



**Autorità di Sistema Portuale
del Mar Adriatico Settentrionale**
Porti di Venezia e Chioggia



Presidenza del Consiglio dei Ministri

**COMMISSARIO STRAORDINARIO PER LA REALIZZAZIONE DEL PRIMO,
SECONDO E TERZO STRALCIO DEL TERMINAL CONTAINER DI
MONTESYNDIAL**

DIREZIONE TECNICA



MINISTERO DELLO
SVILUPPO ECONOMICO



REGIONE DEL VENETO

CITTA' DI
VENEZIA



Autorità di Sistema Portuale
del Mar Adriatico Settentrionale
Porti di Venezia e Chioggia

**ACCORDO DI PROGRAMMA PER LA RICONVERSIONE E RIQUALIFICAZIONE INDUSTRIALE DELL'AREA DI
CRISI INDUSTRIALE COMPLESSA DI PORTO MARGHERA TRA MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO,
REGIONE DEL VENETO, COMUNE DI VENEZIA, AUTORITY PORTUALE DI VENEZIA**



PIATTAFORMA D'ALTURA AL PORTO DI VENEZIA TERMINAL CONTAINER "MONTESYNDIAL" - Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica -

RELAZIONI Relazione geologica e idrogeologica

PROGETTAZIONE:

OPERE MARITTIME / STRUTTURE / IMPIANTI:

F&M
ingegneria

F&M INGEGNERIA SpA
ing. Tommaso Tassi
ing. Luca Masiero

GEOLOGIA E AMBIENTE:

G & T
ambiente
geotecnica

G&T Srl
dott. Claudio Galli
dott. Mara Campagnolo

SICUREZZA / PIANIFICAZIONE E PREVENTIVAZIONE:

MG

ing. Michele Granziero

DIRETTORE TECNICO E RUP

ing. GIOVANNI TERRANOVA

PROGETTISTA RESPONSABILE
INTEGRAZIONI SPECIALISTICHE

ing. GIANLUCA ARTUSO

CODICE PROGETTO

90403-000

CODICE ELABORATO

A006

SCALA

-

rev	data	descrizione	redatto	controllato	approvato
0	25/07/2023	PRIMA EMISSIONE	L.D.C	M.C.	C.G.
1					
2					

INDICE

1	PREMESSA	2
2	LIVELLO DI INQUADRAMENTO	3
2.1	GENERALITÀ DELL'AREA	3
2.2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA	8
2.3	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	17
2.4	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	20
2.4.1	Distribuzione dei livelli piezometrici all'interno del nuovo petrolchimico	23
2.4.2	Modello di circolazione idrica delle acque sotterranee	26
3	LIVELLO DI DETTAGLIO.....	29
3.1	INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE	29
3.2	CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE DI DETTAGLIO DEL SITO DI PROGETTO - MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO	33
3.3	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DI DETTAGLIO DEL SITO DI PROGETTO	40
3.3.1	Permeabilità	40
3.3.2	Rilievo del livello freatico	49
4	CONCLUSIONI.....	51

1 PREMESSA

G&T S.r.l ha redatto la presente Relazione Geologica, così come richiesto dal D.Lgs 50/2016 “Codice dei contratti pubblici” (Art. 26 DPR 207/2010 “Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE”)

Il documento costituisce parte integrante del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica “Piattaforma D’Altura al Porto di Venezia Terminal Container ‘Montesyndial’” presso il Porto di Venezia.

Il progetto del Terminal Container d’Altura promosso dall’Autorità Portuale di Venezia si sviluppa infatti a partire da un sistema composto da 2 terminali localizzati l’uno in mare aperto e l’altro a Porto Marghera. L’intervento pertanto risulta interessare un ambito marino e un ambito terrestre.

La base “terrestre” dell’intervento si attesta su circa 82 ettari localizzati su aree ex Montefibre e EX Syndial nella zona industriale di Porto Marghera.

Il presente documento è strutturato su due livelli:

- *Livello di inquadramento:* Raccolta bibliografica di dati geologici e geotecnici inerenti il sito su macroscala; gran parte delle informazioni sono state desunte dal documento redatto da Provincia di Venezia e Regione Veneto “Indagine idrogeologica sull’area di Porto Marghera – seconda fase – 2009”.
- *Livello di dettaglio:* Raccolta di dati geologici e geotecnici ottenuti durante alcune indagini geognostiche in sito specificatamente dedicate al progetto, finalizzata alla definizione di parametri geotecnici per la progettazione strutturale e di parametri analitici per la caratterizzazione ambientale preliminare ai fini della gestione dei materiali da scavo (oggetto di documento a parte)

Sulla base dei dati raccolti e del modello geologico così definito, è stato possibile ricostruire con precisione l’assetto geologico locale.

2 LIVELLO DI INQUADRAMENTO

2.1 GENERALITÀ DELL'AREA

L'area ex Montefibre - Syndial AS, ribattezzata “MonteSyndial”, è attualmente di proprietà dell'Autorità Portuale di Venezia attraverso la società controllata Venice Newport Container and Logistics. L'area, che ha una superficie complessiva di 83,252 ha, si colloca nella zona portuale industriale di Porto Marghera in Comune di Venezia e confina a nord con il Canale Industriale Ovest, a sud con via della Chimica, a ovest con aree Syndial, a est con la centrale Edison e aree Vinyls. È inoltre collegata tramite il bacino di evoluzione 3 al canale Malamocco – Marghera ovvero la via di accesso nautico al mare. I pescaggi del Canale Litoraneo e del Canale Industriale Ovest sono oggetto di intervento e i dragaggi consentiranno di ottenere una profondità di -12 m slm. L'area MonteSyndial risulta ubicata in una posizione strategica rispetto ai percorsi marittimi dell'Alto Adriatico (Figura 1), ad una distanza di circa 18 miglia nautiche dal terminal plurimodale offshore che a sua volta dista circa 55 miglia dai porti di Trieste e Monfalcone, 12 miglia dal porto di Chioggia e 23,5 miglia dall'area portuale di Porto Viro - Ca' Cappello.

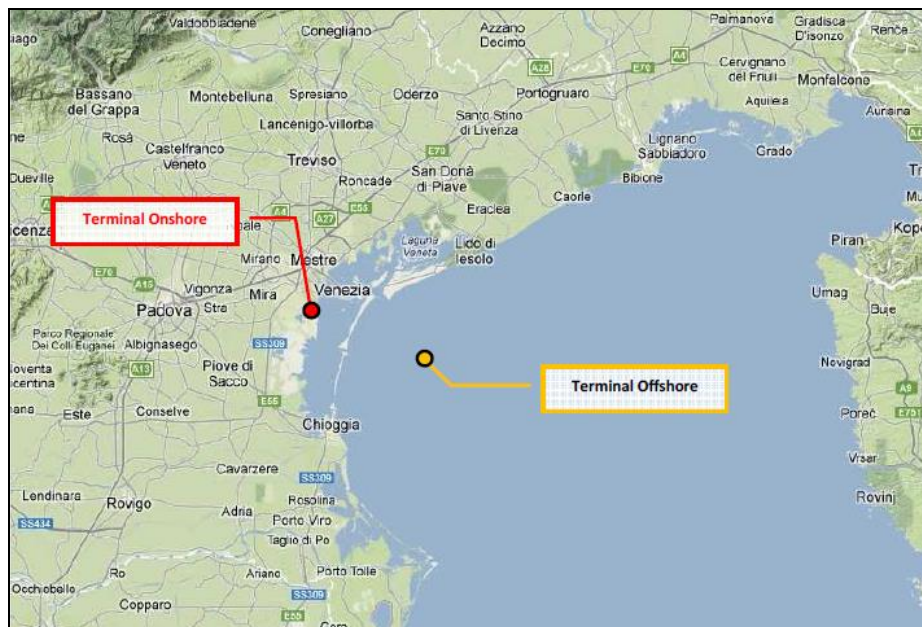


Figura 1: Localizzazione dell'area di progetto (fonte: Google Maps)

I percorsi stradali di maggiore interesse sono rappresentati dall'autostrada A4 Torino - Trieste, dall'autostrada A13 Padova - Bologna e dall'autostrada A23 che da Palmanova, attraverso Tarvisio,

garantisce il collegamento con l’Austria ed il Nord Europa. Il fiume Po ed il Canal Fissero – Tartaro - Canal Bianco rappresentano importanti collegamenti fluviali fino a Mantova. Parallelamente al sistema viario fluviale e su gomma, Porto Marghera è servita da connessioni ferroviarie che consentono l’immissione nelle principali direttrici di traffico merci nazionali ed internazionali.

La porzione d’area interessata dal progetto comprende le aree ‘ex Montefibre’ ed ‘ex AS-Syndial’ (**Figura 2**), per una superficie di circa 900'000 mq.



Figura 2: Localizzazione dell’area di progetto all’interno del sito Montesyndial

Nella figura seguente (Figura 3) si riporta la sovrapposizione del perimetro dell’area (linea blu) su cartografia CTR.

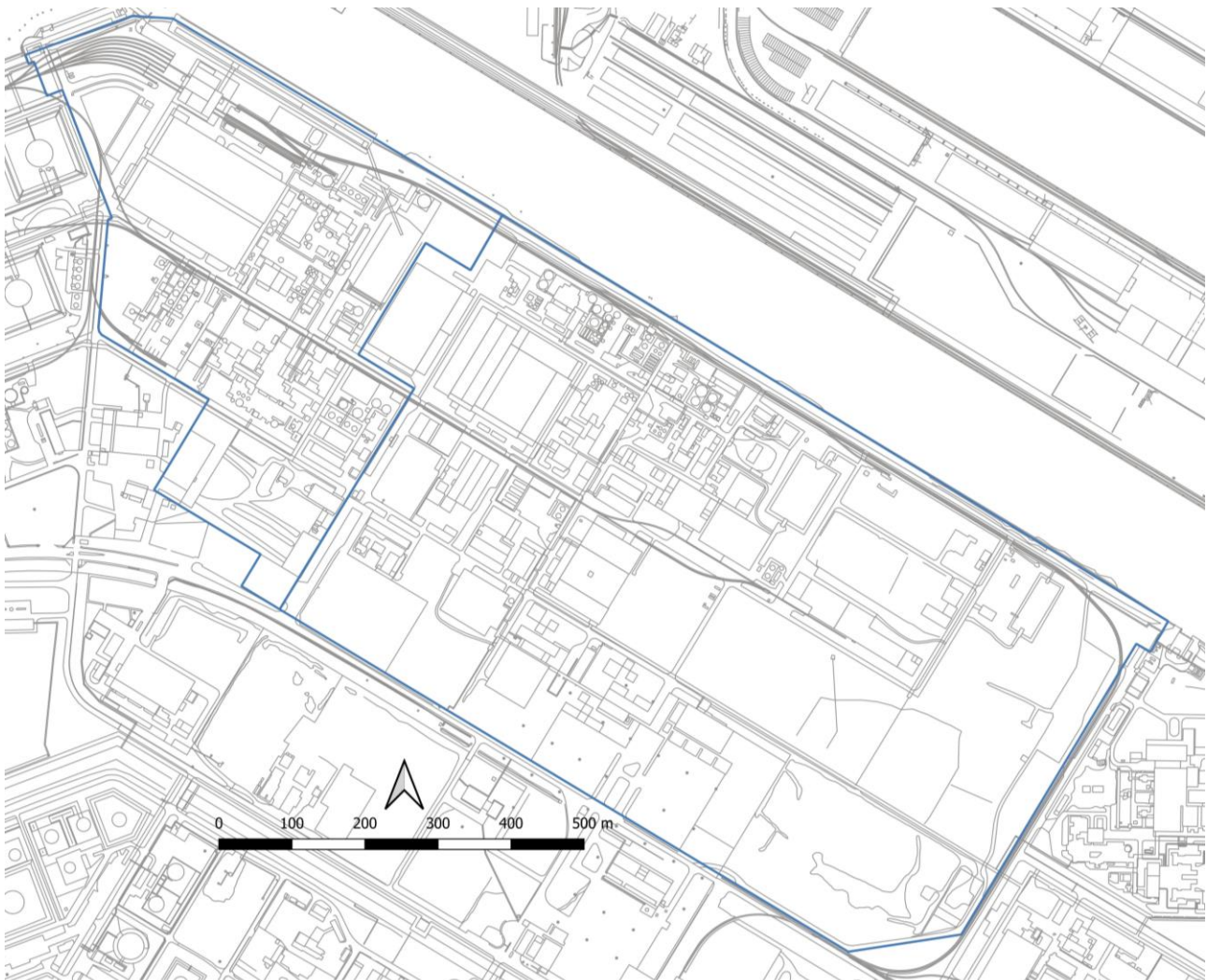


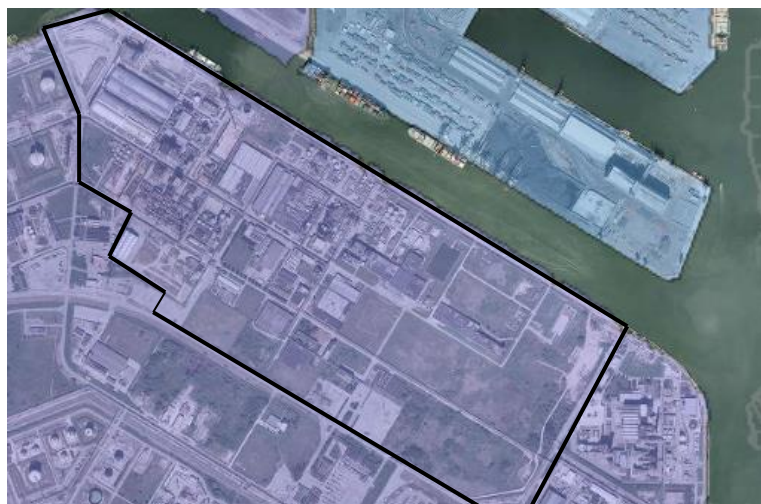
Figura 3: Area di progetto (linea blu) sovrapposta alla CTR della Regione Veneto

Il rilievo topografico dell'area riporta quote del piano campagna in oggetto variano mediamente tra 1,9 e 2,6 m s.l.m.m. con variazioni locali a circa 3,0 m da p.c.; nella figura seguente si riporta l'andamento dell'isolinee di quota assoluta del piano campagna, ottenuta mediante l'interpolazione lineare dei punti quotati topograficamente in fase di rilievo.



