÷2 mm e comunque adeguata alla granulometria dell'acquifero ed alle aperture del filtro. Il materiale di drenaggio sarà introdotto a cominciare dal fondo attraverso tubi d'inghiamento, da estrarsi man mano che questo viene depositato. Il tratto drenante dovrà raggiungere 50 cm al di sopra del *top* dei filtri in HDPE. La posa in opera del manto drenante, dovrà avvenire con circolazione d'acqua nel foro al fine di facilitare l'assestamento dello stesso;
- posa in opera, al di sopra del dreno, di 50 cm di compactonite e successiva sigillatura della restante parte con miscela cemento/bentonite avente un coefficiente di permeabilità dell'ordine di 1E-07 cm/s a maturazione avvenuta; avendo cura di fermarsi ad una profondità di circa 1,2 m da p.c. per permettere la successiva posa in opera del pozzetto di testa pozzo (dimensioni planimetriche 100x100 cm) compreso di chiusino d'ispezione in ghisa sferoidale classe D 400 costruito secondo le norme UNI EN 124³.

Lo schema tipologico di esecuzione è mostrato in **TAV. 5 (DIS.65-BL-B-94508)** allegata.

In aree dove è certa l'assenza del primo livello impermeabile e quindi dove non è necessario provvedere alla separazione idraulica degli acquiferi, le modalità realizzative e le dimensioni delle perforazioni potranno subire variazioni. I sistemi drenanti verticali dovranno comunque garantire l'efficienza idraulica richiesta da progetto.

Qualora, durante le fasi di scavo, si debba utilizzare acqua, questa sarà acqua definita potabile.

Il materiale di risulta dagli scavi dovrà essere collocato in appositi cassoni scarrabili collocate nelle vicinanze dei luoghi di lavoro. La caratterizzazione chimica e la rimozione/smaltimento finale dei materiali solidi e liquidi di risulta verranno eseguiti in ottemperanza alle vigenti normative in materia di rifiuti.

Durante la perforazione, si avrà cura di effettuare una ricostruzione stratigrafica dettagliata dei terreni attraversati con le perforazioni.

Sarà compilato giornalmente un rapporto in cui dovrà essere indicato:

- data e identificazione con sigla alfanumerica del dreno;
- intervalli e strati attraversati;
- misura e numero dei tubi costituenti la colonna di manovra;
- tipo e diametro della sonda utilizzata;
- dichiarazione delle singole operazioni effettuate e tempo impiegato per l'esecuzione delle stesse;

³ In corso d'opera si valuterà la possibilità di utilizzare la colonna metallica di rivestimento (Φ 800-850mm) come pozzetto d'ispezione.

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 44 di 86	Rev.
	1

- registrazione di qualsiasi guasto delle attrezzature in uso;
- misura dei tubi, ciechi e filtrati, messi in opera;
- registrazione delle operazioni di spurgo e sviluppo del dreno;
- firma del capo perforatore.

I rapporti giornalieri (originale + 1 copia) saranno consegnati al Supervisore della Committente al completamento di ogni opera di drenaggio.

5.3.2 Pulizia e spurgo dei dreni verticali

Dopo il completamento, il dreno dovrà essere spurgato in modo da eliminare eventuali intasamenti dovuti alla perforazione ed al completamento, al fine di aumentarne l'efficienza.

Lo spurgo dovrà essere protratto finché l'acqua non sarà chiara e libera da materiali in sospensione e comunque per una durata effettiva complessiva non inferiore alle 8 ore.

Lo spurgo e lo sviluppo di ogni singolo dreno potrà essere effettuato mediante:

- pistonaggio accoppiato a sistema *air lift*;
- pistonaggio accoppiato a pompa sommersa (*overpumping*).

Per tale attività si dovrà fornire ed installare il seguente materiale:

- pistone a doppia tenuta (con guarnizioni di adeguata tipologia e geometria in funzione delle caratteristiche dei filtri al cui interno dovrà operare);
- in caso di sistema *air lift*
 - adeguato compressore;
 - tubini mandata aria;
 - tubi mandata acqua;
 - recipiente calibrato per stime/misurazioni della portata;
 - saracinesche, riduzioni, raccorderie e quanto altro necessario.
- in caso di impiego di pompa sommersa
 - adeguato generatore e pannello elettrico;
 - elettropompa sommersa con cavo elettrico di caratteristiche appropriate e con portata fino a 1-2 l/s;
 - tubi mandata acqua;
 - strumenti per la misura delle portate (ad es. contaltri e/o recipiente calibrato di opportuna capacità);
 - saracinesche, riduzioni, raccorderie e quanto altro necessario.

In ogni caso, dopo il pistonaggio iniziale, lo spurgo sarà condotto alternando opportunamente fasi di erogazione a fasi di ricarica del pozzo e si protrarrà fino all'ottenimento di acqua chiara, priva di sedimenti in sospensione.

Al termine delle operazioni di spurgo si dovrà verificare la quota di fondo foro, intervenendo ove necessario per assicurare la rimozione di eventuali sedimenti presenti.

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 45 di 86	Rev.
	1

L'acqua di scarico dovrà essere convogliata in apposita autobotte, cisterna prefabbricata o similare per lo stoccaggio temporaneo. La caratterizzazione e lo smaltimento a destino finale saranno eseguiti in ottemperanza alle vigenti normative in materia di rifiuti.

5.3.3 Collaudo e messa a regime dell'opera

Il collaudo e la messa a regime delle opere di drenaggio saranno eseguiti attraverso una prova di portata a gradini ed una prova di lunga durata (a portata costante). Ogni prova dovrà essere preceduta da un controllo dei livelli di falda in statico in un opportuno intorno dell'opera di drenaggio.

La prova a gradini di portata dovrà permettere la stima del valore di portata ottimale aggotabile da ogni singola postazione di drenaggio e la quantificazione, nella stessa, dell'abbassamento di livello associato ad una determinata portata.

Una volta ripristinati i livelli di falda, si procederà alla successiva prova a portata costante, utilizzando come valore di portata quella ottimale d'esercizio desunta dalla precedente prova a gradini. Ogni singola prova a portata costante dovrebbe avere una durata minima, per un acquifero in pressione, di 24-48 ore; vista la necessità di operare prima del completamento finale dell'opera e pertanto del suo collettamento ai serbatoi di equalizzazione, si ritiene opportuno ridurre il periodo di prova a portata costante ad un tempo massimo di 24 ore, da valutare comunque in sito a seguito dell'effettiva produttività dell'acquifero.

Una stima dei previsti quantitativi d'acqua prodotti durante la prova su ogni singola postazione è riportata in **Tabella 5.3.3/A**.

Le acque drenate durante queste operazioni, saranno stoccate in *tank* mobili o in autocisterne e successivamente inviate a serbatoi di stoccaggio per la loro caratterizzazione.

Prova a gradini di Q	Portata drenata (l/s)	Durata (ore)	Portata Totale	
			durata = 1 h	durata = 2 h
			(mc)	(mc)
1° Gradino	0,1	1-2	0,36	0,72
2° Gradino	0,2	1-2	0,72	1,44
3° Gradino	0,3	1-2	1,08	2,16
Prova a Q costante			(mc)	
prova	0,3 (*)	24	25,92	
Totale per ciascuna postazione			28,08	30,24

Tab. 5.3.3/A Portate da drenare durante il collaudo/messa a regime delle opere

(*) nella prova a lunga durata, è stata ipotizzata una portata di drenaggio di ca. 0,3 l/s. La portata ottimale di ogni singola postazione potrà essere valutata solo a seguito della preliminare prova a gradini.

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 46 di 86	Rev.
	1

Una volta verificato il corretto funzionamento dell'opera di drenaggio, andrà collaudata tutta la strumentazione di controllo a testa pozzo ed in particolare andranno tarati i sensori di livello in base alla portata ottimale che si deciderà di drenare.

5.3.4 Equipaggiamento dei dreni verticali

Montaggi meccanici ed elettrostrumentali

Ogni opera drenante sarà attrezzata con una pompa, che sarà posta generalmente sopra il tratto filtrante ad una profondità di circa 10 m.

Ogni opera drenante sarà poi dotata di un quadro elettrico per l'alimentazione della pompa, per il comando ed il controllo del funzionamento, posto nelle vicinanze della testa pozzo dell'opera drenante; il quadro sarà dotato di telaio di sostegno e di tettoia di protezione dagli eventi atmosferici.

La strumentazione di ogni opera drenante sarà costituita da strumenti in campo (trasmettitore di pressione, trasmettitore di portata e trasmettitore di livello) e da segnalazioni e comandi posti sul quadro (indicatore di livello, indicatore di portata con contatore, interruttore di alto e basso livello per il comando automatico della pompa, pulsanti per il comando manuale della pompa, pulsanti per il comando e regolazione dell'*inverter*, segnalazioni di attacco e arresto della pompa, segnalazione di anomalia di funzionamento che può essere riportata a distanza).

Le apparecchiature e i materiali necessari per l'intervento sono riportati di seguito:

- n. 10 elettropompe sommergibili centrifughe verticali multistadio
Q max = 3,6 m³/h; H = 40 m;
- n. 10 tubazioni in PEAD De 40 mm PN 16 dalle pompe ai pozzetti di testa pozzo e nei cunicoli fino alle piazzole in cui sono installati gli strumenti, le valvole ed i quadri elettrici ed in PRFV DN 25 PN 16 nei tratti fuori terra fino alla rete di collettamento, complete di valvole e pezzi speciali;
- carpenteria necessaria per il montaggio delle tubazioni di mandata e dei collettori di raccolta dell'acqua drenata.

Le forniture elettrostrumentali necessarie per l'intervento sono le seguenti:

- Quadri elettrostrumentali

I quadri di comando e controllo di ciascuna pompa saranno ubicati sotto il *pipe-rack* in prossimità della testa pozzo di ciascuna opera drenante in accordo alla planimetria d'impianto.

Ciascun quadro elettrostrumentale (di comando e controllo delle pompe di sollevamento) sarà idoneo per l'installazione esterna alle condizioni ambientali del

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 47 di 86	Rev.
	1

sito, sarà realizzato in acciaio inox, avrà un grado di protezione meccanica non inferiore a IP55, sarà previsto con tettuccio parasole ed avrà un'altezza tale da consentire facilmente qualsiasi manovra di comando e/o controllo.

I quadri saranno in ogni caso sufficientemente protetti dall'irraggiamento solare in modo da contenere la temperatura interna a valori accettabili, affinché non si generino mal funzionamenti delle apparecchiature.

I quadri saranno posati su appositi supporti, ed avranno l'ingresso cavi dal basso.

Il comando e controllo del motore della pompa potrà avvenire direttamente dal fronte del quadro. Gli organi di comando e controllo saranno installati direttamente sul fronte quadro e includeranno:

- pulsanti di marcia e arresto,
- lampade di segnalazione: marcia, arresto e blocco,
- manipolatore Manuale / Automatico,
- voltmetro per la segnalazione di presenza rete,
- segnalazione di fermata accidentale della pompa con possibilità di trasporto a distanza del segnale di anomalia di funzionamento,
- indicazione del livello dell'acqua nell'opera drenante,
- comandi per la partenza e l'arresto automatico della pompa su segnale proveniente dalla sonda di livello installata nell'opera drenante,
- indicatore di portata con contatore,
- *inverter* per variare la velocità della pompa in modo da regolarne la portata di estrazione,
- controllore di portata per ciascuna pompa collegato all'*inverter*,
- manopola per la regolazione manuale dell'*inverter*,
- indicatore di pressione,
- interruttore per punto luce.

L'*inverter* dovrà avere la possibilità di ricevere un segnale esterno 4-20 mA (previa selezione da tastiera) per la regolazione della velocità di rotazione (Hz) della pompa collegata.

Allo scopo di evitare la formazione di condensa, all'interno del quadro sarà prevista apposita resistenza controllata da termostato.

All'interno del quadro sarà previsto uno spazio sufficiente per l'aggiunta di eventuali interruttori, almeno 2, per carichi futuri.

Tutti i cavi faranno capo ad una morsettiera situata nella parte bassa del quadro e provvista con un 20% di morsetti di riserva. L'ingresso dei cavi sarà con pressacavi.

Tutte le apparecchiature saranno chiaramente etichettate.

All'esterno del quadro sarà prevista una targa di identificazione del quadro stesso e le necessarie targhe di pericolo.

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 48 di 86	Rev.
	1

- Strumenti in campo

Sul tubo di mandata di ciascuna pompa è prevista l'installazione di un indicatore di portata per la misura locale della pressione, di un misuratore di pressione dotato di trasmettitore del segnale al quadro elettrico per la misura sul quadro della pressione di mandata della pompa stessa e di un trasmettitore di portata con invio di un segnale al quadro elettrico per la misura della portata dell'acqua drenata e di un contatore per la totalizzazione della portata.

In ciascuna opera drenante è installata una sonda di livello, dotata di trasmettitore del segnale al quadro elettrico, per l'avviamento e l'arresto automatico della pompa per alto e basso livello e per l'indicazione continua sul quadro del livello dell'acqua nell'opera drenante.

- Cavi e materiali di montaggio

I cavi per i collegamenti sia di potenza, sia di comando e segnalazione tra il quadro elettrico, la pompa e la sonda di livello, saranno posati in un cunicolo utilizzando lo stesso percorso previsto per il tubo di mandata della pompa; i cavi di collegamento tra gli strumenti ed il quadro elettrico saranno posati entro tubi *conduit* fuori terra o entro tubi in PVC interrati.

- Illuminazione e rete di terra

Sarà realizzato un punto luce a servizio di ciascun quadro elettrico installato ad altezza idonea per permettere agli operatori un corretto controllo dei quadri.

In prossimità dei quadri elettrici sarà infissa nel terreno una puntazza per lo scarico a terra, a cui saranno collegate la pompa, il quadro elettrico e il punto luce.

- Protezioni

La costruzione di tutto l'impianto elettrico e strumentale è prevista in esecuzione stagna con protezione minima IP-55.

Completamento delle teste pozzo

Sulla testa dei dreni verticali saranno realizzati pozzetti con dimensioni planimetriche interne minime di ca. 100x100 cm o circolari con diametro interno di 80 cm ca. e profondità (ca. 100 cm) tale da poter alloggiare il raccordo flangiato per il montaggio e lo smontaggio della pompa sommersa.

Il completamento dei pozzetti sarà effettuato predisponendo i manufatti di chiusini d'ispezione in ghisa sferoidale classe minima D 400 costruito secondo le norme UNI EN 124.

I chiusini d'ispezione avranno coperchio autocentrante sul telaio a struttura alveolare (con dimensione in accordo con lo sviluppo planimetrico del pozzetto).

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 49 di 86	Rev.
	1

Lo schema tipologico di completamento teste-pozzo è riportato in **TAV. 6 (65-BL-3C-96502)** allegata.

Lo schema di flusso tipico è riportato in **TAV. 7 (65-BL-B-96503)**.

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 50 di 86	Rev.
	1

6 ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE

6.1 Sistemazione ed allestimento aree di cantiere

Nell'ambito delle lavorazioni previste per il drenaggio della falda, verranno preparati:

- N. 1 cantiere generale, completamente recintato con ingresso carrabile e pedonabile. All'interno si troveranno le baracche per uffici, gli spogliatoi, i servizi igienici e il deposito attrezzature e materiali;
- N. 6 cantieri locali relativi alle singole aree dove saranno ubicati i dreni orizzontali. In tali aree saranno presenti un riparo, un bagno chimico, due postazioni per lo stallo di un *container* (per lo smaltimento del terreno e dei fanghi di risulta dalle escavazioni), una postazione per lo stallo della perforatrice, una postazione per l'ubicazione dell'autocisterna e quanto altro occorrente per le lavorazioni (es. gruppo elettrogeno, saldatrice per tubi in HDPE);
- N. 10 cantieri locali relativi all'esecuzione dei dreni verticali. In queste aree saranno presenti postazioni per lo stallo delle usuali macchine impiegate per la perforazione di pozzi e per lo stallo di un *container* (per lo smaltimento del terreno e dei fanghi di risulta dalle escavazioni).

Nelle aree dei cantieri locali, saranno preliminarmente demoliti e/o rimossi eventuali ostacoli che interferiscono con la realizzazione dell'opera (pavimentazioni esistenti) e verranno allacciate le utenze (elettriche, idrauliche) eventualmente disponibili in adiacenza.

Generalmente il cantiere locale, relativo alle TOC, prevede una serie di macchinari nel lato di postazione della perforatrice ed un'altra serie nel lato opposto.

Sul lato della perforatrice saranno sistemati, oltre che la piattaforma di perforazione stessa (*rig*), l'area di stoccaggio dei fluidi di trivellazione, le vasche di raccolta e/o riciclaggio fluidi di circolazione, il container di servizio, l'unità pompe.

Sul lato opposto, oltre all'assemblaggio della colonna ed alle conseguenti operazioni (controlli e collaudi), sarà preparata un'ulteriore vasca di raccolta e/o riciclaggio fanghi.

In linea di massima, la superficie necessaria alle attrezzature ed alle operazioni sopra esposte sarà di circa:

- lato *rig*: 20 m in asse con la perforazione;
- lungo la perforazione: 140 m;
- lato d'uscita: 20 m in asse con la perforazione e spazio per la posa di una tubazione completamente assemblata prima del tiro della stessa.

Le colonne di tubazioni di linea verranno preassemblate in prossimità della zona di varo tramite saldatura testa a testa.

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 51 di 86	Rev.
	1

6.2 Verifica servizi e sottoservizi

Preliminarmente alle attività di scavo e/o perforazione ed indipendentemente dalle indagini preliminari di campo, dovrà essere effettuata una verifica in sito, assieme al personale di Stabilimento preposto, per un'accurata analisi sui servizi e sottoservizi (tubazioni, fognature, cavi elettrici ed altro) presenti, che vanno ad interferire con le attività previste.

6.3 Preparazione vasche di raccolta materiale e fanghi di risulta dalle escavazioni

I materiali di risulta dalle escavazioni in forma solida, derivanti da scavi e/o demolizioni, saranno locati negli appositi scarrabili (o similari) posti nelle immediate vicinanze dei punti di lavoro.

I fanghi derivanti dalle attività di perforazioni andranno, invece, raccolti in apposite vasche prefabbricate realizzate fuori terra. Tali fanghi saranno convogliati in queste vasche o all'interno delle stesse tubazioni in acciaio impiegate per la separazione idraulica degli acquiferi, che a tal fine avranno un'opportuna sporgenza fuori terra, oppure mediante pompe da fondo scavo (per il pompaggio di liquidi contenenti particelle solide) da posizionare all'interno delle fosse di raccolta all'inizio ed alla fine della perforazione.

L'acqua di scarico derivante dalle operazioni di spurgo dei dreni, dovrà essere convogliata in apposita autobotte, cisterna prefabbricata o similare per lo stoccaggio temporaneo.

Il materiale di risulta degli scavi e quello raccolto nelle vasche dovrà essere successivamente caricato su appositi automezzi; la caratterizzazione e lo smaltimento avverrà in ottemperanza alla normativa vigente in materia di rifiuti (DLgs 22/97, DM 471/99, etc.).

L'eventuale riutilizzo in situ del materiale di risulta sarà effettuato sulla base dei seguenti criteri:

- le risultanze analitiche di detti materiali, riferite alla sola frazione granulometrica < 2 mm, dovranno risultare conformi ai limiti della Tabella 1 dell'allegato 1 del DM 471/99, in conformità con la destinazione d'uso delle aree in cui il materiale sarà utilizzato;
- le risultanze analitiche del test di cessione eseguito sulla frazione > 2 mm, per una durata di 24 ore, dovranno essere conformi ai limiti della Tabella "Acque sotterranee" dell'allegato 1 del DM 471/99".

6.4 Ripristini finali

Al termine dei lavori, le aree saranno ripristinate fino a tornare nelle condizioni preesistenti.

In particolare, dopo aver alloggiato le tubazioni di mandata in un letto di posa in sabbia ben costipata, dello spessore di minimo di 15 cm, si procederà al riempimento dello scavo con misto granulare fino ad arrivare al piano di posa della

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 52 di 86	Rev.
	1

fondazione stradale preesistente; inoltre, si provvederà al livellamento ed alla pulizia di questo ultimo al fine di stendere un manto di collegamento in conglomerato bituminoso dello spessore finito pari a quello esistente e comunque non inferiore ai 5 cm.

Poco sotto il limite superiore dello strato di misto granulare, si dovrà provvedere a porre in opera un nastro segnalatore per individuare la presenza di tali sottoservizi, in previsione di scavi futuri.

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 53 di 86	Rev.
	1

7 CONTROLLO DI QUALITA' SUGLI INTERVENTI EFFETTUATI E SUI MATERIALI UTILIZZATI

7.1 Realizzazione dreni orizzontali

Prima dell'inizio dei lavori si verificherà la rispondenza del profilo del foro pilota e dello stato tensionale sulle tubazioni in accordo con i risultati delle indagini preliminari.

A fine lavori si verificherà l'effettiva configurazione geometrica dell'opera drenante.

Si verificherà inoltre la rispondenza di tutte le apparecchiature elettrostrumentali e meccaniche alle specifiche di progetto.

7.1.1 Prima dell'inizio della trivellazione

Prima dell'inizio dei lavori si definiranno, a titolo indicativo e non esaustivo, quanto di seguito riportato:

- risultati dell'indagine geognostica e del monitoraggio dei sottoservizi al fine di caratterizzare al meglio le operazioni di trivellazione;
- le procedure relative alle modalità di esecuzione della trivellazione controllata con determinazione alle massime pressioni operative dei fluidi di perforazione atte ad evitare la possibilità di fratture del terreno circostante l'asse della trivellazione progettata;
- la determinazione dei valori di tiro necessari al varo delle condotte;
- le eventuali modalità di ricircolo e recupero dei fluidi di perforazione in conformità alle vigenti normative in materia di rifiuti;
- le schede tecniche delle attrezzature utilizzate per l'esecuzione della TOC;
- gli interventi previsti in caso di avaria di qualche organo principale durante l'esecuzione della TOC;
- procedure e modalità operative previste per ovviare alle difficoltà messe in luce dagli studi e dalle condizioni di progetto;
- lista dei pezzi di ricambio disponibili in cantiere;
- lista del personale impiegato durante le varie fasi di lavoro;
- programma di sicurezza;
- scheda tecnica relativa al fluido di perforazione che attesti anche la non tossicità, la non pericolosità e la compatibilità con i fluidi presenti nel sottosuolo;
- scheda tecnica relativa alle tubazioni poste in opera;
- **piano progettuale d'intervento** (vedi "Criteri per il calcolo ed il dimensionamento del dreni orizzontale posto in opera mediante trivellazione orizzontale controllata").

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 54 di 86	Rev.
	1

7.1.2 Durante le operazioni di trivellazione

Durante le operazioni di trivellazione:

- si controlleranno in continuo la direzione e l'avanzamento dell'asta pilota assicurando che l'andamento del foro perforato sia in accordo con il profilo di progetto. Per ogni asta saranno registrati i valori di inclinazione, azimut, distanza orizzontale ed elevazione; eventuali scostamenti dovranno rientrare entro le seguenti tolleranze:
 - lunghezza trivellata: $\pm 1\%$ della lunghezza di progetto;
 - verticalmente: $\pm 5\%$ rispetto alla massima profondità di progetto;
 - planimetricamente: non sono ammessi spostamenti planimetrici superiori a ± 1 m;
 - raggio di curva elastica: non dovrà essere, di norma, inferiore a quello di progetto su tutto lo sviluppo della curva;
 - angolo di entrata coincidente con quello di progetto;
 - angolo di uscita $\pm 10\%$ di quello di progetto.
- si metteranno in atto tutti gli accorgimenti per evitare fuoriuscite in superficie del fluido di perforazione;
- si eviterà che, durante la fase di tiro-posa, siano impiegati sforzi superiori a quelli consentiti;
- si verificheranno in continuo, nel corso di tutte le fasi, i parametri fisici del fluido di perforazione per controllare l'andamento della perforazione e la stabilità del foro;
- si produrranno, per ciascuna fase operativa, le registrazioni dei valori relativi alla pressione dei fluidi ed i dati relativi alla torsione e tiro esercitati dal *rig* per ogni asta.