Figura 4: isolinee quota del piano campagna (m s.l.m.); equidistanza 0.1 m

Da un punto di vista urbanistico invece, l'area è considerata nel PRG della Terraferma del Comune di Venezia come ZTO D1 "Zona industriale portuale di completamento" (si veda la Figura 5, <http://sit.comune.venezia.it>)



- D1.1 zona industriale portuale
- D1.1a zona industriale portuale
- D1.1b zona industriale portuale
- D1.2 zona industriale cantieristica
- D1.3 zona di trasformazione a porto commerciale

Figura 5: Destinazione urbanistica dell'area di progetto (da <http://sit.comune.venezia.it>)

2.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA

L'area d'intervento si colloca all'interno della Laguna di Venezia, in Comune di Venezia. In particolare, si colloca nella zona industriale di Porto Marghera, che la Legge n.426/98 individua come Sito d'Interesse Nazionale (SIN), perimetrato con D.M. Ambiente 23/02/2000.

Questa porzione della pianura padano-veneta si venne a formare a seguito di eventi alluvionali posteriori all'arretramento dei ghiacciai. Infatti, durante l'ultimo periodo glaciale pleistocenico (massimo glaciale 22.000 anni b.p.) il livello del mare era circa 100 metri più basso dell'attuale, a causa delle grandi quantità d'acqua ritenute sui continenti sotto forma di ghiaccio. L'abbassamento del livello marino portò all'emersione di una vasta porzione dell'Adriatico settentrionale, con la linea di costa settentrionale attestata alla latitudine di Ancona.

La successiva fase climatica verificatasi nell'Olocene fu caratterizzata da un innalzamento della temperatura, con il conseguente arretramento dei ghiacciai.

Durante tale fase il livello del mare raggiunse un livello prossimo a quello attuale, innalzando il livello di base dei fiumi e favorendo la deposizione della fascia di sedimenti olocenici litorali e fluvio-palustri che formano la bassa pianura costiera.

Il primo segno dell'instaurarsi di un ambiente lagunare risale a circa 6.000 anni fa, con la deposizione di sedimenti prevalentemente sabbioso-limosi. La sedimentazione olocenica è stata particolarmente attiva nella bassa pianura, nella quale i sedimenti di ambiente palustre e lagunare oggi ricoprono, con spessori talora rilevanti, anche strati archeologici di età romana.

Tuttavia in alcune zone del settore centrale del retroterra lagunare, dalla zona di Mestre fino in prossimità della Piave Vecchia, la sedimentazione durante le fasi finali del Tardoglaciale e durante l'Olocene è stata scarsa o nulla.

Dal punto di vista stratigrafico è quindi possibile suddividere il sottosuolo dell'area veneziana in due complessi deposizionali diversi:

- a) quello lagunare-litoraneo olocenico prevalentemente sabbioso-limoso con presenza di resti di conchiglie che testimoniano l'ingressione marina;
- b) quello, sottostante al primo, continentale pleistocenico, rappresentato da alternanze di orizzonti argilloso-limosi, subordinatamente sabbiosi, con frequenti intercalazioni torbose, le cui caratteristiche tessiturali e paleontologiche rivelano il carattere continentale.

I due complessi, continentale del pleistocene superiore e lagunare-costiero dell'olocene, sono ben separati tra loro da un orizzonte di argilla, che per la prolungata emersione ha subito un processo di

sovracconsolidazione e ossidazione subaerea. Tale orizzonte è conosciuto con il termine locale di “caranto” e si presenta come un argilla grigio-giallastra, generalmente molto compatta.

Nell’ambito del comprensorio lagunare la giacitura e lo spessore del caranto sono molto variabili, anche fino a scomparire del tutto; esso tende ad affiorare in terraferma e si affossa verso i litorali con una immersione verso ESE.

Dal punto di vista geomorfologico, la laguna di Venezia fa parte della fascia di ambienti anfibi che borda la pianura padana e quella veneto-friulana. Essa si presenta come un bacino arcuato, allungato da sud-ovest a nord-est su una lunghezza di circa 55 km, mentre la larghezza è di circa 13 km. Ai lati la laguna è chiusa da sistemi di foci fluviali; a sud si protende verso il mare il grande apparato deltizio del Po e tra questo e la laguna trovano sbocco a apportano sedimenti sia l’Adige che il Brenta. A nord chiudono la laguna il Sile e il Piave, quest’ultimo con dossi fluviali e apparati deltizi ben individuati.

La comunicazione dell’intero bacino con il Mare Adriatico avviene attraverso le tre “bocche di porto” di Lido, Malamocco e Chioggia, in corrispondenza delle quali, anche a seguito della costruzione dei moli foranei, il flusso e il riflusso delle acque crea forti correnti che hanno scavato profonde depressioni, che arrivano a 50 m di profondità a Malamocco, a 38 m a Chioggia e a 30 m a Lido.

I corsi d’acqua che in vari periodi hanno versato le proprie acque in laguna, hanno creato, con l’apporto dei loro sedimenti, una consistente riduzione dello specchio d’acqua lagunare.

Tra le forme lagunari vanno infine ricordate, per la loro frequenza e invasività, le forme antropiche: la maggior parte delle isole della laguna sono infatti legate all’intervento dell’uomo, che ha contribuito alla loro elevazione mediante riporti e alla loro conservazione con opere di difesa.

La Figura 6 riporta un estratto della carta geomorfologica della provincia di Venezia, in cui si evidenziano le forme antropiche con aree tratteggiate su sfondo bianco corrispondenti ai “terrapieni”. In queste è compresa tutta l’area di Porto Marghera.

Tra le isole vanno citate le casse di colmata, realizzate in più fasi dagli anni Venti ai Sessanta per l’espansione dell’insediamento industriale di Marghera. Altri elementi caratteristici sono le valli da pesca, che interessano un’estensione pari al 16% della laguna.

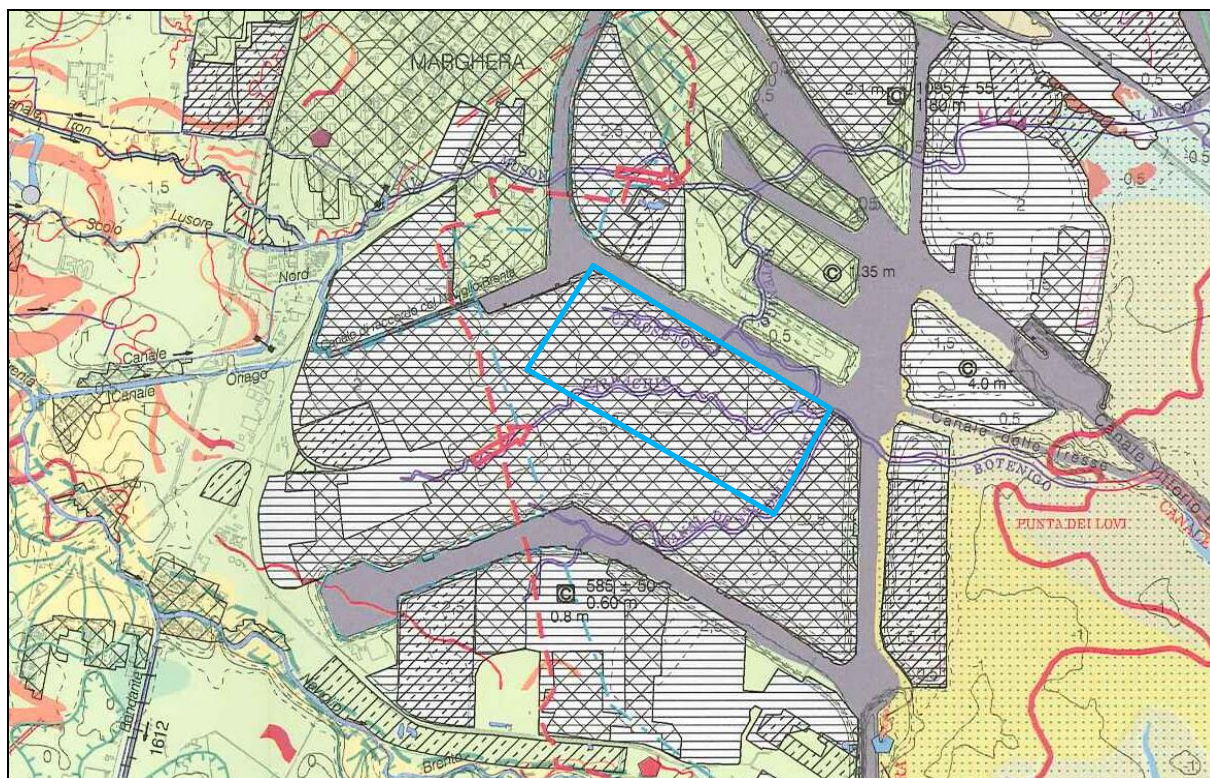
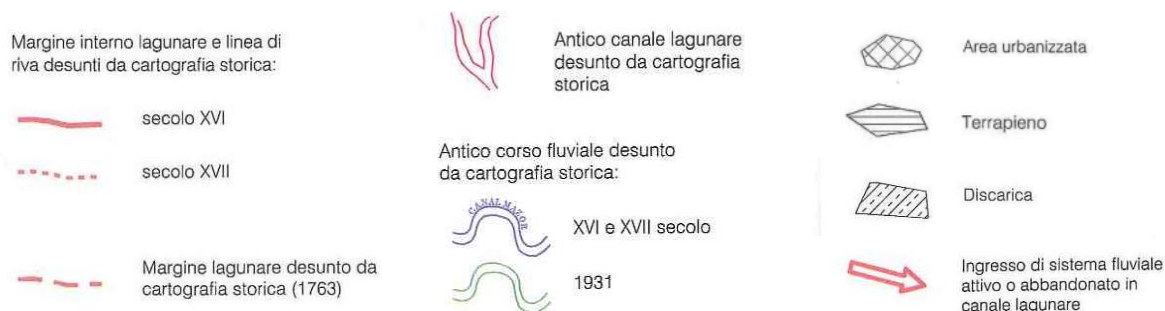
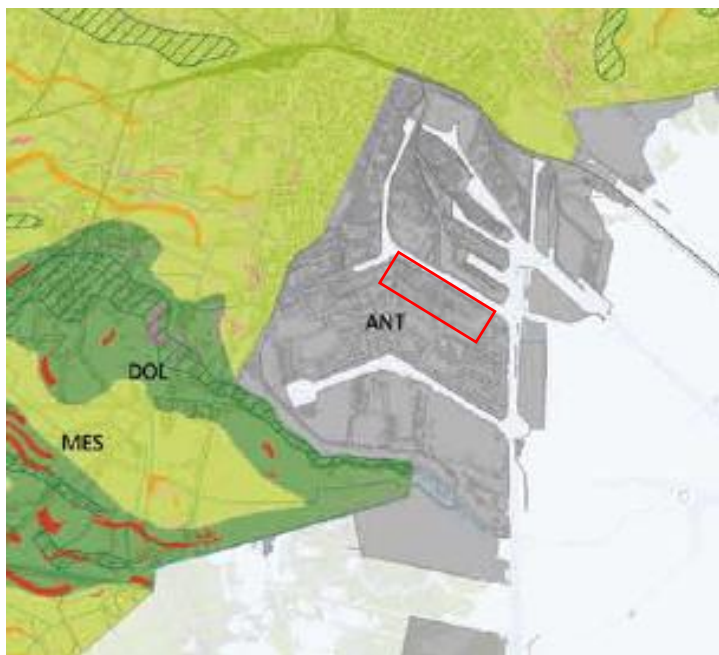


Figura 6: Estratto dalla Carta geomorfologica della Provincia di Venezia



I depositi antropici che caratterizzano l'area industriale di Marghera e Porto Marghera sono stati cartografati separatamente nella Carta delle Unità Geologiche della Provincia di Venezia (Figura 7).