7.1.3 Fine lavori

A fine lavoro, si redigerà un rapporto finale comprensivo di:

- disegno *as-built* della trivellazione comprendente andamento planimetrico e profilo longitudinale asse condotta, eseguito sulla base dei dati registrati in automatico durante l'esecuzione del foro pilota;
- tabulati dei dati relativi agli andamenti delle variazioni azimutali e di inclinazione registrati durante la fase di esecuzione del foro pilota;
- tabulati dei dati relativi al fluido di perforazione, annotati o registrati in ogni fase della trivellazione, riferiti a:
 - quantitativo di miscela polimerica utilizzata;
 - pressioni operative del fluido registrate al *rig*;
- schede tecniche relative alle caratteristiche del fluido di perforazione;
- schede tecniche relative a tutti i materiali utilizzati;
- tabulati dei dati relativi all'esecuzione del foro pilota, alesaggio e tiro-posa:
 - velocità di avanzamento;
 - sforzo di tiro;

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 55 di 86	Rev.
	1

- sforzo di torsione;
- portata del fluido di perforazione.

7.2 Realizzazione dreni verticali

Nell'ambito dei lavori di realizzazione dei dreni verticali, non si prevedono particolari controlli. Il lavoro sarà eseguito nel rispetto delle buone regole dell'arte di perforazione e dell'idrogeologia applicata, ponendo particolare attenzione, dove richiesto, alla separazione idraulica dei corpi acquiferi. Per quanto concerne i materiali utilizzati nell'ambito di tali lavorazioni, saranno conformi a quanto prescritto in progetto e nell'apposita specifica tecnica, come indicato al successivo punto 7.4.

7.3 Ritombamento degli scavi

Il ritombamento degli scavi dovrà avvenire o utilizzando lo stesso materiale proveniente dalle escavazioni qualora questo risulti conforme ai limiti tabellari del DM 471/99 relativamente a siti ad uso industriale, sia per i terreni che per gli eluati oppure utilizzando materiale certificato proveniente da cave di prestito esterne o interne allo Stabilimento.

Di conseguenza, la conformità di tali lavori di ripristino sarà certificata attraverso un verbale che attesti l'origine dei materiali, la conformità qualitativa, l'area di destinazione e la corretta esecuzione della messa in opera nel rispetto del progetto.

7.4 Materiali utilizzati

Tutti i materiali utilizzati nell'ambito delle lavorazioni dovranno essere conformi a quanto previsto nella specifica *"Modalità di esecuzione dei lavori e specifiche tecniche dei materiali"*, riportata in coda al presente Volume.

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 56 di 86	Rev.
	1

8 PIANO DI MANUTENZIONE DELLE OPERE

8.1 Dreni orizzontali

L'eventuale ripristino dell'opera a causa di un malfunzionamento derivante dall'intasamento del dreno o da guasti al sistema di pompaggio potrà essere realizzato nei seguenti modi:

- recupero della pompa sommersa e successiva manutenzione e/o sostituzione della stessa;
- inserimento di apposita apparecchiatura per eseguire operazioni di pulizia e/o spazzamento dei materiali fini, ad esempio mediante getto di acqua in pressione e/o operazioni di pistonaggio, utilizzando il cavo di servizio lasciato in opera.

Dopo un congruo periodo di funzionamento continuo nel tempo, in funzione delle risposte idrauliche che si otterranno, si verificherà l'opportunità di eseguire eventuali operazioni di spurgo e pulizia per il ripristino dell'efficienza di progetto ottenuta in fase di realizzazione ed avvio. Tali operazioni ricalcheranno quanto precedentemente esposto al par. 5.2.3.

8.2 Dreni verticali

Il mantenimento dell'efficienza di un dreno verticale richiede attività di manutenzione ordinaria delle apparecchiature e delle strumentazioni installate al suo interno, come la sostituzione e/o manutenzione dell'elettropompa sommersa in caso di guasto, malfunzionamento e/o avaria.

Dopo un congruo periodo di funzionamento continuo nel tempo, in funzione delle risposte idrauliche che si otterranno, si verificherà l'opportunità di eseguire eventuali operazioni di spurgo e pulizia per il ripristino dell'efficienza di progetto ottenuta in fase di realizzazione ed avvio. Tali operazioni ricalcheranno quanto precedentemente esposto al par. 5.3.3.

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 57 di 86	Rev.
	1

9 MODALITA' DI GESTIONE DEI MATERIALI DI RISULTA

Nell'ambito della realizzazione dei lavori e durante l'esercizio delle opere in oggetto, si dovrà provvedere allo smaltimento/riutilizzo dei materiali di scavo e delle acque reflue.

Di seguito si definiscono in dettaglio le attività specifiche di smaltimento.

9.1 Terreni e fanghi di risulta dalle perforazioni orizzontali

I terreni ed i fanghi di risulta sono quelli che derivano dalle diverse fasi di realizzazione delle opere:

- scavi inerenti la realizzazione dei dreni orizzontali, nella misura di un volume di ca. 15 m³ ognuno (volumi in banco);
- eventuali scavi inerenti la realizzazione di due fosse nel punto d'ingresso e d'uscita per ciascun dreno, nella misura di un volume complessivo (N. 2 vasche) di ca. 8 m³ (volumi in banco);
- scavi per la posa in opera, per ciascun dreno, di una tubazione di collettamento delle acque drenate, nel tratto compreso tra la testa pozzo e il raggiungimento del *pipe rack* corrispondente, mediamente nella misura di ca. 8 m³ ognuno (volumi in banco);
- scavi per la realizzazione dei dreni verticali, nella misura di un volume di ca. 11 m³ ognuno (volumi in banco).

In totale, con riferimento alle 6 postazioni orizzontali e 10 verticali, si prevede la formazione di ca. 370 m³ di terreno di cui ca. 90 m³ frammisti a fanghi (volumi in banco).

In particolare, si provvederà a posizionare i materiali ed i fanghi di risulta su camion scarrabili e/o su apposite cisterne prefabbricate (o similari).

Il materiale di risulta degli scavi e quello raccolto nelle stesse vasche, dovrà essere successivamente caricato su appositi automezzi; la caratterizzazione e lo smaltimento/riutilizzo avverrà in ottemperanza alla normativa vigente in materia di rifiuti.

9.2 Reflui prodotti durante le operazioni di spurgo e collaudo delle postazioni drenanti

I reflui prodotti durante tali operazioni saranno convogliati su apposite autocisterne (o similari) per la raccolta delle acque di risulta.

Tali reflui saranno successivamente gestiti in ottemperanza alle vigenti normative in materia di rifiuti convogliandoli verso idoneo impianto di trattamento.

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 58 di 86	Rev.
	1

10 MONITORAGGIO

10.1 Monitoraggio in corso d'opera

Nel presente capitolo viene descritto il piano di monitoraggio della qualità dell'aria da eseguirsi nel corso dei lavori di realizzazione dei 6 dreni orizzontali e 10 dreni verticali.

Il monitoraggio verrà eseguito in continuo e con esposizione giornaliera e consentirà di verificare la qualità dell'aria in relazione agli operatori presenti in cantiere.

10.1.1 Monitoraggio della qualità dell'aria

Durante le operazioni di movimentazione dei terreni verrà eseguito un monitoraggio dell'Atmosfera che consentirà di verificare la qualità dell'aria in relazione agli operatori presenti in cantiere. In particolare gli obiettivi del monitoraggio dell'aria saranno i seguenti:

- determinazione dell'esposizione giornaliera dei lavoratori ai contaminati aerodispersi;
- confronto con i valori limite di soglia (TLV-TWA) ed azioni volte alla riduzione delle concentrazioni in caso di superamento dei limiti.

Il monitoraggio per la determinazione dell'**esposizione giornaliera** dei lavoratori sarà eseguito con **dosimetri personali** e consentirà di determinare le concentrazioni delle varie sostanze aerodisperse, da confrontare con i limiti TLV-TWA. In particolare un dosimetro (con membrana in cellulosa) sarà impiegato per la determinazione delle polveri e delle sostanze ad esse adsorbite, mentre il secondo dosimetro (con fiale a carbone attivo) sarà impiegato per la determinazione delle sostanze organiche volatili.

Monitoraggio dell'esposizione giornaliera

Il monitoraggio dell'esposizione giornaliera prevederà un'attività preliminare di "bianco" volta a rilevare le concentrazioni dello stato di zero ante-operam (in assenza di attività di movimentazione del terreno), seguita da un campionamento durante i lavori, effettuato nelle stesse aree dove è stato definito il "bianco".

Determinazione del "bianco"

Il "bianco" sarà effettuato in **2 giornate** consecutive su **2 punti**: in 1 verranno prelevate le polveri per la determinazione delle sostanze elencate nella **Tabella 10.1/A**, nell'altro punto saranno utilizzati campionatori (dosimetri) per la determinazione delle sostanze organiche elencate nella **Tabella 10.1/B**.

Il posizionamento dei punti di misura, ad opera del Responsabile del Monitoraggio, dovrà essere rappresentativo dell'area interessata dalla movimentazione dei terreni.

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 59 di 86	Rev.
	1

Monitoraggio durante i lavori

Si definisce **punto di campionamento** un sostegno in cui sono alloggiati 2 portafiltri per il prelievo delle PTS, un campionatore di PM₁₀ e 2 dosimetri per il campionamento delle sostanze elencate in **Tabella 10.1/B**.

Il numero di punti di campionamento presenti in cantiere dipenderà dalla tipologia di lavorazione; si prevede di installare:

- N. 2 punti di campionamento durante l'esecuzione di sondaggi e dreni verticali (uno sopra vento ed uno sotto vento);
- N. 3 punti di campionamento durante l'esecuzione dei dreni orizzontali.

Il posizionamento dei punti di misura, ad opera del Responsabile del Monitoraggio, dovrà essere rappresentativo dell'area interessata dalla movimentazione dei terreni.

Nei periodi più critici delle lavorazioni, a scelta del capo cantiere, i due dosimetri impiegati in ogni punto di campionamento saranno fissati su due differenti lavoratori. Pertanto, a seconda delle lavorazioni, si avranno:

- 6 dosimetri su 6 lavoratori differenti (dreni orizzontali);
- 4 dosimetri su 4 lavoratori differenti (dreni verticali e sondaggi).

Tab. 10.1/A – Elenco delle sostanze da ricercare nelle PTS (Polveri Totali Sospese)

Contaminante
<p>Metalli Cadmio, Cromo totale, Ferro, Manganese, Nichel Piombo, Rame, , Vanadio, Zinco, Mercurio, Antimonio, Arsenico</p>
<p>PCB</p>
<p>PCDD-PCDF</p>
<p>IPA</p>
<p>Polveri totali, Polveri inalabili</p>

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 60 di 86	Rev.
	1

Tab. 10.1/B –Elenco delle sostanze organiche

Contaminante
<p style="text-align: center;">Sostanze Alifatiche Clorate</p> <p>1,1,2,2 Tetracloroetano – 1,1,2 Tricloroetano – 1,2 Dicloroetano 1,2 Dicloroetilene – Tetracloroetilene – Tricloroetilene – Triclorometano Esaclorobutadiene</p>
<p style="text-align: center;">Sostanze Aromatiche Clorate</p> <p>1,4 Diclorobenzene – Clorobenzene</p>
<p style="text-align: center;">Cloruro di vinile</p>
<p style="text-align: center;">m-Xilene</p>

Campionamento in tempo reale

Il monitoraggio in continuo ha la finalità di determinare le concentrazioni in tempo reale dei contaminanti elencati nella tabella 13.1/B. Qualora la concentrazione di una qualunque delle sostanze rilevate risulti superiore al 50% del corrispondente TLV-STEL di riferimento, il Responsabile del Monitoraggio lo comunicherà immediatamente al capo cantiere.