UNITÀ di MARGHERA

OLOCENE sup. (Età moderna - Attuale)

ANT Depositi di origine antropica costituiti da materiale di riporto eterogeneo, in prevalenza sabbioso-limoso, con abbondanti resti provenienti dal disfacimento di materiali di costruzione e archeologico (laterizi, malte, ceramiche) o materiale di origine naturale (ghiaie alluvionali, depositi lagunari o di spiaggia). Sono compresi anche i terrapieni e le casse di colmata. Lo spessore massimo dei depositi è di 4-5 m.

UNITÀ di MESTRE

PLEISTOCENE sup. (Last Glacial Maximum)

MES Depositi alluvionali costituiti da limi, sabbie e argille. In superficie, le sabbie medio-fini con variabili percentuali di limo, rappresentative di facies di canale attivo, sono concentrate in corrispondenza dei dossi, dove costituiscono corpi lentiformiscarsamente interconnessi che giungono a spessori massimi di 2 - 4 m; in profondità, i corpi di canale possono essere amalgamati tra loro e produrre sequenze sabbiose spesse fino a 10 - 20 m. Gli abbondanti depositi limosi e argillosi di esondazione contengono comuni lenti di torba e orizzonti variamente organici di ambiente palustre, spessi al massimo pochi decimetri ma lateralmente continui.

Figura 7: Estratto dalla Carta delle Unità Geologiche della Provincia di Venezia

L'Unità di Marghera" è caratterizzata da depositi di origine antropica costituiti da materiale di riporto eterogeneo, in prevalenza di origine naturale (ghiaie e sabbie alluvionali, depositi lagunari o di spiaggia), con abbondanti resti provenienti dal disfacimento di materiali di costruzione (laterizi, calcestruzzo, malte, ceramiche) e residui di lavorazioni industriali.

I depositi di origine naturale rimaneggiati sono, nella maggior parte dei casi, il prodotto dell'opera di imbonimento di barene e velme lagunari, attuata nel secolo scorso per la costruzione della zona industriale di Porto Marghera, ed il materiale di risulta dello scavo dei canali industriali.

La granulometria dei sedimenti varia da ghiaie, sabbie, sabbie limose, limi sabbiosi e argillosi, ad argille fino a trovare, talora, interi livelli di torba riportati. Tra il materiale di origine antropica rinvenuto all'interno del riporto si possono elencare: frammenti di calcestruzzo, cotto, laterizi, trachite, pietrisco di cava; inoltre scarti di lavorazione industriale varia, scorie vetrose, rifiuti solidi urbani (RSU) e altri rifiuti industriali. In alcuni punti si riscontrano considerevoli livelli di ceneri, fanghi bauxitici rossi e fosfogessi.

La serie fotografica riportata in seguito (Foto 2, Foto 1, Foto 2, Foto 3 e Foto 4) evidenzia infatti il progressivo riempimento dell'area barenale mediante colmata dei canali lagunari interni e la sopraelevazione mediante imbonimento fino all'attuale quota topografica di 2÷3 m s.l.m.

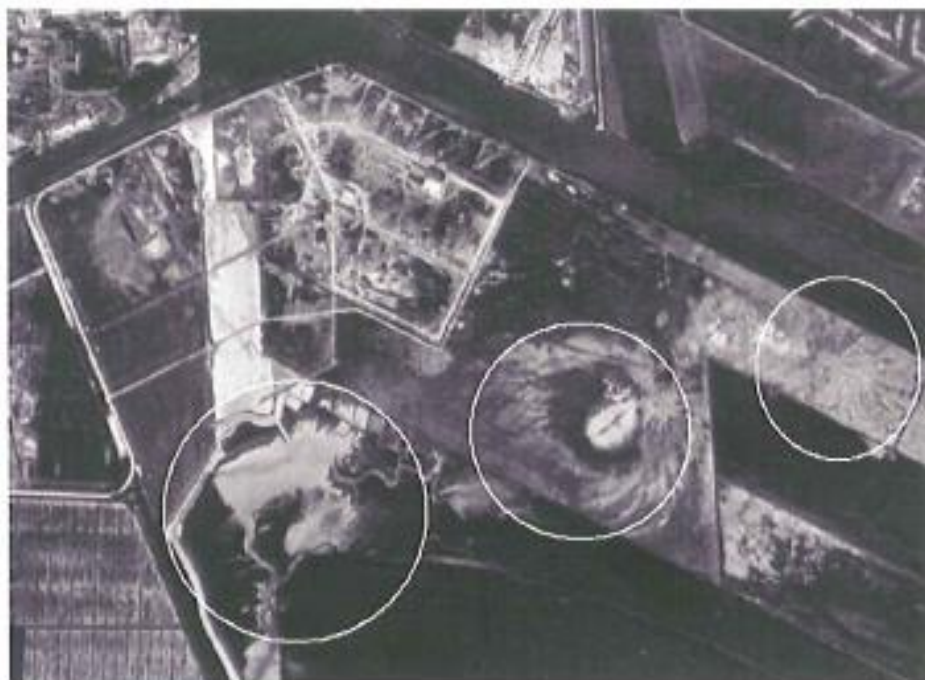


Foto 1: imbonimento in corso nell'area del nuovo petrolchimico; si evidenziano in particolare le morfologie riconducibili all'apporto di materiale solido tramite condotte

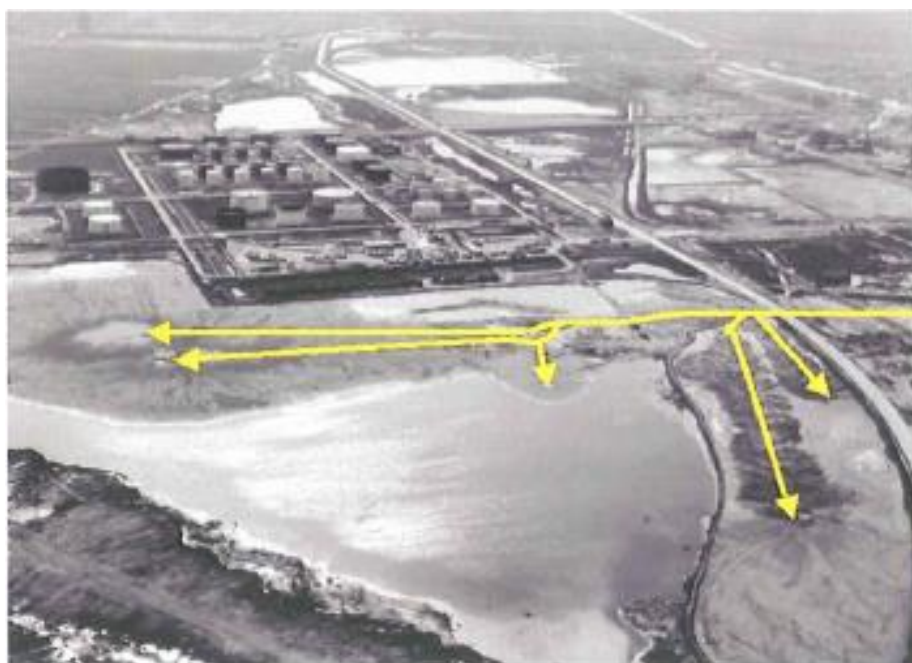


Foto 2: Imbonimento in corso nell'area del nuovo petrolchimico; sono evidenziate (in giallo) le condotte per l'apporto del materiale solidi



Foto 3: Imbonimento in corso, particolare

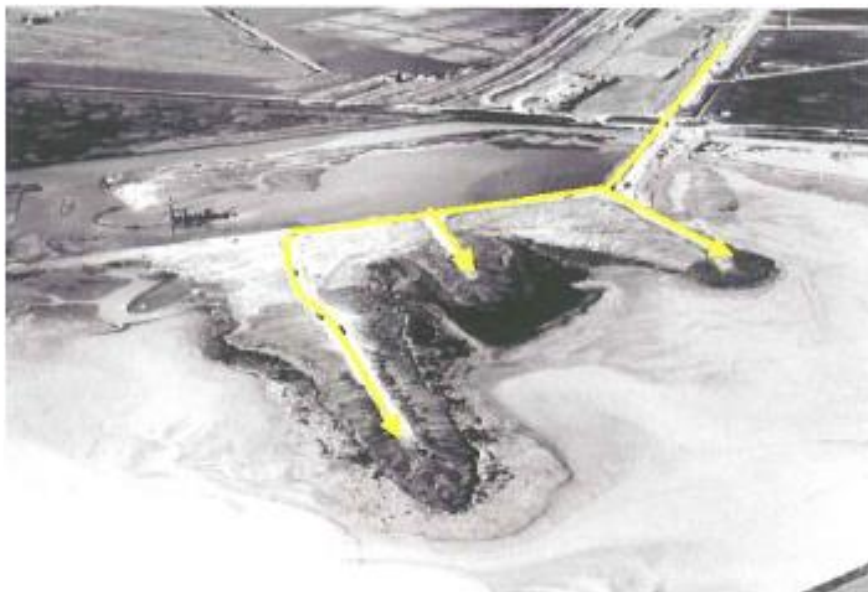


Foto 4: Imbonimento in corso mediante autocarri

In conseguenza anche di tale origine, lo spessore del materiale di riporto (Figura 8) è mediamente compreso tra 1 e 2 m ma può frequentemente arrivare fino a 5 m e, localmente raggiungere spessori di 9 – 10 m, laddove sono stati riempiti canali, ghebi o darsene.

In corrispondenza delle aree in oggetto lo spessore dei riporti superficiali si attesta mediamente sui 2 – 5 m; naturalmente tale spessore può essere superiore a tergo della banchina esistente.

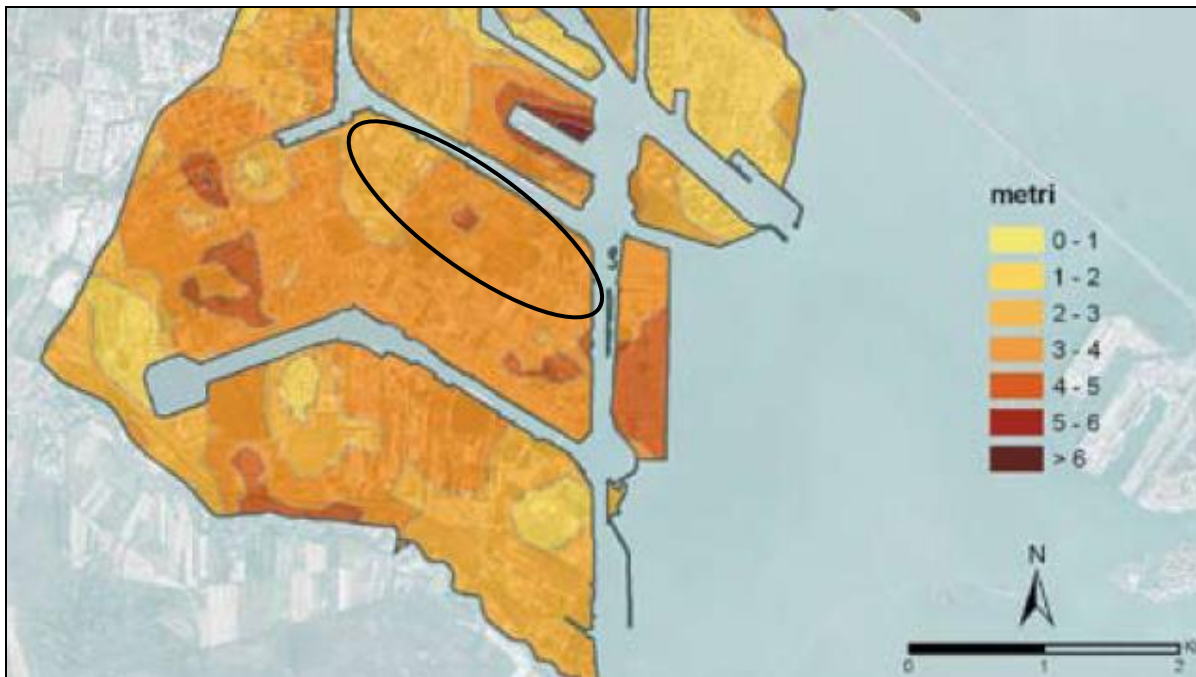


Figura 8: Distribuzione dello spessore di riporto all'interno del SIN (fonte “Indagine idrogeologica sull’area di Porto Marghera – seconda fase – 2009”)

Le caratteristiche litostratigrafiche dell’area di Porto Marghera sono state descritte in occasione della ricostruzione del Modello geologico e idrogeologico nel Master Plan per la bonifica dei siti inquinati di Porto Marghera (2004), in seguito affinato con *l’Indagine idrogeologica sull’area di Porto Marghera – seconda fase – 2009* sviluppata dalla Direzione Progetto Venezia e della Provincia di Venezia.