Le misurazioni andranno prese in un'area rappresentativa delle condizioni ambientali che si verranno a creare per la realizzazione delle diverse postazioni di drenaggio.

Ogni misura costituirà la media dei valori letti durante **14 minuti** di misurazione; questo accorgimento serve ad evitare decisioni di modifica dei livelli di protezione basate su osservazioni non rappresentative.

Le misure saranno effettuate almeno 4 volte al giorno nel cantiere di lavoro; i dati saranno annotati sul giornale di campagna.

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 61 di 86	Rev.
	1

10.2 Monitoraggio *post-operam*

Al termine della realizzazione dell'opera, è previsto il collaudo dell'intervento per verificare l'efficienza delle postazioni drenanti orizzontali e verticali (massima portata da drenare).

Le attività necessarie al collaudo sono descritte nel par. 5.2.3 e 5.3.3.

Le operazioni di messa a regime del sistema di DCS saranno effettuate mediante l'esecuzione di campagne di monitoraggio da strutturare come di seguito descritto.

Ovviamente, tutte le attività di monitoraggio/controllo piezometrico e qualitativo dovranno essere concordate con la Pubblica Autorità.

Altri due importanti parametri che si ritiene necessario inserire all'interno del programma di monitoraggio ambientale *post-operam* sono:

- conducibilità elettrica;
- cedimenti.

Relativamente al controllo della conducibilità elettrica, si rimanda al VOLUME VII "Impatto su alcune variabili ambientali" specificatamente dedicato a descrivere il comportamento del sistema in funzione del cambiamento operato dal DCS.

10.2.1 Monitoraggio piezometrico

Le opere di drenaggio dovranno rispondere agli specifici obiettivi programmati da progetto.

A verifica del corretto funzionamento del DCS, in base alle specifiche e reali risposte del sistema idrogeologico in dinamico, è necessario programmare una dedicata campagna di misurazioni del carico idraulico della falda da realizzarsi sulla rete piezometrica esistente.

A seguito della realizzazione delle opere previste da progetto, saranno funzionali nel Nuovo Petrolchimico, oltre ad altre opere di drenaggio previste come misure di sicurezza:

- Vasca ATI che attualmente drena a gravità ca. il 26% delle acque sotterranee del NP;
- n. 1 postazione drenante lineare (TOC) di lunghezza di ca. 40 m in area AC-NO (da realizzare);
- n. 1 postazione drenante lineare (TOC) di lunghezza di ca. 40 m in area AC-NO (da realizzare);
- n. 1 postazione drenante lineare (TOC) di lunghezza di ca. 40 m in area AS (da realizzare);
- n. 1 postazione drenante lineare (TOC) di lunghezza di ca. 40 m al confine fra area AC-SE e CR (da realizzare);
- n. 1 postazione drenante lineare (TOC) di lunghezza di ca. 40 m da posizionare lungo la via della Chimica (da realizzare);

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 62 di 86	Rev.
	1

- n. 1 postazione drenante lineare (TOC) di lunghezza di ca. 40 m da posizionare in area PSS-CR4 (da realizzare);
- n. 7 postazioni drenanti puntuali (dreni verticali) in area Montefibre (messe in opera come misure di sicurezza);
- n. 7 postazioni drenanti puntuali (dreni verticali) in area DOW (già messe in opera come misure di sicurezza). In tale area sono previste ulteriori 4 postazioni drenanti da realizzare in corrispondenza dei piezometri più contaminati presenti nell'area TDI.
- n. 3 postazioni drenanti puntuali (dreni verticali) al confine fra area Edison e Montefibre (da realizzare);
- n. 2 postazioni drenanti puntuali (dreni verticali) in isola 46 (da realizzare).
- n. 1 postazione drenante puntuali (dreno verticale) in zona MT-CPL (da realizzare).
- n. 11 postazioni drenanti puntuali (dreni verticali) in Darsena della Rana (già messe in opera come misure di sicurezza).

Prima dell'entrata in funzione delle postazioni programmate come DCS è prevista la realizzazione di una campagna di monitoraggio piezometrico (bianco di riferimento) su tutta la rete di piezometri realizzati nel Nuovo Petrolchimico (prima falda e livelli idrici di saturazione del riporto).

Successivamente, le postazioni DCS saranno messe in funzione inizialmente alla minima portata di progetto prevista da Modello Matematico di Simulazione per una durata complessiva di ca. 1 mese.

Durante tale periodo dovranno essere controllati, a cadenza settimanale, i livelli nelle postazioni drenanti e nei piezometri circostanti da individuare fra quelli in corso di realizzazione con il PdC.

Al termine di questa prima fase di drenaggio, sarà eseguita una nuova campagna piezometrica per valutare la risposta del sistema idrogeologico al drenaggio in atto. Questa nuova campagna verrà eseguita su tutte le postazioni piezometriche del Nuovo Petrolchimico, come previsto nel punto precedente.

A seguito di questa prima fase di controllo, si deciderà se disattivare o mantenere ancora in funzione le postazioni drenanti in uso come misure di sicurezza e/o se incrementare la portata di progetto delle opere DCS ad un gradino più alto. Questo incremento potrà interessare o tutte le postazioni DCS in opera o parte di esse, a seconda delle specifiche risposte ottenute dal controllo del carico idraulico in prima falda.

Dopo questa fase preliminare di controllo/taratura del sistema, seguiranno controlli piezometrici a cadenza mensile per i primi 6 mesi e bimensile per gli ulteriori sei mesi successivi.

Al termine del primo anno di monitoraggio/controllo del DCS, che ha lo scopo prioritario di tarare il drenaggio sulle effettive potenzialità idriche del sistema idrogeologico, sarà presentato un rapporto di sintesi con indicate le successive fasi di controllo della funzionalità dell'opera.

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 63 di 86	Rev.
	1

Per i successivi anni si prevede di continuare il monitoraggio piezometrico a cadenze quadrimestrali per il secondo anno e semestrali per i successivi.

La **Tabella 10.2.1/A** mostra la proposta di monitoraggio piezometrico per il controllo dell'efficacia del sistema di DCS.

	Parametri di controllo	Postazioni	Cadenza
Bianco di riferimento	Controllo del carico idraulico in 1° falda e nei livelli idrici di saturazione del riporto	1° falda e livelli di saturazione del riporto	-
Primo mese di funzionamento	Controllo del carico idraulico in 1° falda e nei livelli idrici di saturazione del riporto	Postazioni DCS e piezometri circostanti	Settimanale
Primo 6 mesi di funzionamento	Controllo del carico idraulico in 1° falda e nei livelli idrici di saturazione del riporto	Postazioni DCS e Rete di piezometri	Mensili
Successivi 6 mesi di funzionamento	Controllo del carico idraulico in 1° falda e nei livelli idrici di saturazione del riporto	Postazioni DCS e Rete di piezometri	Bimensili
Secondo anno di funzionamento	Controllo del carico idraulico in 1° falda e nei livelli idrici di saturazione del riporto	Postazioni DCS e Rete di piezometri	Quadrimestrale
Terzo-Quinto anno di funzionamento	Controllo del carico idraulico in 1° falda e nei livelli idrici di saturazione del riporto	Postazioni DCS e Rete di piezometri	Semestrale

Tab. 10.2.1/A – Proposta di monitoraggio piezometrico per il NUOVO PETROLCHIMICO

Le attività di controllo piezometrico atte alla verifica della funzionalità del DCS, dovranno essere eseguite in contemporanea a quelle previste nel Vecchio Petrolchimico (cfr. VOLUME IV).

In ogni caso sarà necessario continuare le operazioni di calibrazione del Modello Matematico di Simulazione di Sito al fine di avere sempre disponibile uno strumento di supporto alle decisioni continuamente aggiornato ed in grado di predire le risposte del sistema idrogeologico ai cambiamenti indotti dalle opere in costruzione.

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 64 di 86	Rev.
	1

10.2.2 Monitoraggio qualitativo

Relativamente al controllo delle acque sotterranee viene previsto un primo riscontro qualitativo delle acque di prima falda e delle acque di livelli idrici di saturazione del riporto prima dell'entrata in funzione del DCS (bianco di riferimento).

Questa campagna di bianco può coincidere con il monitoraggio qualitativo previsto ed eseguito nel PdC.

A seguito di questa prima campagna di monitoraggio dovranno essere definiti i seguenti punti:

- rete di monitoraggio piezometrico in prima falda e nei livelli idrici di saturazione del riporto (selezione delle postazioni da monitorare)
- parametri indicatori da ricercare (selezione degli inquinanti indicatori dello stato di qualità delle acque sotterranee).

Successivamente vengono previsti monitoraggi da eseguire con la seguente cadenza:

- Primo mese di funzionamento in continuo del DCS; monitoraggio settimanale qualitativo sulle acque drenate, con ricerca di alcuni parametri chiave (organo-alogenati indicati in **Tabella 10.2.2/A**) per verificare il trend di concentrazione in entrata nelle opere drenanti e valutare eventuali incrementi a seguito del richiamo di acque sotterranee.
- Primo anno di attività del DCS: controllo trimestrale sulle postazioni DCS e sulla rete di piezometri con ricerca dei parametri indicatori individuati (set completo risultato fuori limite DM 471/99 con la prima campagna di bianco);
- Secondo anno di attività del DCS: controllo quadrimestrale sulla medesima rete di controllo con ricerca degli stessi parametri indicatori;
- Terzo-quinto anno di attività del DCS: controllo semestrale sulla medesima rete di controllo con ricerca degli stessi parametri indicatori.

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 65 di 86	Rev.
	1

	Parametri di controllo	Postazioni	Cadenza
Bianco di riferimento	Parametri analizzati nel corso della caratterizzazione 50x50 m	Rete di piezometri	-
Primo mese di funzionamento	Tricloroetilene, 1,2-Dicloroetilene, Cloruro di Vinile, 1,1,2-Tricloroetano, 1,1,2,2-Tetracloroetano	Postazioni DCS	Settimanale
Primo anno di funzionamento	Metalli Pesanti Organo-Alogenati Cloro derivati del benzene (set completo fuori limite DM 471/99, eccetto diossine, al momento non considerate)	Postazioni DCS+ Rete di piezometri	Trimestrale
Secondo anno di funzionamento	In base ad evidenze emerse dal primo anno di monitoraggio (parametri indicatori)	Postazioni DCS+ Rete di piezometri	Quadrimestrale
Terzo-Quinto anno di funzionamento	In base ad evidenze emerse dal secondo anno di monitoraggio (parametri indicatori)	Postazioni DCS+ Rete di piezometri	Semestrale

Fig. 10.2.2/A – Proposta di monitoraggio qualitativo per il NUOVO PETROLCHIMICO

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 66 di 86	Rev.
	1

11 MODALITA' DI LAVORO E CRITERI DI PROTEZIONE AMBIENTALE

L'intervento in esame prevede la realizzazione di opere drenanti sotterranee con conseguente movimentazione di materiali di risulta potenzialmente contaminati, quale attività principale, e l'eventuale demolizione delle infrastrutture presenti nelle aree di intervento.

Sulla base delle tipologie dei lavori da eseguire e delle caratteristiche intrinseche del sito, nell'ambito della progettazione esecutiva o dell'appalto dei lavori sarà redatto il Piano di Sicurezza e Coordinamento PSC ai sensi del DLgs 494/96 e successivo DLgs 528/99, a cui le singole Imprese esecutrici allegheranno i propri Piani Operativi di Sicurezza (POS) ai sensi del DLgs 626/94.

Il PSC conterrà l'individuazione, l'analisi e la valutazione dei rischi, le conseguenti procedure esecutive, gli apprestamenti e le attrezzature atte a garantire, per tutta la durata dei lavori, il rispetto delle norme per la prevenzione degli infortuni e la tutela della salute dei lavoratori.

Il piano conterrà le disposizioni di coordinamento e l'indicazione delle procedure e degli apprestamenti destinati a garantire la sicurezza e la salute degli addetti.

In particolare:

- apprestamenti, infrastrutture, mezzi logistici e di protezione collettiva necessari in relazione alla specificità dell'opera ed alla sua localizzazione;
- misure relative ai rischi risultanti dalla presenza di più imprese e/o lavoratori autonomi;
- prescrizioni correlate alla complessità dell'opera ed alle eventuali fasi critiche;
- disciplina delle interferenze tra le varie fasi;
- prescrizioni relative all'uso dei DPI;
- modalità di cooperazione, coordinamento e reciproca informazione tra le imprese e/o lavoratori autonomi.

Di seguito si riporta un elenco generale di precauzioni e modalità operative da adottare durante tutte le fasi dei lavori al fine di eseguire tutte le lavorazioni in sicurezza sia per gli operatori, sia per l'ambiente e la popolazione residente in zona:

- durante la fase di trasferimento dei materiali di risulta, i mezzi di trasporto viaggeranno in piste ben definite;
- gli autocarri che trasporteranno i materiali od i terreni contaminati dovranno essere dotati di cassone coperto;
- interruzione dei lavori ed immediata segnalazione al personale di Stabilimento nel caso si rinvenissero infrastrutture o corpi interrati non previsti;
- durante la fase di demolizione delle strutture in calcestruzzo armato e durante quella di frantumazione e deferrizzazione, si dovranno prevedere accorgimenti per evitare il sollevarsi delle polveri, irrorando anche con acqua le strutture da demolire ed i materiali di risulta stoccati o in fase di lavorazione, qualora necessario;
- i mezzi di demolizione e di scavo saranno dotati di cabina chiusa ed opereranno sempre dal piano campagna evitando di transitare sui terreni contaminati scavati;

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 67 di 86	Rev.
	1

- durante tutte le fasi di perforazione verrà posto in opera un sistema di estrazione e trattamento (con filtri a carboni attivi) dell'aria da posizionare a bocca foro;
- tutto il personale operante dovrà utilizzare i dispositivi di protezione individuale DPI, previsti dalle normative vigenti in materia di sicurezza, che verranno espletati nel PSC.

L'ingresso al cantiere sarà consentito solo al personale autorizzato.

Per i materiali da smaltire, il trasferimento a discarica sarà eseguito mediante automezzi autorizzati al trasporto dei rifiuti in esame, secondo le procedure previste dalla normativa vigente.

Il transito dei mezzi all'esterno dell'area di cantiere sarà organizzato, per quanto possibile, in modo tale da minimizzare le interferenze con la viabilità interna dello Stabilimento e la viabilità urbana.

Le attività saranno condotte nel rispetto della normativa vigente in materia di inquinamento acustico.

Il cantiere sarà inoltre dotato delle attrezzature antincendio e antinfortunistiche previste dalla normativa vigente.

Al fine di garantire la protezione dei lavoratori è stato previsto un idoneo piano di monitoraggio della qualità dell'aria durante l'intera durata dei lavori (cfr. capitolo "Monitoraggio in corso d'opera").

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 68 di 86	Rev.
	1

12 CRITERI PER IL CALCOLO ED IL DIMENSIONAMENTO DEI DRENI ORIZZONTALI

La fase di calcolo nel progetto di *directional drilling* finalizzato alla posa in opera di un dreno orizzontale della lunghezza di ca. 40 m, nel Nuovo Petrolchimico di Porto Marghera (VE), posto ad una profondità di ca. 13 m da p.c., riguarda essenzialmente:

- calcolo del percorso di perforazione (*drilling path*);
- calcolo dei passaggi di alesatura;
- calcolo del tiro.

Il tracciato del foro pilota è subordinato alla conoscenza di una serie di parametri legati:

- alla tipologia del terreno attraversato (caratteristiche fisico-meccaniche);
- alla tipologia della batteria di aste utilizzata (lunghezza, dimensioni, materiale, etc.);
- alla tipologia di macchinari utilizzati (tiro, spinta, coppia torcente);
- alla tipologia del materiale costituente la colonna di varo (resistenza, modulo elastico, raggio di curvatura, inerzia, etc.).

Giacché tale dimensionamento non è disciplinato da alcuna normativa e poiché il calcolo è funzione di numerose variabili tecnicamente valide, non esistendo pertanto una soluzione univoca, verranno fornite esclusivamente indicazioni limiti di massima a cui attenersi per la corretta esecuzione dell'opera in progetto.

Tali indicazioni potrebbero subire variazioni anche in dipendenza dei risultati delle indagini preliminari propedeutiche all'opera, descritte in dettaglio nella relazione tecnico descrittiva annessa al presente Volume.

12.1 Calcolo del percorso di perforazione

Il percorso di perforazione è una linea ad andamento curvilineo spaziale, lungo la quale si sviluppa il foro pilota, e le successive fasi di alesatura e tiro.

Al fine di calcolare questo tracciato si dovranno tenere in considerazione i seguenti parametri:

- **deviabilità Δi_{max}** : massima deviazione angolare possibile nell'unità di lunghezza, per un particolare tipo di utensile in uno specifico terreno (funzione quindi del sistema batteria d'aste- terreno). A parità di utensile, terreni caratterizzati da una resistenza al taglio più elevata permetteranno deviabilità più elevate.
- **raggio di curvatura minimo in deviazione R_d** : il reciproco della deviabilità (per terreni coesivi come argille, argille sabbiose, sabbie argillose, limi, limi sabbiosi, etc. si può assumere un valore da 30 a 50 m).
- **raggio minimo di curvatura della batteria d'aste R** : calcolato a partire dalle caratteristiche meccaniche della batteria (sezione trasversale, momento d'inerzia, tensione ideale di lavoro del materiale, etc.) e delle sollecitazioni agenti su di essa.

Il sistema di forze applicate alla batteria, trasmesse dalla perforatrice, nel caso di perforazione rotativa semplice, sono:

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 69 di 86	Rev.
	1

- uno sforzo normale di tiro T (o di spinta S);
- un momento torcente M_t ;
- un momento flettente M_b pari a:

$$M_b = \frac{E \cdot J_x}{R}$$

in cui:

E = modulo di Young del materiale di cui è costituita la batteria (acciaio);
 J_x = momento d'inerzia della *sezione di minima resistenza* della batteria.

A tale sistema di forze corrisponde un sistema tensionale biassiale dato da:

- tensione normale
$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{D \cdot M_b}{2 \cdot J_x}$$

- tensione tangenziale
$$\tau = \frac{D \cdot M_t}{4 \cdot J_x}$$

avendo indicato con:

A = area della *sezione di minima resistenza* della batteria di perforazione;
D = diametro delle aste componenti la batteria di perforazione.

Applicando il criterio di resistenza di Von Mises si riporta lo stato di tensione biassiale ad uno stato monoassiale:

$$\sigma_{id\ max} = \sqrt{\sigma^2 + \tau^2}$$

la tensione ideale massima va confrontata con la massima tensione di lavoro del materiale (in linea di massima si può assumere un valore di circa 700 MPa). Sostituendo i valori noti nell'espressione precedente, si ricava il valore incognito del raggio di curvatura R.

Generalmente il valore del limite elastico, del carico di rottura unitario e del raggio minimo di curvatura sono presenti nel certificato di origine del materiale con il quale sono costruite le aste di perforazione.

- **raggio minimo di curvatura della tubazione R_t** : funzione delle caratteristiche meccaniche della tubazione che andrà installata. Occorre infatti ricordare che la tubazione in fase di tiro è soggetta, oltre che alla flessione, anche ad una trazione (le torsioni vengono annullate mediante il giunto girevole). Tale valore è ottenibile dalla seguente espressione:

$$R_t = \frac{D \cdot E}{2 \left[\frac{\sigma_s}{\eta} - \frac{T}{A} \right]}$$

dove:

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 70 di 86	Rev.
	1

σ_s = tensione di snervamento del materiale con cui è fatta la tubazione (nel caso di materiali eterogenei saldati si prenderà la minima);
 η = coefficiente di sicurezza allo snervamento (assunto pari a 1,5 – 2);
T = tiro applicato alla tubazione;
D = diametro della tubazione.

12.1.1 Verifica del percorso di perforazione

In ogni tratto del percorso dovrà essere verificata la seguente condizione:

$$R_t \leq R \leq R_d$$

Ovvero il raggio di curvatura utilizzato sia il più grande tra i 3 ricavati.

12.2 Calcolo della sovralesatura

Indicato con:

D_{fr} = sovralesatura (diametro finale del preforo);

D_p = diametro della tubazione da installare.

Dall'esperienza maturata in ambito delle T.O.C. risulta che:

$$D_{fr} = \frac{D_p}{\sqrt{r}}$$

dove r è un coefficiente empirico funzione della deviabilità e della tipologia del terreno (nel caso in esame variabile tra 0,35 e 0,60).

12.2.1 Calcolo dei passaggi di alesatura intermedi

L'alesatura è un tipico processo di escavazione, pertanto avrà rilevanza la pressione media al contatto tra alesatore e terreno. Indicata con:

T = trazione applicata alla testa dell'alesatore;

D_1 = diametro del primo passaggio di alesatura;

D_{pb} = diametro della perforazione pilota;

D_{fr} = sovralesatura (diametro finale del preforo);

c_u = resistenza al taglio non drenata (desumibile da una prova scissometrica);

κ = coefficiente empirico (variabile tra 30 e 50);

al limite dovrà essere verificata la seguente relazione:

$$D_1 = \sqrt{D_{pb}^2 + \frac{4 \cdot T}{\pi \cdot \kappa \cdot c_u}}$$

noto D_1 si calcola l'area della corona di alesatura, come:

$$A_r = \frac{(D_1^2 - D_{pb}^2) \cdot \pi}{4}$$

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 71 di 86	Rev.
	1

nota A_r si calcolano i successivi passaggi di alesatura sino ad arrivare a D_{fr} secondo la seguente formula:

$$D_{i+1} = \sqrt{D_i^2 + \frac{4 \cdot A_r}{\pi}}$$

Il valore di T da inserire nel calcolo dipende da vari fattori tra i quali:

- la capacità della perforatrice;
- la deformabilità della batteria di perforazione;
- la deformabilità della/e tubazione/i da posare.

Ovviamente il valore di T sarà quello più limitante tra quelli elencati.

12.3 Calcolo del tiro

La trazione applicata in fase di tiro T dovrà essere compresa tra un valore limite inferiore (affinché la tubazione entri in movimento) ed uno superiore (calcolato in funzione della deformabilità della colonna di varo).

$$T_{\min} \leq T \leq T_{\max}$$

12.3.1 Calcolo del tiro minimo

Nel caso di impiego di fluidi di perforazione in fase liquida, la condizione ideale che si tende a raggiungere nel preforo è quella di tubazione completamente immersa nel fluido stesso. In tale condizione ideale l'attrito che si genera nel preforo non è quello dovuto al contatto tubazione-terreno, ma quello tra tubazione e liquido. In tutti gli altri casi, o quando la condizione ideale non venga raggiunta, è il contatto tubazione-terreno a governare il fenomeno.

Valore del coefficiente d'attrito

Il valore del coefficiente d'attrito varia in funzione dei seguenti parametri:

- natura dei materiali a contatto;
- stato di lubrificazione.