Gli studi geologici hanno evidenziato una successione litostratigrafica schematizzabile in cinque macrostrati (Figura 9):

1. **Materiale di riporto**: Il SIN è interessato da spessori anche consistenti di riporto, utilizzato in passato per la bonifica per colmata dell’area perilagunare; lo spessore varia da 0 m, soprattutto nelle zone agricole occidentali, fino a oltre 6 m, nell’area industriale. Il riporto ospita localmente un acquifero ritenuto in generale non significativo alla scala di lavoro;
2. **Primo livello impermeabile**, che si distingue in un orizzonte superiore di limo argilloso con livelli torbosi e frustoli vegetali (*barena*) e un orizzonte inferiore di argilla sovraconsolidata (*caranto*). Questo orizzonte barena-caranto costituisce il limite impermeabile tra l’acquifero sospeso nel materiale di riporto e il primo acquifero confinato sottostante. Lo spessore del

- primo livello impermeabile presenta una elevata variabilità spaziale, essendo compreso tra 0,1 e 11 m e con valore medio di 3,8 m. Si sottolinea che alcune stratigrafie analizzate evidenziano delle zone nelle quali tale formazione è assente;
3. **Primo acquifero confinato**, costituito da sabbia fine con spessore variabile tra 2 e 7 m;
 4. **Secondo livello impermeabile**, caratterizzato da argilla e limo. Lo spessore di tale livello denota ampia variabilità essendo compreso tra 0,5 e 13 m e presentando valori più frequenti per gli spessori compresi tra 1 e 3 m e tra 4 e 6 m rispettivamente;
 5. **Secondo acquifero confinato**, costituito da sabbie medio fini, con spessori generalmente compresi tra 3 e 5 m, e un valore medio di 4,3 m.

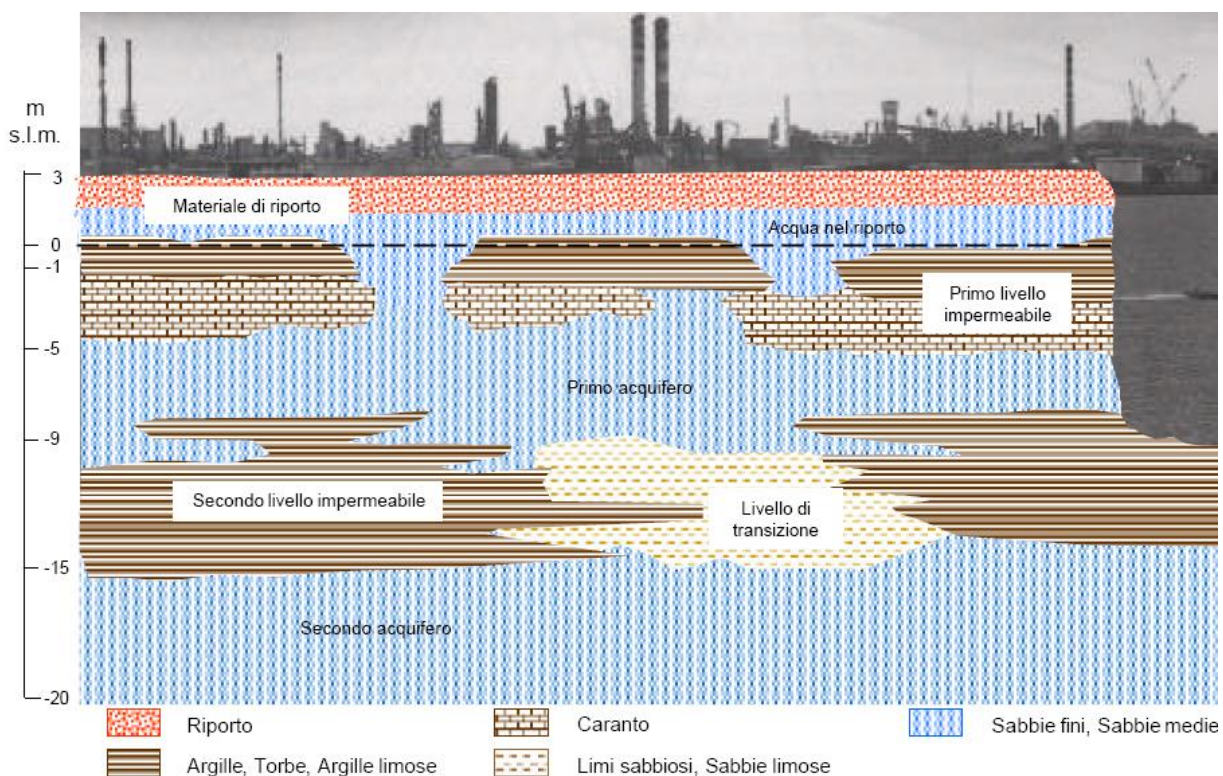


Figura 9: Modello geologico ed idrogeologico dell'area di Porto Marghera (Fonte: Master Plan per le bonifiche di Porto Marghera)

Concentrando l'attenzione sulla presenza del caranto, laddove è stato riconosciuto (Figura 10) e ipotizzando, quindi, una teorica continuità del livello, si può ottenere, dall'interpolazione (kriging ordinario) dei valori puntuali presenti nella banca dati stratigrafica in cui è stata riconosciuta la sua presenza, una mappa della profondità del tetto dello strato all'interno del Sito di Interesse Nazionale (Figura 11).

In questa mappa si può notare come il tetto del caranto si approfondisca a partire dal settore nord-occidentale (dove risulta quasi affiorante), verso il settore sud-orientale dove raggiunge la massima profondità.

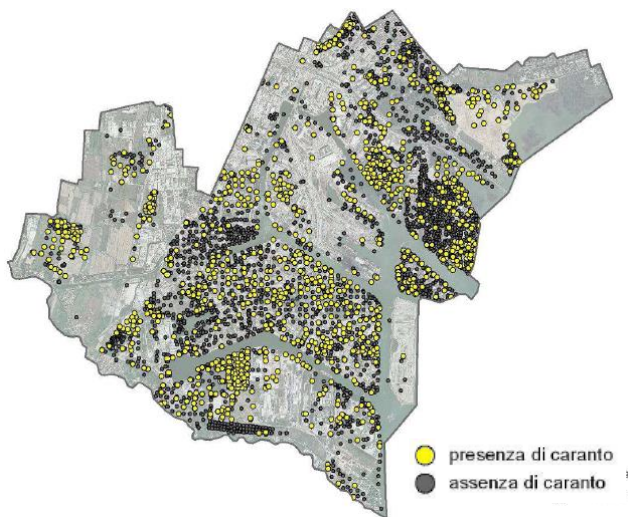


Figura 10: selezione dei carotaggi in funzione della presenza di caranto. (fonte: “Indagine idrogeologica sull’area di Porto Marghera – seconda fase – 2009”)

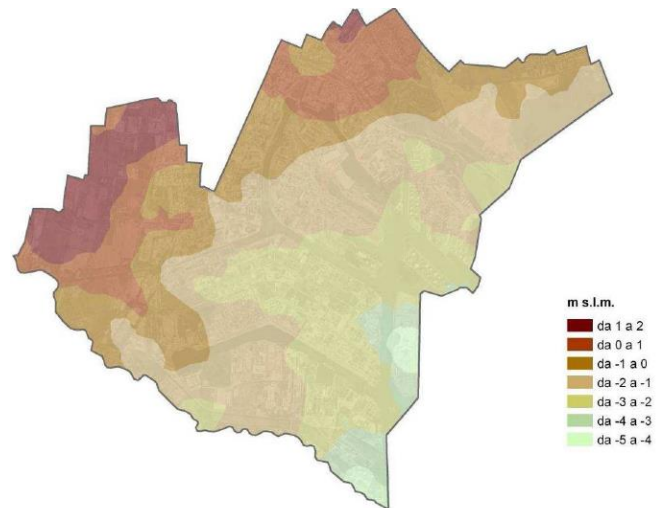


Figura 11: Quota del tetto del caranto, espressa in m s.l.m., ottenuta per interpolazione (fonte: “Indagine idrogeologica sull’area di Porto Marghera – seconda fase – 2009”)

La carta in Figura 12 differenzia le aree dove l’acquifero risulta più protetto da livelli impermeabili superficiali (alto indice di copertura) rispetto ad aree dove il primo acquifero risulta meno protetto (basso indice di copertura). Si può notare che l’area maggiormente protetta è quella centrale mentre risulta meno protetta l’area settentrionale e l’estremità orientale (ossia, in prima approssimazione, le aree dove il tetto del primo acquifero significativo ha una profondità minore, Figura 13).

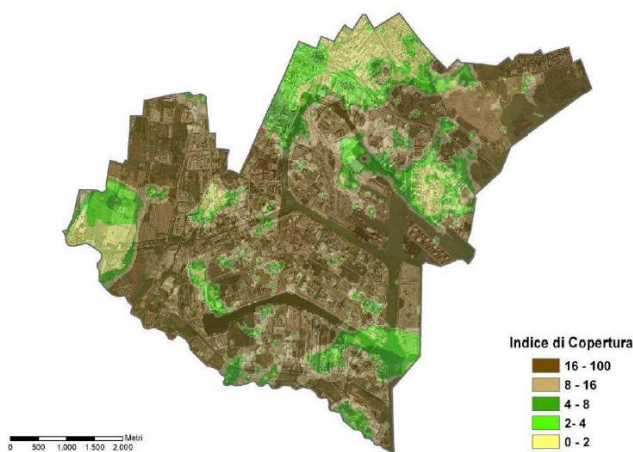


Figura 12: Distribuzione dell'indice di copertura del primo acquifero (fonte: “Indagine idrogeologica sull'area di Porto Marghera – seconda fase – 2009”)

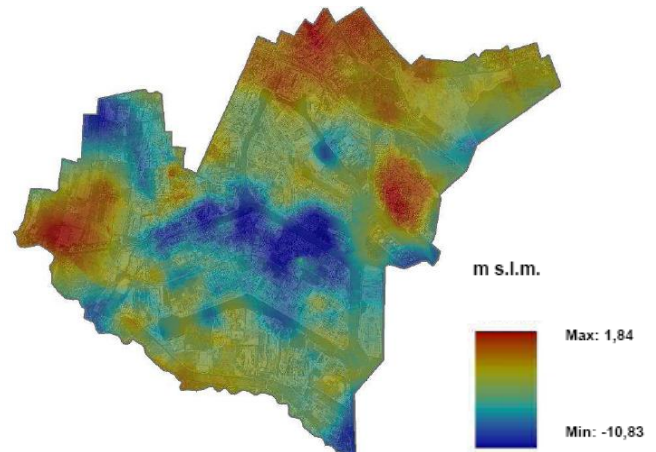


Figura 13: Carta del tetto del primo acquifero (fonte: “Indagine idrogeologica sull'area di Porto Marghera – seconda fase – 2009”),

Il tetto del primo acquifero significativo rappresentato nella mappa in Figura 13 si trova a profondità comprese tra -10,8 e +1,8 m s.l.m. Considerato che le quote del piano campagna variano da +0,5 e +4,0 m s.l.m. il tetto del primo acquifero significativo si trova tra 2 e 15 m circa dal piano campagna; esso risulta praticamente affiorante nel settore settentrionale e nell'estremità orientale, mentre nel settore centrale (Macroisola Nuovo Petrolchimico verso la sponda del Canale Industriale Ovest, nelle vicinanze dell'area in oggetto) risulta ad una profondità piuttosto elevata, ossia sembra non esserci nessun corpo acquifero significativo fino alla profondità di una quindicina di metri.

2.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Vaste aree del Sito di Interesse Nazionale (SIN) di Porto Marghera sono state sottoposte in questi ultimi anni a operazioni di bonifica, rimaneggiamento e/o risistemazione ambientale; in conseguenza delle quali le quote di molte di queste aree sono state modificate.

Infatti, a partire dal 1995, sono stati avviati dal Magistrato alle Acque di Venezia gli interventi di salvaguardia di Venezia e della sua Laguna nella zona di Porto Marghera sulla base di quanto previsto nel Piano generale degli interventi allegato alla Convenzione Generale rep. n. 7191/1991, richiamato all'art. 3 della legge 139/1992 e, in particolare, sulla base del “Progetto generale di massima degli interventi per l'arresto e l'inversione del degrado“ del settembre 1993.

Tale Piano prevede una serie di linee di intervento finalizzate all'arresto e all'inversione dei processi di degrado dell'ambiente lagunare: tra queste sono ricomprese le opere di protezione delle

acque lagunari e quindi dell'ecosistema dal rilascio di sostanze alteranti provenienti da sedimenti inquinati e da depositi di rifiuto collocati all'interno della conterminazione lagunare.

Gli interventi previsti consistono nella realizzazione del marginamento delle sponde, collegato con il drenaggio dei suoli retrostanti e il collettamento delle acque meteoriche, con la sistemazione e messa a norma degli scarichi e nella realizzazione dei “retromarginamenti” per la completa “cinturazione delle macroisole” lungo il perimetro, eliminando così:

- l'erosione e la dispersione dei materiali di sponda inquinati;
- gli apporti di acque di falda (superficiale e prima falda);
- gli apporti di acque meteoriche dilavanti i suoli inquinati.

Una volta eliminati gli apporti di inquinanti dalle sponde dei canali è possibile procedere con efficacia al progressivo risanamento dei loro fondali.

In Figura 14 si rappresenta in particolare l'avanzamento dei lavori di conterminazione per la macroisola del Nuovo Petrolchimico aggiornata al mese di dicembre 2013.

In generale lungo le banchine e i bordi dei canali industriali e portuali di tutto il SIN sono stati eseguiti, in questi ultimi anni, numerosi interventi di sistemazione. I lavori hanno coinvolto in media circa una fascia di una decina di metri lungo le rive dei canali, modificando la morfologia superficiale delle aree oggetto del marginamento.