Indicato con f tale coefficiente, il suo valore, potrà variare in un intervallo compreso tra 0,1 e 0,8.

Pressione di contatto dovuta al peso

Noto il peso della/e tubazione/i W la componente della resistenza alla trazione dovuta al peso è:

$$F_p = f \cdot W$$

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fig. 72 di 86	Rev.
	1

qualora la tubazione venisse inserita allagata, il peso W dovrà ovviamente comprendere anche il peso del liquido immesso nella condotta.

Pressione di contatto dovuta alla reazione elastica della batteria di perforazione o della colonna di varo

Nei tronchi di raccordo la tubazione e la batteria sono soggette ad una sollecitazione flettente, la cui caratteristica è un momento pari a:

$$M_b = \frac{E \cdot J_x}{R}$$

con ovvio significato dei simboli. Poiché la tubazione tenderà a riportarsi nella configurazione indeformata, si originerà una reazione vincolare al contatto tubazione-terreno o terreno-batteria. Ai fini delle verifiche è possibile assumere che tale forza (F_{re}) si ripartisca lungo un tronco di lunghezza pari ad $\frac{1}{4}$ di quello del raccordo circolare (vedi figure successive).

La forza può essere determinata secondo lo schema riportato in figura 12.3.1/B, assumendo che la reazione all'incastro sia proprio pari a M_b :

$$F_{re} = \frac{4 \cdot E \cdot J_x}{R \cdot L}$$

dove L è la semilunghezza del tronco di raccordo.

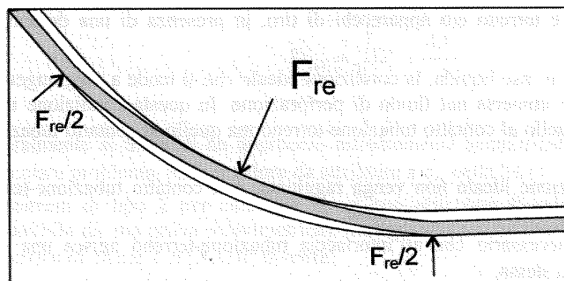


Fig. 12.3.1/A – forza di reazione elastica nelle zone di raccordo.

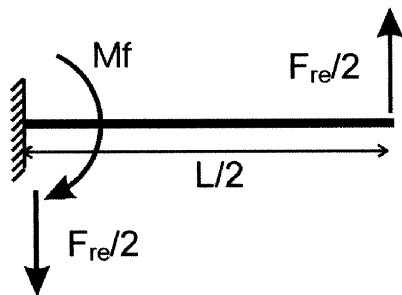


Fig. 12.3.1/B –schema di calcolo di F .

Nota F_{re} la componente di attrito dovuta alla reazione elastica sarà data da:

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 73 di 86	Rev.
	1

$$F_{are} = F_{re} \cdot f$$

Tiro minimo nel caso di crollo delle pareti del preforo

Quando, nonostante tutti gli accorgimenti presi, è da temere il crollo delle pareti del preforo, allora occorre impostare un calcolo per verificare se l'installazione risulti ancora possibile.

In tal caso, l'effetto del peso della tubazione verrà trascurato, tranne nel caso in cui la tubazione risultasse allagata.

In questa verifica più che di forze di attrito è più corretto parlare di resistenza o aderenza laterale data da:

$$R_T = \chi \cdot c_u \cdot \pi \cdot D \cdot L_{TOT}$$

dove.

D = diametro esterno tubazione;

L_{TOT} = lunghezza totale tubazione.

Formule per il calcolo di T_{min}

Riassumendo si ha:

- **preforo integro** $T_{\min} = F_p + F_{are\ entrata} + F_{are\ uscita}$
- **preforo crollato** $T_{\min} = R_T$

12.3.2 Calcolo del tiro massimo

La tubazione in fase di tiro può essere soggetta, come già evidenziato, ad una trazione T_{max} ed un momento flettente M_b nel tratto di raccordo avente il più piccolo raggio di curvatura R, tali che nel materiale non venga mai superata la tensione ammissibile (pari alla tensione di snervamento del materiale divisa per un opportuno coefficiente di sicurezza come descritto al paragrafo 12.1).

Impostando il calcolo nel tronco avente il più piccolo raggio di curvatura R dell'intero percorso di perforazione, si ricava che:

$$T_{\max} = A \cdot \left(\sigma_{amm} - \frac{E \cdot D}{2 \cdot R} \right)$$

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 74 di 86	Rev.
	1

12.4 Piano progettuale d'intervento

La precedente trattazione teorica sarà funzionale al corretto dimensionamento per la posa in opera di un dreno orizzontale mediante trivellazione orizzontale controllata, perciò, dopo aver picchettato sul terreno la posizione preliminare di massima della catenaria di varo e sulla scorta dei risultati delle indagini preliminari all'opera, si procederà all'elaborazione di un **piano progettuale d'intervento**.

Pertanto, sulla base di accurate valutazioni sulle peculiarità dell'opera, sul sito e sulle tecnologie e materiali disponibili e prima dell'inizio dei lavori, dovrà essere redatto un piano progettuale con lo scopo di illustrare tutte le modalità d'intervento e le procedure da adottare al fine di garantire la corretta realizzazione dell'opera di drenaggio secondo le finalità ed i tempi riportati in progetto.

Il piano progettuale d'intervento, costituito da una relazione tecnica eventualmente corredata da elaborati grafici, dovrà contenere almeno i seguenti punti:

1. criteri di scelta dell'attrezzatura e del materiale di perforazione:
 - dimensioni caratteristiche della macchina perforatrice (peso, ingombri, massimo valore di tiro, spinta e momento torcente applicabili);
 - dimensioni fisico, meccaniche e geometriche delle aste di perforazione (lunghezza, diametro del giunto e del tubo, raggio minimo di curvatura, tensione di snervamento/rottura del materiale, modulo elastico del materiale) e dell'utensile di perforazione;
 - caratteristiche del sistema di circolazione del fluido di scavo (pressione massima applicabile, capacità dei serbatoi);
 - caratteristiche del fluido di perforazione (scheda tecnica del materiale, viscosità, densità, rapporti di miscelazione);
 - caratteristiche fisico, meccaniche e geometriche delle tubazioni in HDPE filtranti e cieche (lunghezza, diametro esterno, spessore, raggio minimo di curvatura, tensione di snervamento/rottura del materiale, modulo elastico del materiale);
2. verifiche di calcolo per la definizione plano-altimetrica del percorso di trivellazione orizzontale controllata (secondo le modalità descritte al capitolo 1 utilizzando i parametri derivanti dal precedente punto dell'elenco):
 - calcolo del percorso di perforazione;
 - calcolo della sovralesatura;
 - calcolo del tiro;
3. descrizione delle sequenze operative da adottare al fine di garantire la corretta realizzazione dell'opera di drenaggio;
4. descrizione della tempistica con cui si intende operare, compatibile con i cronoprogramma dei lavori riportato in progetto.

Il piano progettuale d'intervento, elaborato dall' Appaltatore, dovrà essere condiviso ed approvato dalla Committente.

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 75 di 86	Rev.
	1

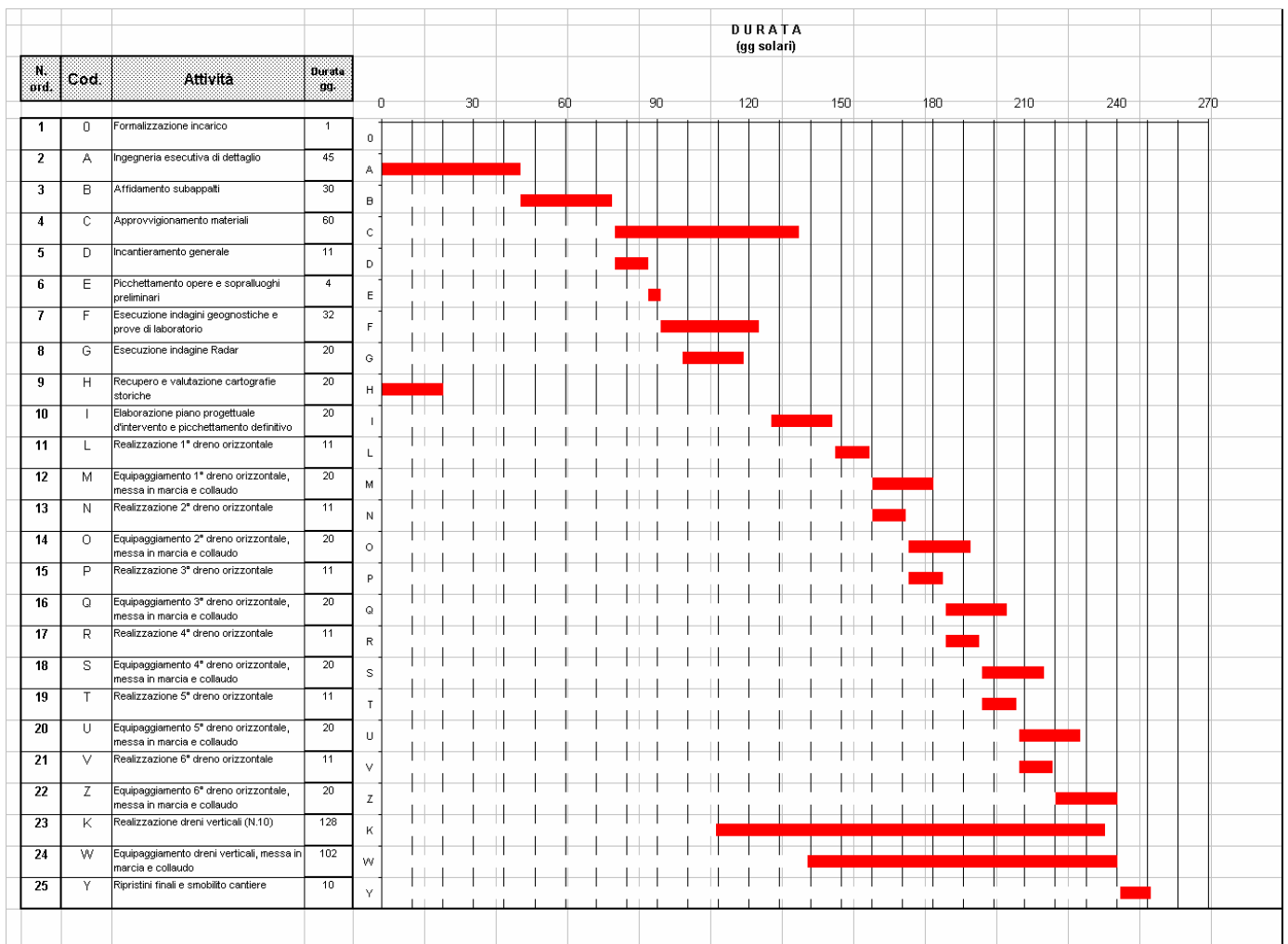
13 CRONOPROGRAMMA DELLE ATTIVITA'

Per l'esecuzione dei lavori in oggetto è stimata una durata di circa 260 giorni naturali consecutivi; nel cronoprogramma sotto riportato sono individuati i tempi di esecuzione delle singole attività previste nell'ambito del progetto.

Nel presente cronoprogramma non sono riportati né i tempi del monitoraggio evidenziati in specifica, né i tempi necessari alla realizzazione del *connecting* delle opere di drenaggio verso i serbatoi di equalizzazione.

Nel seguente cronoprogramma si è ipotizzato che i lavori per la realizzazione dei dreni orizzontali e verticali possano avvenire contemporaneamente mediante due squadre tipo costituite, ciascuna, da:

- N.1 macchina per la perforazione;
- N.4-6 operai per squadra.



COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 76 di 86	Rev.
	1

14 STIMA DEI COSTI DELL'INTERVENTO

Di seguito si riporta la stima complessiva dei costi, suddivisa per attività principali, presentata sotto forma di quadro economico comprensivo di spese tecniche ed imprevisti.

Relativamente alla stima dei costi dell'intervento, si riportano alcune osservazioni:

- il *connecting* delle opere drenanti è stato considerato sino alla base del relativo *pipe-rack*;
- tutti i monitoraggi sono riferiti al primo anno di attività del DCS;
- le analisi chimiche per il monitoraggio qualitativo delle acque non comprendono la determinazione delle diossine e furani;
- gli oneri per la sicurezza non soggetti a ribasso d'asta, come da Legge 494/96, verranno riportati nel PSC.

I costi di seguito riportati sono pertanto riferiti alle sole attività dettagliatamente descritte all'interno del presente volume e non comprendono i costi delle opere di drenaggio già realizzate come misure di sicurezza e che entreranno a far parte del DCS.

Tabella riassuntiva costo interventi	
Descrizione attività per macrovoci	Importo (€)
<i>Allestimento cantiere</i>	25'000
<i>Sondaggi geognostici</i>	59'425
<i>Prove di laboratorio</i>	9'695
<i>Mappatura del suolo/sottosuolo</i>	17'864
<i>Esecuzione sistemi drenanti orizzontali</i>	936'522
<i>Esecuzione sistemi drenanti verticali</i>	632'387
<i>Opere civili</i>	21'628
<i>Monitoraggio piezometrico</i>	76'590
<i>Monitoraggio qualitativo</i>	248'708
<i>Monitoraggio della conducibilità elettrica</i>	70'000
<i>Monitoraggio dell'aria</i>	346'826
<i>Monitoraggio dei cedimenti</i>	88'098
Costo lavori	2'532'741

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 77 di 86	Rev.
	1

14.1 Elenco voci

Art.	Descrizione lavori	Unità di misura	Quantità	Importo	
				unitario	totale
	INCANTIERAMENTO				
1	Allestimento generale del cantiere	corpo	1	25000.00	25000.00
	INDAGINI GEOGNOSTICHE PRELIMINARI di campo				
2	Trasporto A/R impianto di cantiere leggero/pesante per l'esecuzione dei sondaggi geognostici	corpo	1	942.50	942.50
3	Installazione dell'attrezzatura su ciascun punto di perforazione	numero	24	167.84	4028.23
4	Perforazione a rotazione in terreni senza ciottoli e non in roccia, con carotiere $\Phi=101$ mm e colonna di manovra $\Phi=127$ mm:				
4a	sino a profondità di 10 m dal p.c.	m	240	41.63	9990.24
4b	da 10 a 20 m da p.c.	m	120	44.32	5318.04
5	Prelievo con campionatore Osterberg compreso noleggio fustella che sarà restituita franco laboratorio entro 4 mesi dalla consegna del campione				
5a	sino a profondità di 10 m dal p.c.	numero	12	63.78	765.34
5b	da 10 a 20 m da p.c.	numero	6	73.18	439.06
6	Fornitura di cassette catalogatrici a cinque comparti (da 1 m ciascuno)	numero	72	20.14	1449.86
7	Fornitura di n.3 copie a colori formato 13x18 cm per ciascuna cassetta fotografata	numero	72	3.35	241.49
8	Esecuzione prova di permeabilità a carico variabile tipo Lefranc. E' compreso il compenso per la preparazione della prova	numero	6	751.91	4511.44
9	Esecuzione prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono (CPTU) spinta sino a 40 m circa dal p.c.. E' compreso il compenso per la preparazione della prova, l'elaborazione e la restituzione dei dati (3 prove a postazione)	numero	18	1140.00	20520.00
10	Imballaggio e spedizione a laboratori geotecnici dei campioni di terreno (indisturbati, rimaneggiati o in barattoli di vetro) prelevati nel corso delle attività di campo.	corpo	1	300.00	300.00

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 78 di 86	Rev.
	1

11	<i>Cementazione finale dei fori mediante miscela acqua/cemento/bentonite</i>	<i>m</i>	360	12.09	4352.40
12	<i>Approvvigionamento e trasporto acqua per perforazione qualora non reperibile nel raggio di 300m: per ogni metro di perforazione</i>	<i>m</i>	360	3.69	1329.12
13	<i>Impiego apparecchiatura "PULIVAPOR"</i>				
13a	<i>ad acqua calda (per ogni giorno di utilizzo)</i>	<i>giorno</i>	30	67.15	2014.35
13b	<i>con solventi (per ogni giorno di utilizzo)</i>	<i>giorno</i>	30	107.42	3222.57
	INDAGINI GEOGNOSTICHE PRELIMINARI di laboratorio				
14	<i>Apertura di campione indisturbato</i>	<i>numero</i>	18	4.62	83.07
15	<i>Determinazione del contenuto d'acqua naturale</i>	<i>numero</i>	18	4.80	86.35
16	<i>Determinazione della massa volumica allo stato naturale</i>	<i>numero</i>	18	5.89	106.00
17	<i>Determinazione del Limite di Liquidità e di Plasticità, congiuntamente</i>	<i>numero</i>	18	31.42	565.58
18	<i>Determinazione del Limite di Ritiro</i>	<i>numero</i>	18	32.73	589.21
19	<i>Analisi granulometrica per setacciatura per via secca mediante vagli della serie ASTM</i>	<i>numero</i>	18	20.94	376.97
20	<i>Analisi granulometrica per sedimentazione con Aerometro</i>	<i>numero</i>	18	28.37	510.59
21	<i>Prova di consolidazione edometrica ad incrementi di carico controllati, compresa la determinazione dei coefficienti Cv, k, Eed e la preparazione dei diagrammi cedimento-Log t, Cv-Log sv, Eed-Log sv</i>	<i>numero</i>	18	178.18	3207.20
22	<i>Prova di compressione triassiale consolidata non drenata</i>	<i>numero</i>	54	67.15	3625.83
23	<i>Prova di permeabilità eseguita con permeometro a carico variabile</i>	<i>numero</i>	18	30.21	543.82

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 79 di 86	Rev.
	1

	INDAGINI PER LA MAPPATURA DEL SUOLO E SOTTOSUOLO				
24	<i>Esecuzione di indagine radar per l'introspezione del suolo (RIS) finalizzato alla individuazione di manufatti sepolti o vuoti nel terreno mediante profili longitudinali e trasversali; caratterizzato fondamentalmente dall'impiego di un array di antenne (4 antenne) multifrequenza (MF) e da un notevole grado di automazione delle procedure di acquisizione ed elaborazione dati. Sono compresi tutti i cambi significativi di frequenza, l'ottimizzazione del rilievo dati e la restituzione dei risultati in sezione trasversale (n.18 sezioni a postazione di lunghezza unitaria 4 m ad interasse di 3 m) e longitudinale (n.2 sezioni in asse con la perforazione di lunghezza unitaria 30 m) anche sulla base delle cartografie storiche di Stabilimento</i>	m	792	22.56	17863.56
	REALIZZAZIONE DRENI ORIZZONTALI MEDIANTE TOC				
25	<i>Picchettamento in sito del tracciato planimetrico della perforazione mediante picchetti saldamente infissi nel terreno riferiti a caposaldi noti di Stabilimento (2 uomini per 2 giorni lavorativi)</i>	giorni/uomo	4	851.00	3404.00
26	<i>Elaborazione di piano progettuale d'intervento come richiesto da Ns. specifica</i>	corpo	1	2500.00	2500.00
27	<i>Demolizione della pavimentazione in conglomerato bituminoso secondo una sagoma prestabilita per uno spessore di ca.15 cm. E' incluso la movimentazione del materiale su cassoni scarrabili (o similari), è escluso lo smaltimento e l'approvvigionamento degli scarrabili</i>	m ²	60	21.50	1290.00
28	<i>Demolizione di strutture interrate in cemento armato, platee di fondazione, pali, etc. di qualsiasi forma e spessore, mediante martellone demolitore o similari, per la realizzazione delle vasche d'ingresso e d'uscita della perforazione. E' incluso la movimentazione del materiale su cassoni scarrabili (o similari), è escluso lo smaltimento e l'approvvigionamento degli scarrabili (si stima la presenza di platee di fondazione di spessore 80-100 cm)</i>	m ³	90	90.00	8100.00

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 80 di 86	Rev.
	1

29	<i>Scavo a sezione obbligata con l'utilizzo di mezzi meccanici sino a profondità massima di 100 cm circa da p.c. in terreni di qualsiasi natura e consistenza esclusa la roccia, per la realizzazione delle vasche d'ingresso ed uscita della perforazione. E' compresa la sistemazione del terreno di risulta in cassoni scarrabili (non computati). E' escluso lo smaltimento e gli oneri connessi</i>	<i>m³</i>	48	13.50	648.00
30	<i>Realizzazione N.1 postazione drenante orizzontale mediante TOC con esecuzione di: foro pilota, passaggi di alesatura e tiro posa della colonna di varo, compreso l'utilizzo di miscela polimerica biodegradabile per la stabilizzazione del foro, l'allontanamento dei detriti ed il raffreddamento degli utensili. E' compreso il trasporto A/R di tutti i macchinari necessari, delle attrezzature e dei materiali, nonché lo spostamento e l'installazione delle attrezzature su ciascuna postazione. E' inoltre compresa la fornitura e posa in opera di: tubazioni in HDPE cieche e microporose (comprese le saldature testa-testa), casing in HDPE (comprese le saldature testa-testa), eventuali tubazioni in acciaio, paker e/o anelli tronco-conici in HDPE, fune metallica AISI306 per posa elettropompa sommersa e relativi avvolgicavi (N2. per dreno), miscele acqua/cemento/bentonite per sigillature finali e quant'altro occorrente per dare l'opera finita secondo progetto.</i>	<i>numero</i>	6	95000.00	570000.00
31	<i>Compenso per realizzazione di sistema di guida tipo MGS con campo magnetico artificialmente indotto</i>	<i>%</i>	10	57000.00	57000.00
32	<i>Fornitura e posa in opera di elettropompa sommersa e relativa tubazione di mandata, cavi elettrici di collegamento, quadro di comando, trasmettitori di portata e di pressione, sonde di livello, inverter, valvole, carpenteria e quanto altro occorra per il collettamento dell'opera sino alla base del pipe-rack, secondo specifiche</i>	<i>numero</i>	6	30000.00	180000.00

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 81 di 86	Rev.
	1

33	<i>Spurgo del dreno sino ad ottenimento di acqua chiara e priva di sedimenti in sospensione con pompa sommersa (esclusa l'installazione) E' compreso l'allestimento della linea provvisoria (distanza unitaria circa 20m) di scarico sino a serbatoi fuori terra da non computare</i>	<i>h</i>	48	163.75	7860.00
34	<i>Esecuzione prova di pompaggio a gradini</i>	<i>h</i>	72	41.84	3012.23
35	<i>Esecuzione prova di pompaggio a portata costante</i>	<i>h</i>	144	41.84	6024.46
36	<i>Completamento delle teste pozzo mediante la fornitura e posa in opera di pozzetti d'ispezione in c.a. prefabbricati (dimensioni 150x150x120 cm circa) completi di chiusini in ghisa sferoidale classe minima D400 con quota superiore a perfetto livello con il piano campagna. Sono compresi i rinfianchi in materiale granulare, il letto di posa in magrone e quant'altro occorra per dare l'opera finita</i>	<i>numero</i>	12	1122.91	13474.87
37	<i>Scavo a sezione obbligata con l'utilizzo di mezzi meccanici di larghezza 50 cm sino a profondità massima di 60 cm circa da p.c. in terreni di qualsiasi natura e consistenza esclusa la roccia, per la successiva posa in opera di canalette beolate prefabbricate in c.a.adibite al passaggio dei cavi delle pompe. E' compresa la sistemazione del terreno di risulta in cassoni scarrabili (non computati). E' escluso lo smaltimento e gli oneri connessi</i>	<i>m³</i>	54	13.50	729.00
38	<i>Fornitura e posa in opera di canalette in c.a. prefabbricate (dimensioni interne di circa 40x50 cm) compresa la beola di copertura. E' compreso il getto di calcestruzzo magro a fondo scavo ed i rinfianchi laterali</i>	<i>m</i>	180	308.22	55479.60
39	<i>Pulizia finale aree di lavoro ed eventuali ripristini</i>	<i>numero</i>	6	3500.00	21000.00
40	<i>Elaborazione di progetto AS-BUILT</i>	<i>corpo</i>	1	6000.00	6000.00
	REALIZZAZIONE DRENI VERTICALI				
41	<i>Approntamento macchinari, trasporto A/R dell'impianto, delle attrezzature e materiali e rimozione cantiere</i>	<i>corpo</i>	1	8000.00	8000.00
42	<i>Spostamento ed installazione attrezzature di perforazione su ciascuna postazione</i>	<i>numero</i>	10	1440.00	14400.00