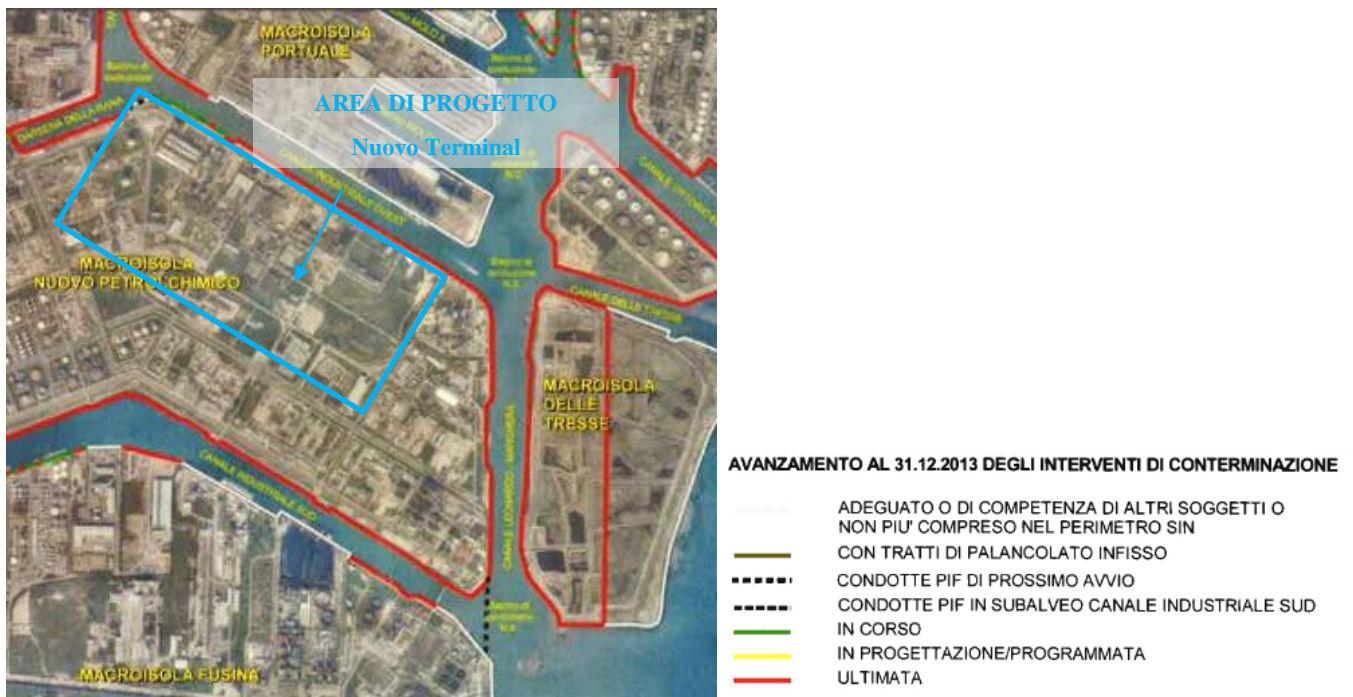


Figura 14: Avanzamento degli interventi di marginamento delle sponde della laguna di Venezia aggiornata al 31.12.2013 – particolare dell’Area del Nuovo Petrolchimico e Isola delle Tresse

In occasione della seconda fase dell’indagine idrogeologica di Venezia è stato elaborato dal Servizio geologico della Provincia un **microrilievo geomorfologico – topografico dell’area del SIN** nell’ambito della collaborazione fra Provincia di Venezia e Commissario Delegato per l’Emergenza idraulica. L’elaborazione deriva da un rilievo mediante laser scanner eseguito dall’Università di Trieste per la struttura commissariale. La tipologia del rilievo permette di avere una precisione altimetrica con errori inferiori al decimetro.

L’elaborazione del microrilievo (Figura 15) ha evidenziato che le quote del piano campagna del SIN variano da +0,45 a +4,0 m s.l.m. Nelle zone agricole e nelle zone a monte della ferrovia, dove è minore lo spessore del riporto, le quote più diffuse variano da +1,00 a +2,00 m s.l.m.; nella restante parte sono comprese tra +2,00 e +4,00 m s.l.m. L’area della banchina ME36L indicata in Figura 15 si trova ad una quota di circa 3 m s.l.m..



Figura 15: Microrilievo a laser LIDAR (Light Detection And Ranging) dell'area di Porto Marghera (fonte “Indagine idrogeologica sull'area di Porto Marghera – seconda fase – 2009”),

2.4 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Sulla base delle informazioni fornite dagli assetti litostratigrafici e piezometrici, è possibile formulare la seguente modellizzazione idrogeologica.

Il materiale di riporto costituisce un mezzo poroso eterogeneo e anisotropo con valori di conducibilità idraulica molto dispersi ($10^{-9} < k < 10^{-4}$ m/s). In tale mezzo poroso è presente un corpo acquifero sospeso che può risentire dell'influenza mareale giornaliera, a seconda dell'interferenza con il tetto del caranto.

Il possibile collegamento con la laguna di tale acquifero è stato pressochè totalmente obliterato dalle opere di marginamento eseguite dal MAV, ivi compresa la banchina attualmente presente in corrispondenza del sito di progetto (Banchina Lazio).

Anche la prima falda, che è il corpo acquifero maggiormente indagato, presenta un'elevata dispersione dei parametri idrogeologici quali la conducibilità idraulica ($10^{-8} < k < 10^{-4}$ m/s) e la trasmissività idraulica ($10^{-6} < T < 10^{-4}$ m²/s).

La dispersione dei parametri idrogeologici indica l'influenza sia di eventi erosivi e deposizionali tipici della dinamica lagunare che di attività antropiche come escavazioni e riporti. Sulla base delle alterazioni dei parametri idrogeologici e le informazioni stratigrafiche viene confermata l'esistenza di interconnessioni tra l'acquifero sospeso e la prima falda. Inoltre, l'analisi dei dati piezometrici sembra avvallare l'ipotesi di un collegamento tra la prima falda e la laguna.

Lo studio “Indagine idrogeologica sull'area di Porto Marghera – seconda fase – 2009”, basato su una grande mole di dati litostratigrafici, ha individuato i principali corpi acquiferi sotterranei presenti all'interno dell'area del SIN.

In Figura 16 si evidenzia all'interno dell'area SIN la presenza di 4 corpi acquiferi sotterranei principali con orientazione WNW-ESE.

La Macroisola Nuovo Petrolchimico è attraversata nella sua porzione meridionale da un sistema doppio acquifero confinato legato al corpo acquifero di **Malcontenta**. Quest'ultimo è caratterizzato da un importante materasso permeabile nella zona di monte; al tetto è presente un continuo livello impermeabile tale da determinare un acquifero confinato. Procedendo verso valle la struttura idraulica tende a modificarsi. Infatti si mette in evidenza come, **procedendo verso la laguna, il sistema acquifero confinato si differenzia in un doppio acquifero confinato, in cui i 2 livelli permeabili risultano indipendenti** tra di loro e caratterizzati da differenti valori piezometrici.

Si sottolinea che questa schematizzazione è una semplificazione (modello concettuale) della complessa idrogeologia dell'area.

L'area oggetto del presente documento, tuttavia, è cartografata esternamente ai principali corpi acquiferi.

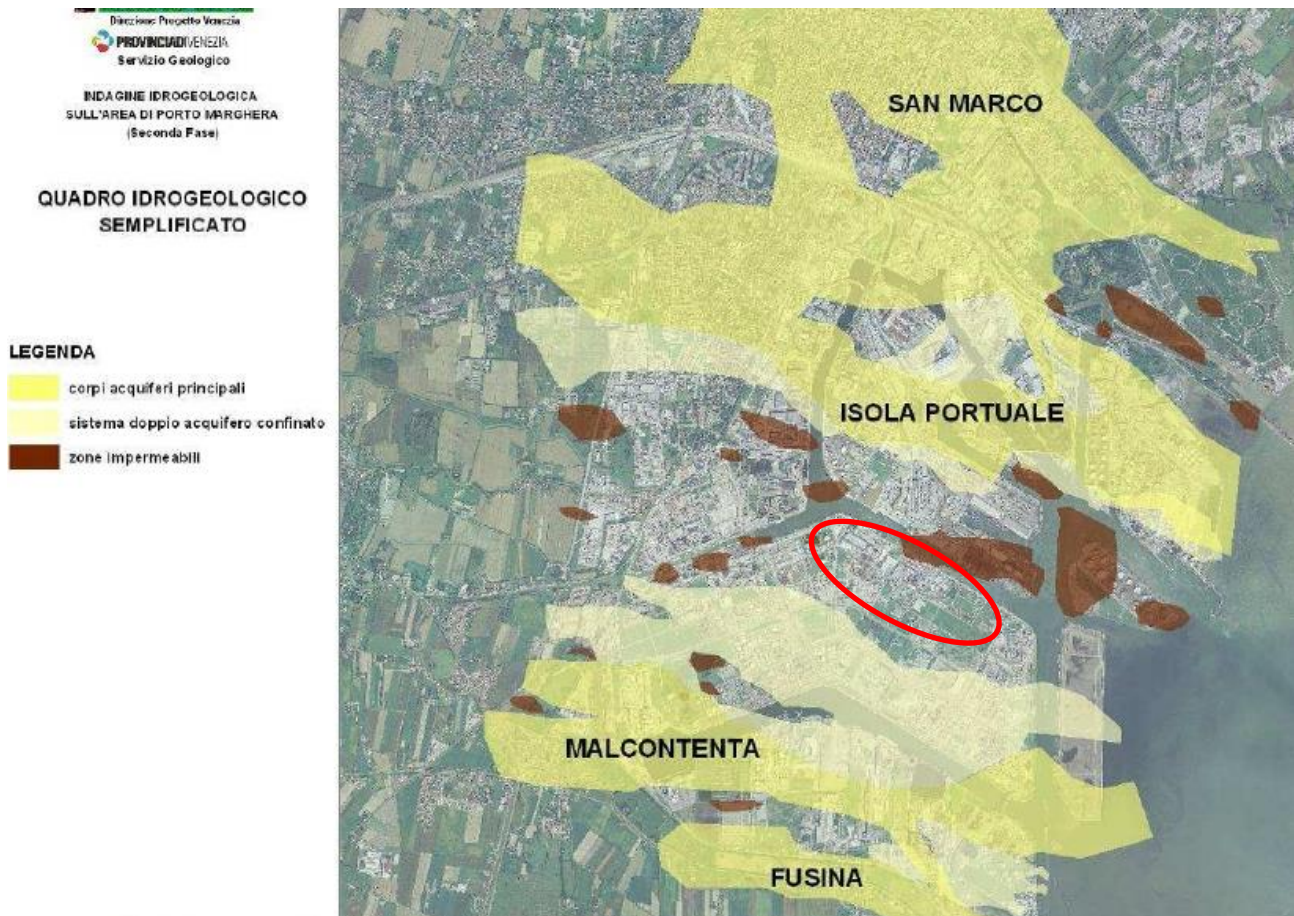


Figura 16: Quadro idrogeologico semplificato dell'area del SIN (fonte “Indagine idrogeologica sull'area di Porto Marghera – seconda fase – 2009”)

La permeabilità dei principali corpi acquiferi ha valori (mediani) tipici compresi tra $3 \cdot 10^{-5}$ e 10^{-4} m/s. Il quadro idrogeologico è il frutto della contrapposizione di aree con “acquiferi” ed “aquicludi” a trasmissività nettamente differenziata. I principali corpi sedimentari sabbiosi possono avere valori di trasmissività di 2-3 ordini di grandezza superiori rispetto a quelli a bassa trasmissività. Ovvero si passa da trasmissività dell'ordine di 10^{-3} - 10^{-4} m²/s a valori 10^{-6} m²/s. Ciò significa che a parità di gradiente idraulico si può teoricamente avere un flusso idrico sotterraneo con portate di 100-1000 volte superiori nei principali corpi sabbiosi, rispetto ai corpi circostanti.

Il **livello piezometrico medio** nell'area è generalmente compreso tra 0 e +1 m s.l.m., subisce variazioni modestissime nel tempo, salvo locali deformazioni causate da drenaggi artificiali in varie parti del SIN, ma, soprattutto, **oscilla in sintonia con le variazioni della marea**, con sfasamenti variabili in funzione della distanza tra i punti monitorati ed i corpi acquiferi soprattutto in relazione alla sua trasmissività; anche l'ampiezza delle oscillazioni varia da pochi cm a diversi dm in

funzione dell'ubicazione dei piezometri rispetto ai corpi acquiferi in virtù della loro trasmissività; il sistema acquifero risponde, nel breve periodo, anche agli eventi di pioggia nella parte di entroterra (corpo di viale San Marco).

I gradienti idraulici risultano generalmente bassi o nulli (inferiori a 1‰) e costanti nel tempo, se filtrati delle oscillazioni di marea e dei fattori antropici (emungimenti). In relazione al gradiente basso/nullo **le velocità ed i flussi idrici sotterranei** tendono ad essere bassi o nulli anch'essi.

Il flusso idrico sotterraneo per ciascuno dei corpi sabbiosi è stato valutato dell'ordine di un litro al secondo nella direzione regionale (NW – SE), ovvero una quantità insignificante rispetto agli acquiferi presenti in altre parti del Veneto; tale flusso irrisorio risulta spesso condizionato e a volte invertito sia dalla marea che da fattori antropici.

2.4.1 Distribuzione dei livelli piezometrici all'interno del nuovo petrolchimico

Come evidenziato dal modello idrogeologico semplificato la porzione settentrionale della macroarea Nuovo Petrolchimico, all'interno della quale è situata l'area di progetto, è caratterizzata, da un punto di vista idrogeologico, da una netta prevalenza di litologie fini (limi ed argille) fino a profondità superiori a 12-15 m da p.c. e comunque dall'assenza di corpi idrici sotterranei significativi.

La Figura 17 riporta la distribuzione dei livelli piezometrici relativi alla prima falda in corrispondenza della Macroisola del Nuovo Petrolchimico. E' evidente una certa articolazione del flusso idrico sotterraneo dovuto alla discontinuità dei livelli acquiferi presenti oltre ad un elevato grado di influenze antropiche costituite da drenaggi orizzontali, well point, vasche drenanti, eventuali perdite da reti interrato, ecc.

Da tale immagine appare evidente che **la superficie piezometrica di prima falda** in corrispondenza delle aree marginali della macroisola e prospicienti la banchina di progetto **è caratterizzata da un abbassamento piezometrico** (inferiore a – 1 m, aree sottese dal colore blu scuro) determinato dal **richiamo esercitato nei confronti dei filetti fluidi** da parte dei dreni presenti a tergo del marginamento.



Figura 17: Distribuzione delle Piezometrie della prima falda (dalla Tavola 24” Distribuzione delle piezometrie Nuovo petrolchimico” fonte “Indagine idrogeologica sull’area di Porto Marghera – seconda fase – 2009”)

Anche la piezometria media ricostruita lungo il profilo WE4 riportata in Figura 18 e Figura 19 mostra un elevato grado di complessità e variabilità.

E’ infatti necessario sottolineare come sia per la posizione del sito di progetto, sostanzialmente a contatto con il medio mare, sia per la presenza di un livello impermeabile pressoché continuo a protezione della Prima Falda, la definizione di una univoca superficie piezometrica appare decisamente difficoltosa e, in qualche caso anche impropria, gli studi eseguiti consentono di trarre alcune conclusioni:

- La zona a monte, caratterizzata da un andamento regolare della piezometria, parrebbe evidenziare come i canali di bonifica, abbondanti in questa area, non comportino una interferenza sulla prima falda, probabilmente ad indicare l’assenza di collegamenti idraulici tra i canali stessi ed il corpo acquifero sottostante.

2.4.2 Modello di circolazione idrica delle acque sotterranee

La dinamica del deflusso delle acque sotterranee nel caso del sito in esame riveste notevole importanza per la presenza del corpo recettore “Canale industriale Ovest” in prossimità dei limiti fisici dello stabilimento. La circolazione idraulica nella falda confinata è fortemente influenzata dalla morfologia lagunare originaria. All’inizio del 1900 in tale settore esisteva una serie di canali lagunari minori interni che hanno inciso la barena. La presenza di tali canali indica l’esistenza di vie di scorrimento preferenziali che favoriscono il deflusso delle acque. Gli interventi di messa in sicurezza sono stati orientati da tali considerazioni. La circolazione idraulica nelle acque dei riporti è invece fortemente dipendente oltre che dalla menzionata rete di canali dai riempimenti eseguiti in seguito. Nelle figure che seguono (Figura 20, Figura 21, Figura 22) si riporta l’evoluzione dei canali lagunari nell’area di studio, come riportato in alcune carte della laguna redatte dal Genio Civile e riferite agli anni 1901, 1932 e 1970, dove si vede l’evoluzione dei risultati del processo di imbonimento dell’area lagunare e dei canali.



Figura 20: canali lagunari secondari nell’area Montesyndial nel 1901

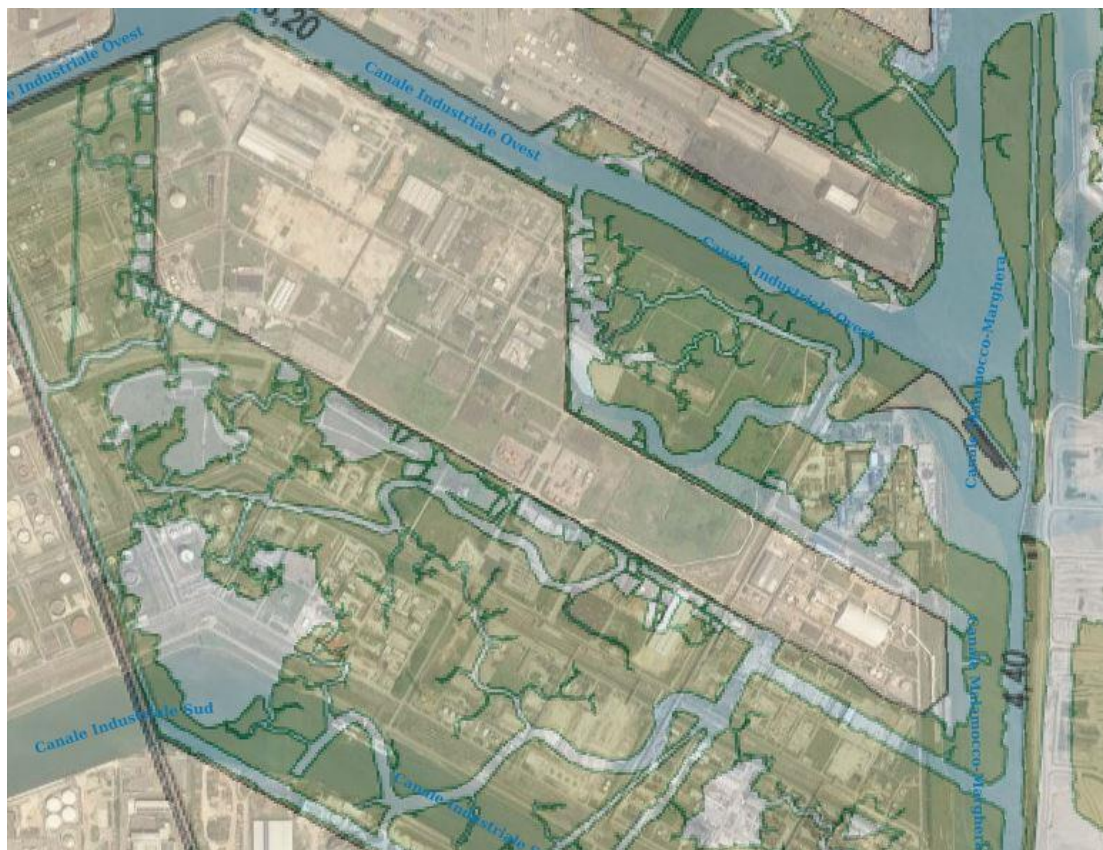


Figura 21: canali lagunari secondari nell'area Montesyndial nel 1932



Figura 22: canali lagunari secondari nell'area Montesyndial nel 1970

La morfologia topografica influisce anche sullo scorrimento delle acque superficiali per la presenza di manufatti che possono alterare il naturale deflusso delle acque nel riporto.

Gli aspetti più interessanti dal punto di vista idraulico sono i seguenti:

- presenza di elementi di erosioni localizzate che hanno determinato preferenziali direzioni di flusso delle acque nel riporto;
- presenza di fondazioni ed edifici interrati che impediscono il normale deflusso delle acque nel riporto;
- locali anomalie nella prima falda in pressione in relazione con la conformazione della quota del livello impermeabile alla base delle sabbie fini;
- presenza di opere di marginamento atte ad impedire il regolare deflusso delle acque di prima falda all'interno dei canali artificiali lagunari e di opere di drenaggio volte a compensare tale alterazione dell'equilibrio idrogeologico;
- presenza di consistenti spessori di terreni di riporto che modificano localmente la direzione di deflusso della falda e che, in taluni casi possono essi stessi fungere da accumuli idrici temporanei, “sospesi” sul primo livello impermeabile (“acque di impregnazione del riporto”).

La prima falda si presenta come una falda debolmente in pressione, caratterizzata da bassi gradienti e basse velocità. Nel complesso l'acquifero – mediamente costituito da sabbie fini e fini limose, più raramente da sabbie medie e medio-fini – si presenta come un sistema a ridotta circolazione idrica.

I dati disponibili dalle prove di permeabilità condotte su tutta la penisola del petrolchimico indicano una permeabilità media del riporto superficiale dell'ordine di 10^{-6} m/s. Dalle prove effettuate durante la caratterizzazione dell'area e dai dati relativi a tutta la penisola emerge che la permeabilità media delle sabbie fini sede della prima falda è dell'ordine di 10^{-4} – 10^{-5} m/s. I valori ottenuti per i due livelli impermeabili (Acquiclude) sono attorno ai 10^{-8} m/s.

3 LIVELLO DI DETTAGLIO

3.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE

Nel programma di integrazione dei dati di caratterizzazione finalizzata al progetto della nuova banchina Montesyndial sono state svolte numerose campagne di indagini con la duplice finalità di:

- definire i parametri geotecnici per la progettazione strutturale;
- definire i parametri analitici per la caratterizzazione ambientale preliminare ai fini della gestione dei materiali da scavo;

Ubicazione, modalità di esecuzione delle indagini e di formazione dei campioni di terreno sono state condivise e concordate con gli enti di controllo preposti.

Scendendo nel dettaglio, le indagini geognostiche pregresse sulle quali si è basata la definizione del modello geologico del sito sono così sintetizzabili:

Indagine geognostica eseguita a marzo 2015 dalla ditta SGM Geologia e Ambiente di Ferrara (relazione di riferimento: *Relazione tecnica-descrittiva area arretramento banchina settore 1C, giugno 2015*), consistita nell'esecuzione di:

1. **n. 3 sondaggi geotecnici a carotaggio continuo** spinti fino alla profondità -24 m da p.c. (SG1÷SG3); con prelievo di campioni rimaneggiati e indisturbati, esecuzione di prove SPT in foro ed installazione di piezometro a tubo aperto;
2. **n. 3 prove penetrometriche statiche elettriche con piezocono CPTU** spinte fino alla profondità di 30 m da p.c. (CPTu1÷CPTu3), con esecuzione di prove di dissipazione in foro;
3. **n. 15 sondaggi ambientali** spinti fino a 14 m da p.c. circa (1C-S1-1C-S15), con prelievo di campioni ambientali.

Indagine geognostico-ambientale eseguita nei mesi di Aprile e Maggio 2015 dalla ditta Geotecnica Veneta Srl di Martellago-VE (relazione di riferimento: *Piano di caratterizzazione dell'area di arretramento della banchina "area ex Montefibre" nel tratto relativo al settore 1C, Giugno 2015*), consistita nell'esecuzione di:

4. **n. 5 sondaggi ambientali a carotaggio continuo** spinti fino alla profondità massima di 14 m da p.c. (1C-S16÷1C-S20); con prelievo di campioni da sottoporre ad analisi chimica.

Indagine geognostico-ambientale eseguita nei mesi di Aprile e Maggio 2015 dalla ditta Geotecnica Veneta Srl di Martellago-VE (relazione di riferimento: *Piano di caratterizzazione dell'area ex Montefibre* nel tratto relativo al settore 1B, Giugno 2015), consistita nell'esecuzione di:

5. **n. 21 sondaggi ambientali a carotaggio continuo** spinti fino alla profondità massima di - 5/6m da p.c. (1B-S1÷1B-S21); con prelievo di campioni da sottoporre ad analisi chimica.

Indagine geognostica nel mese di giugno 2015 dalla ditta SGM Geologia e Ambiente di Ferrara (relazione di riferimento: *Relazione tecnica-descrittiva indagini getecniche e geognostiche, agosto 2015*), consistita nell'esecuzione di:

1. **n. 3 sondaggi a carotaggio continuo** spinti fino alla profondità compresa tra 20 e 35 m da p.c. (S1÷S3); con prelievo di campioni rimaneggiati e indisturbati, esecuzione di prove SPT in foro;
2. **n. 2 prove penetrometriche statiche elettriche con piezocono CPTU** spinte fino alla profondità di 10 m da p.c. (CPTu1÷CPTu3), con esecuzione di prove di dissipazione in foro;
3. **n. 1 prove penetrometriche statiche elettriche con sismocono S-CPTU** spinta fino alla profondità di 9 m da p.c. (SCPTu2).
4. **n. 6 prove di carico su piastra.**

Indagine geognostica eseguita nei mesi di Ottobre-Dicembre 2016 dalla ditta SGM Geologia e Ambiente di Ferrara (relazione di riferimento: *Relazione tecnica-descrittiva indagini geognostiche, Gennaio 2017*), consistita nell'esecuzione di:

5. **n. 6 sondaggi geotecnici a carotaggio continuo** spinti fino alla profondità compresa tra 30 e 50 m da p.c. (SP1÷SP6); con prelievo di campioni rimaneggiati e indisturbati, esecuzione di prove SPT in foro ed installazione di piezometro a tubo aperto;
6. **n. 6 prove penetrometriche statiche elettriche con piezocono CPTU** spinte fino alla profondità di 40 m da p.c. (CPTu1÷CPTu6), con esecuzione di prove di dissipazione in foro;
7. **n. 4 prove penetrometriche statiche elettriche con sismocono S-CPTU** spinte fino alla profondità di 40/50 m da p.c. (SCPTu1÷SCPTu4), con misura della velocità delle onde sismiche Vs.