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 82 di 86	Rev.
	1

43	<i>Demolizione della pavimentazione in conglomerato bituminoso secondo una sagoma prestabilita per uno spessore di ca. 15 cm. E' incluso la movimentazione del materiale su cassoni scarrabili (o similari), è escluso lo smaltimento e l'approvvigionamento degli scarrabili</i>	m^2	90 60	21.50 539.08	1935.00 32344.80
44	<i>Perforazione attraverso terreni di qualsiasi natura e consistenza con diametro di 1000-1200 mm, fino alla profondità di 6 m da p.c. compreso ogni onere legato alla perforazione</i>	m	60	347.41	20844.60
45	<i>Fornitura e posa in opera di colonna metallica di rivestimento (circa DN 800 mm, spessore 8 mm) in acciaio al carbonio</i>	m	50	239.59	11979.50
46	<i>Fornitura e posa in opera di miscela acqua, cemento, bentonite per sigillatura dell'intercapedine tra perforazione iniziale e colonna di rivestimento</i>	m^3	120	323.45	38814.00
47	<i>Perforazione attraverso terreni di qualsiasi natura e consistenza con diametro di 600 mm, fino alla profondità di 18 m da p.c. compreso ogni onere legato alla perforazione</i>	m	115	234.80	27002.00
48	<i>Fornitura e posa in opera di tubazioni in HDPE fenestrati (DN=160mm, spessore 9,5 mm)</i>	m	65	91.04	5917.60
49	<i>Fornitura e posa in opera di tubazioni in HDPE ciechi (DN=160mm, spessore 9,5 mm) completi di tappi di fondo avvitati</i>	m	42.5	201.26	8553.55
50	<i>Fornitura e posa in opera di materiale granulare siliceo arrotondato, lavato e calibrato di pezzatura 1-2 mm nello spazio anulare foro/tubo da fondo foro sino alla profondità di -6 m da p.c.</i>	m^3	10	600.00	6000.00
51	<i>Fornitura e posa in opera di tappo di compactonite con alto potere rigonfiante per 50 cm al di sopra del manto drenante</i>	numero	25	239.59	5989.75
52	<i>Fornitura e posa in opera di miscela acqua, cemento, bentonite per sigillatura dell'intercapedine tra colonna di rivestimento e colonna di produzione sino a circa 1 m da p.c.</i>	m^3	10	28000.00	280000.00

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 83 di 86	Rev.
	1

53	<i>Fornitura e posa in opera di elettropompa sommersa e relativa tubazione di mandata, cavi elettrici di collegamento, quadro di comando, trasmettitori di portata e di pressione, sonde di livello, inverter, valvole, carpenteria e quanto altro occorra per il collettamento dell'opera sino alla base del pipe-rack, secondo specifiche</i>	numero	80	163.75	13100.00
54	<i>Spurgo del dreno sino ad ottenimento di acqua chiara e priva di sedimenti in sospensione con pompa sommersa (esclusa l'installazione) E' compreso l'allestimento della linea provvisoria di scarico sino a serbatoi fuori terra (distanza unitaria circa 20m) da non computare</i>	h	120	41.84	5020.38
55	<i>Esecuzione prova di pompaggio a gradini</i>	h	240	41.84	10040.76
56	<i>Esecuzione prova di pompaggio a portata costante</i>	h	10	976.44	9764.40
57	<i>Completamento delle teste pozzo mediante la fornitura e posa in opera di pozzetti d'ispezione in c.a. prefabbricati (dimensioni 100x100x70 cm circa) completi di chiusini in ghisa sferoidale classe minima D400 con quota superiore a perfetto livello con il piano campagna. Sono compresi i rinfianchi in materiale granulare, il letto di posa in magrone e quant'altro occorra per dare l'opera finita</i>	numero	90	13.50	1215.00
58	<i>Scavo a sezione obbligata con l'utilizzo di mezzi meccanici di larghezza 50 cm sino a profondità massima di 60 cm circa da p.c. in terreni di qualsiasi natura e consistenza esclusa la roccia, per la successiva posa in opera di canalette beolate prefabbricate in c.a.adibite al passaggio dei cavi delle pompe. E' compresa la sistemazione del terreno di risulta in cassoni scarrabili (da non computare). E' escluso lo smaltimento e gli oneri connessi</i>	m ³	300	308.22	92466.00
59	<i>Fornitura e posa in opera di canalette beolate (dimensioni interne di circa 40x50 cm) E' compreso il getto di calcestruzzo magro a fondo scavo ed i rinfianchi laterali</i>	m	10	3500.00	35000.00
60	<i>Pulizia finale aree di lavoro ed eventuali ripristini corpo stradale</i>	numero	1	8000.00	8000.00

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 84 di 86	Rev.
	1

61	<i>Elaborazione progetto AS-BUILT</i>	<i>numero</i>	<i>1</i>	<i>4000.00</i>	<i>4000.00</i>
OPERE CIVILI					
62	<i>Prescavo a sezione obbligata con l'utilizzo di mezzi meccanici su terreni di qualsiasi natura e consistenza esclusa la roccia da mina sino a profondità di 100 cm da p.c.. Sono inoltre compresi: la demolizione delle normali sovrastrutture tipo pavimentazioni stradali o simili. E' incluso la movimentazione del materiale su cassoni scarrabili (o similari), è escluso lo smaltimento e l'approvvigionamento degli scarrabili</i>	<i>m³</i>	<i>85</i>	<i>13.50</i>	<i>1147.50</i>
63	<i>Realizzazione basamento, avente dimensioni di 200x400x40 cm, in calcestruzzo armato con rete elettrosaldata pressopiegata $\Phi 8$ a maglia quadrata 20x20 cm per l'appoggio dei quadri elettrici di comando dell'elettropompa. E' incluso il calcestruzzo magro per la pulizia del piano di posa del basamento</i>	<i>corpo</i>	<i>16</i>	<i>1280.00</i>	<i>20480.00</i>
MONITORAGGIO PIEZOMETRICO					
64	<i>Esecuzione di campagna piezometrica con lettura del livello su tutta la rete piezometrica realizzata nel NP (bianco di riferimento)</i>	<i>giorni/uomo</i>	<i>6</i>	<i>851.00</i>	<i>5106.00</i>
65	<i>Controllo del carico idraulico sulla rete piezometrica circostante le opere DCS con cadenza settimanale per il primo mese di funzionamento</i>	<i>giorni/uomo</i>	<i>30</i>	<i>851.00</i>	<i>25530.00</i>
66	<i>Controllo del carico idraulico su tutta la rete piezometrica e sulle opere DCS con cadenza mensile per i successivi 6 mesi di funzionamento</i>	<i>giorni/uomo</i>	<i>36</i>	<i>851.00</i>	<i>30636.00</i>
67	<i>Controllo del carico idraulico su tutta la rete piezometrica e sulle opere DCS con cadenza bimensile per i successivi 6 mesi di funzionamento</i>	<i>giorni/uomo</i>	<i>18</i>	<i>851.00</i>	<i>15318.00</i>

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 85 di 86	Rev.
	1

MONITORAGGIO QUALITATIVO					
68	<i>Campionamento ed analisi n°100 ca. tra piezometri e postazioni drenanti in prima falda e nel riporto con ricerca parametri chiave (bianco di riferimento). Compreso il costo del personale di laboratorio</i>	corpo	1	72885.80	72885.80
69	<i>Campionamento ed analisi n°40 postazioni drenanti con ricerca parametri chiave (con frequenza settimanale per il primo mese di funzionamento). Compreso il costo del personale di laboratorio.</i>	corpo	1	36691.20	36691.20
70	<i>Campionamento ed analisi n°100 tra piezometri e postazioni drenanti in prima falda e nel riporto con ricerca parametri chiave (con frequenza trimestrale per il primo anno di funzionamento). Compreso il costo del personale di laboratorio.</i>	corpo	1	139131.20	139131.20
MONITORAGGIO CONDUCIBILITA' ELETTRICA					
71	<i>Campagna di log di conducibilità elettrica su postazioni RCP e RCI (totale 19 postazioni), bianco di riferimento</i>	corpo	1	3800.00	3800.00
72	<i>Campagna di log di conducibilità elettrica su postazioni per DCS (totale 40 postazioni), con cadenza settimanale durante il primo mese di funzionamento</i>	numero	4	8000.00	32000.00
73	<i>Campagna di log di conducibilità elettrica su postazioni RCP e RCI (totale 19 postazioni), con cadenza mensile durante i primi 6 mesi di funzionamento</i>	numero	6	3800.00	22800.00
74	<i>Campagna di log di conducibilità elettrica su postazioni RCP e RCI (totale 19 postazioni), con cadenza bimensile durante i successivi 6 mesi di funzionamento</i>	numero	3	3800.00	11400.00

COMMESSA 1265Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 65-BD-E-94004	
Fg. 86 di 86	Rev.
	1

	MONITORAGGIO QUALITA' DELL'ARIA				
75	<i>Noleggio di sistema di aspirazione dell'aria, da posizionare in prossimità delle teste di perforazione, comprensivo di trattamento con filtro a carboni attivi. E' compresa l'eventuale sostituzione e smaltimento del filtro.</i>	giorno	195	432.44	84325.80
76	<i>Monitoraggio dell'atmosfera in corso d'opera realizzato mediante l'impiego di centraline fisse per il campionamento delle polveri (N. 2 centraline a postazione per la durata stimata di 3 mesi)</i>	corpo	1	112500.00	112500.00
77	<i>Monitoraggio dell'atmosfera in corso d'opera realizzato mediante l'impiego di centraline fisse per il campionamento delle polveri (N. 3 centraline a postazione per la durata stimata di 4 mesi)</i>	corpo	1	150000.00	150000.00
	MONITORAGGIO CEDIMENTI				
78	<i>Trasporto A/R dell'attrezzatura e personale necessario per eseguire la campagna di rilievo di "bianco"</i>	corpo	1	186.30	186.30
79	<i>Materializzazione di N.3-4 punti di misura per ogni edificio sensibile (per un totale di ca. 5 edifici a postazione). E' compresa la restituzione delle monografie dei capisaldi</i>	numero	225	31.37	7059.15
80	<i>Campagna di livellazione planoaltimetrica di alta precisione (approssimazione max < 1mm) di edifici sensibili nell'intorno delle postazioni di drenaggio riferendole ad almeno 4 capisaldi di Stabilimento (IGM). E' compresa la restituzione grafica degli elaborati</i>	numero	225	50.63	11390.63
81	<i>Trasporto A/R dell'attrezzatura e personale necessario per eseguire la campagna di monitoraggio per il primo anno di attività della messa in marcia delle postazioni drenanti (con frequenza riportata in progetto)</i>	corpo	6	186.30	1117.80
82	<i>Controllo topografico mediante livellazione di alta precisione dei capisaldi materializzati sugli edifici sensibili (sui ca. 225 capisaldi materializzati con frequenza indicata in progetto)</i>	numero	1350	50.63	68343.75