Indagine ambientale eseguita nei mesi di Ottobre 2016 dalla ditta SGM Geologia e Ambiente di Ferrara (relazione di riferimento: *Relazione tecnica-descrittiva indagini ambientali, Gennaio 2017*), consistita nell'esecuzione di:

1. **n. 12 sondaggi ambientali a carotaggio continuo** spinti fino alla profondità massima di 14 m da p.c. (2C-S4÷2C-S15); con prelievo di campioni da sottoporre ad analisi chimica.

Indagine geognostica eseguita nel mese di Marzo 2015 dalla ditta dalla ditta Geotecnica Veneta Srl di Martellago-VE (relazione di riferimento: *Indagine geognostica geotecnica propedeutica....nel tratto relativo al settore 1C....., Giugno 2017*), consistita nell'esecuzione di:

1. **n. 2 sondaggi geotecnici a carotaggio continuo** spinti fino alla profondità di 24 m da p.c. (SG4÷SG5); con prelievo di campioni indisturbati e esecuzione di prove SPT in foro;
2. **n. 2 prove penetrometriche statiche elettriche con piezocono CPTU** spinte fino alla profondità di 30 m da p.c. (CPTU1÷CPTU2).

I sondaggi meccanici a carotaggio continuo sono stati eseguiti secondo le modalità previste nei protocolli allegati nell'Accordo di programma rev. 16 aprile 2012.

Al fine di sistematizzare la notevole mole di dati, è stato implementato un sistema di digitalizzazione dati mediante software gis.

In Figura 23 sono stati localizzati sulla planimetria in CTR tutti i punti di indagine indicati, ottenuta mediante ri-digitalizzazione delle coordinate delle verticali di prova nel software QGIS.

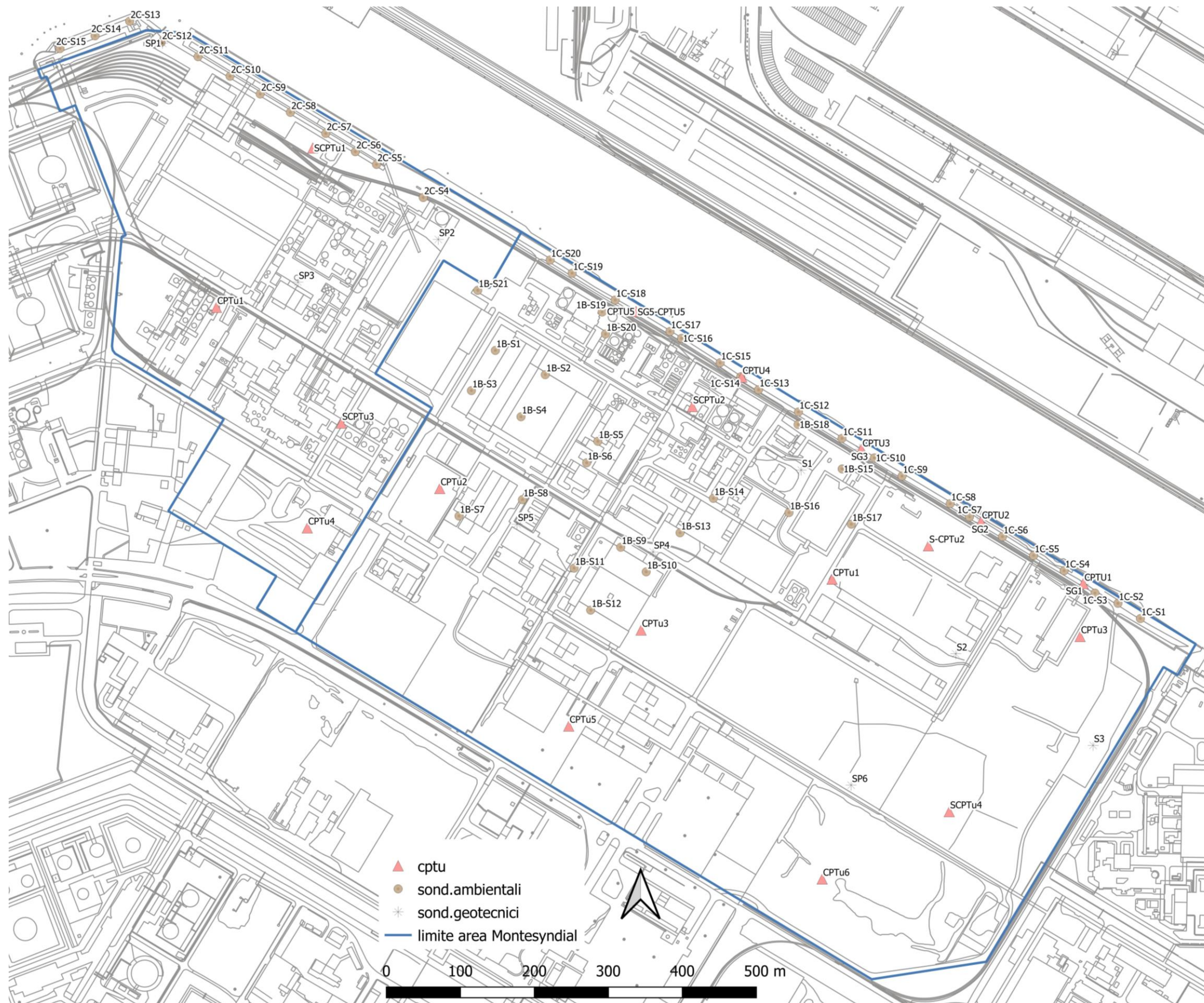


Figura 23: Localizzazione delle indagini geognostiche

3.2 CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE DI DETTAGLIO DEL SITO DI PROGETTO - MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO

I sondaggi eseguiti sul sito hanno consentito di effettuare una ricostruzione litostratigrafica del sottosuolo dell'area di indagine con una buona affidabilità, fino alla profondità di 14 m da p.c. per quanto riguarda la banchina nord e di 30/40 m per quanto riguarda l'area interna. Il modello geologico del sottosuolo è stato pertanto ricostruito mediante la redazione di n. 6 sezioni geologiche riportate in **Figura 34, Figura 35, Figura 36, Figura 37, Figura 38, Figura 39 e Figura 40**, le cui tracce sono indicate nella **Figura 24**, implementate mediante la correlazione tra le stratigrafie dei sondaggi a carotaggio continuo e i dati penetrometrici disponibili, opportunamente rieditati in appositi fogli di calcolo per cercare di definire con la maggiore precisione possibile la natura stratigrafia del terreno attraversato, mediante la correlazione tra i valori di Resistenza alla punta Q_c , Attrito laterale F_s e Sovrapressioni neutrali (U).

Nello specifico da **Figura 34 a Figura 38** si riportano le Sezioni da A-A' a E-E' che ricostruiscono l'assetto geologico dell'area interna, mentre la **Figura 39 e Figura 40** è relativa alla la Sezione Banchina.

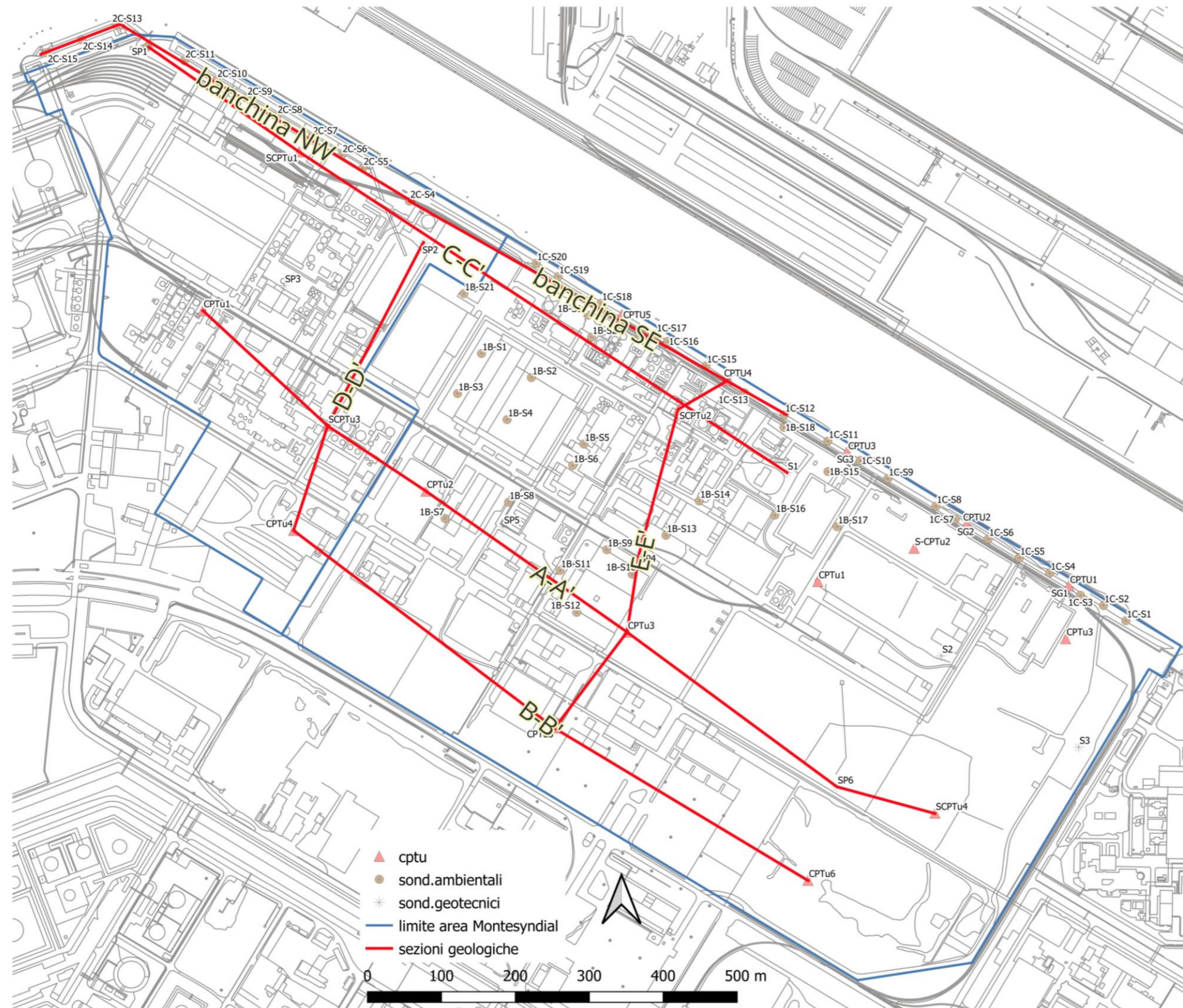


Figura 24 : Traccia delle sezioni geologiche redatte

Dall'analisi delle sezioni appare evidente come sia possibile individuare una diretta corrispondenza con la successione tipica del sottosuolo di Porto Marghera, caratterizzato dalla presenza di uno strato superficiale di riporto con spessore plurimetrico (Unità di Marghera), che ricopre limi e argille con resti vegetali (sedimenti di barena) alternanti a strati limoso-sabbiosi, che costituiscono la serie lagunare (*olocenica*), a sua volta sovrastante uno strato limoso-argilloso sovraconsolidato (*caranto*) passante in profondità a sabbie (Unità di Mestre) con intercalati livelli coesivi argilloso-limosi più o meno continui, che costituiscono la serie continentale (*pleistocenica*). La sezione riportata di seguito (**Figura 25**) schematizza in modo chiaro la serie stratigrafica dell'area lagunare:

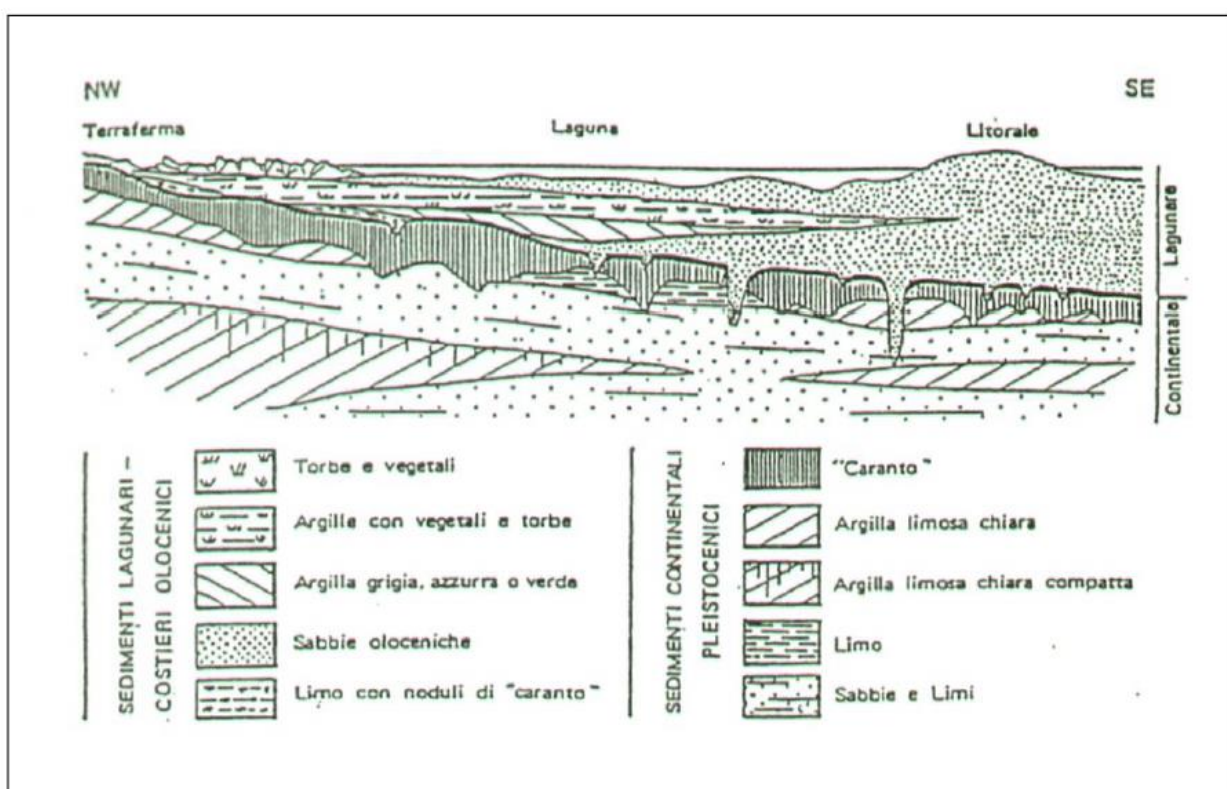


Figura 25: Serie stratigrafica tipo dell'area lagunare di Venezia (da Gatto e Previatello, 1974)

Sono stati infatti riconosciuti i seguenti principali orizzonti litostratigrafici (per i dettagli sull'andamento dei singoli orizzonti si rimanda alle sezioni geologiche):

1. **Primo orizzonte (0,0 ÷ -1.5/-4.0 m da p.c., circa.) – Materiale di riporto**

appare costituito da materiale eterogeneo, dove gli strati più superficiali sono costituiti da materiale grossolano come ghiaia, ciottoli e frammenti di calcestruzzo e inerti in matrice sabbioso-limosa, mentre gli strati più profondi sono costituiti da materiale a granulometria fine (prevalentemente argille e limi) che si spingono fino alla massima profondità alla quale è stato riscontrato il riporto (cfr. **Figura 26**).



Figura 26: cassetta catalogatrice dei primi 5 m del sondaggio SG5: visibile 2.6 m di strato di riporto, di natura grossolana in superficie e più fine alla base

Gli scavi delle trincee realizzate per la caratterizzazione come rifiuto dello strato di riporto nel settore di arretramento della banchina, hanno confermato per tutto lo spessore indagato di 3 m la presenza di terreno di riporto, costituito da ghiaia, sabbia e frammenti di inerti in matrice limosa nel primo metro (circa) e da fanghi bauxitici per lo spessore rimanente. Non è stata rilevata la presenza di acqua all'interno di questo materiale almeno sino a 3 m di profondità.



Figura 27: cassetta catalogatrice dei primi 5 m del sondaggio 1C-S2. È visibile 2 m di strato di riporto e 0.7 m di spessore di riporto contenente fanghi bauxitici dal tipico colore marrone –rosso

2. **Secondo orizzonte (-1.5/-4.0 m ÷ -8.5/-14,0 m da p.c., circa.)- Primo livello impermeabile** costituito da argille e limo con presenza di livelli di torbe e resti vegetali, sovrastanti limi argillosi con concrezioni carbonatiche, sovraconsolidati, e argilla e limi grigio chiare ocracee.

Con riferimento alla suddivisione adottata all'interno del SIN di Marghera, il primo livello impermeabile si divide in due litofacies, che sono riconoscibili anche dalle stratigrafie qui eseguite. In particolare:

- da -1,5/-4,0 a -3.0/-6.0 m circa da p.c. la presenza di abbondanti residui torbosi e materiali organici, abbinati ad una ridotta consistenza paiono far attribuire a questo orizzonte le caratteristiche della “*barena*” (cfr. Figura 28);
- -3.0/-6.0 a -5.6/-9,0 m da p.c., la presenza di noduli calcarei e l'elevata consistenza portano a riferire tale litofacies al “*caranto*” (cfr. Figura 29).



Figura 28: cassetta catalogatrice da 0 a 5 m del sondaggio SG5: visibile da -2.6 a -4.6 m la presenza di argilla e limo da marrone a grigio, con punti torbosi e presenza di frazione organica, appartenenti ai depositi di barena del secondo orizzonte

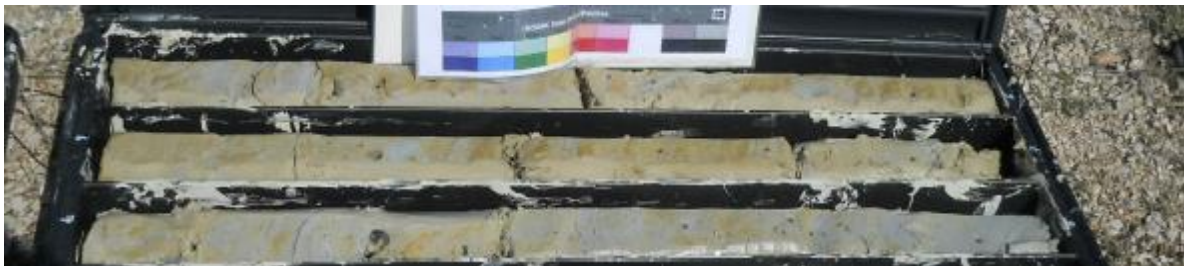


Figura 29: cassetta catalogatrice da 5 a 10 m del sondaggio SG5: visibile da 5.0 a 8.5 m la presenza di argille e limi consistenti di colore nocciola/ocraceo appartenenti al livello inferiore “caranto” del secondo orizzonte.

3. **Terzo orizzonte (-8.5/-14 m ÷ -16/-24 m da p.c., circa) - Primo acquifero confinato:**

costituito da sabbia limosa o debolmente limosa da poco a mediamente addensata, con intercalazioni da decimetri che e metriche argilloso-limose, generalmente lentiformi (cfr. Figura 30); localmente lo strato argilloso-limoso che lo delimita alla base (*Secondo livello impermeabile*) è risultato assente (vedi sondaggio SP2, Sezione D-D) , pertanto la base delle sabbie risulta alla profondità di circa 28.8 m da piano campagna.



Figura 30: cassetta catalogatrice da 10 a 15 m del sondaggio SG5: visibile la presenza di sabbia fine limosa (-12.5/-13.6 m) alternata a livelli limosi e argilloso-limosi inferiormente

Come già precedentemente accennato, le correlazioni tra gli strati sottostanti non presentano lo stesso livello di dettaglio in quanto i punti di indagine profondi sono stati collocati a distanze notevoli tra loro. Appare tuttavia possibile affermare che si riconoscono anche qui i livelli caratteristici del sottosuolo di Marghera, in particolare:

4. **Quarto orizzonte (-16/-24 m ÷ -20/-26 m da p.c., circa) - Secondo livello impermeabile** caratterizzato da argilla e limo; sebbene lo spessore di questo livello denoti ampia variabilità, di ordine plurimetrico, lo spessore medio con il quale si riscontra generalmente ed in modo continuativo nelle stratigrafie risulta dell'ordine dei 2 m (cfr. Figura 31).

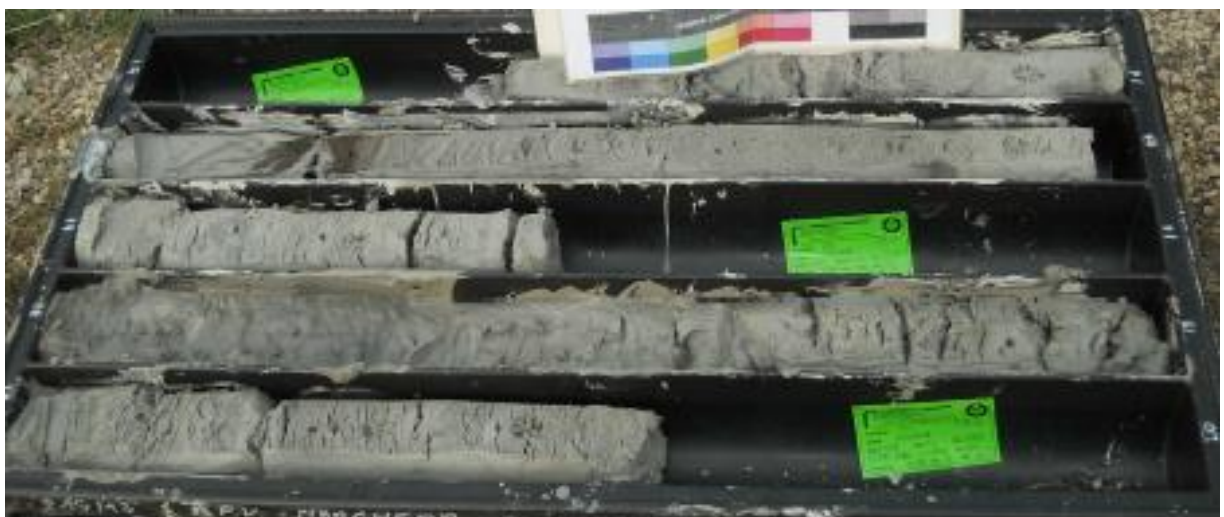


Figura 31: cassetta catalogatrice da 15 a 20 m del sondaggio SG5: si evidenzia la presenza di terreni fini argilloso-limosi con intercalazione di sabbia fine visibile a -18/-18.7 m

5. **Quinto orizzonte (da -20/-26 m a -40/-50 m da p.c., circa) - Sistema multifalda**

Caratterizzato dall'alternanza di strati sabbiosi e sabbioso-limosi, con spessore generalmente plurimetrico, e strati argilloso-limosi con spessore da pluridecimetrico a metrico, prevalentemente con andamento lentiforme, che confinano al tetto gli acquiferi confinati di natura sabbiosa (cfr. Figura 32).



Figura 32: cassetta catalogatrice da 20 a 25 m del sondaggio SP2: si evidenzia la presenza prevalente di terreni fini argilloso-limosi con intercalazione di sabbia da -22.6 a -23.2 m

CASSETTA CATALOGATRICE – SONDAGGIO S2 – Da 25,00 a 30,00 mt da p.c.



Figura 33: cassetta catalogatrice da 25 a 30 m del sondaggio S2. Tutta la cassetta riporta lo strato di sabbia limosa di colore grigio con intercalazioni di torba tra 26 e 26,5 m e 29 e 29,6 m. tale strato appartiene all'orizzonte sistema multifalda

Per i dettagli sull'assetto del modello geologico del terreno si rimanda alle sezioni geologiche riportate da **Figura 34** a **Figura 40**.

3.3 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DI DETTAGLIO DEL SITO DI PROGETTO

Le indagini geognostiche eseguite dal mese di Marzo 2015 al mese di Dicembre 2016 non hanno previsto l'esecuzione di specifiche prove in sito atte a definire specificatamente le caratteristiche idrogeologiche degli strati presenti nell'area di progetto; nel corso di alcune prove CPTU sono state comunque eseguite delle prove di dissipazione delle pressioni neutrali che possono dare indicazione sulla permeabilità degli strati di prova.

Tuttavia, i dati riportati nel documento “Indagine idrogeologica sull'area di Porto Marghera – seconda fase – 2009”, basati su un'enorme mole di dati sia di carattere litostratigrafico che idrogeologico, costituiscono un ottimo riferimento a livello di Macroisola Nuovo Petrolchimico.

3.3.1 Permeabilità

Pur non avendo disponibili dati sito specifici inerenti la permeabilità, con riferimento alla suddivisione litostratigrafica adottata nel paragrafo precedente, è possibile attribuire ai vari strati dei valori di conducibilità idraulica caratteristici.

Si precisa che tali dati sono stati ottenuti in base a quanto contenuto negli studi sopra citati, oltre a far riferimento a prove in sito fatte eseguire dagli scriventi in altre parti del SIN di Marghera in contesti litostratigrafici del tutto analoghi.

In particolare:

- **Primo orizzonte (0,0 ÷ -1.5/-4.0 m da p.c., circa.) – Materiale di riporto**

L'orizzonte plurimetrico di materiali di riporto presente sull'area è impregnato da un volume di acqua alimentato principalmente dalla filtrazione attraverso le aree non pavimentate delle acque di pioggia, e secondariamente da perdite delle reti interrato. Il livello statico di questa “falda” è inoltre influenzato dai drenaggi realizzati a tergo del marginamento e dal richiamo operato da canali di scolo o da strutture interrato non a tenuta.

- **Secondo orizzonte (-1.5/-4.0 m ÷ -8.5/-14,0 m da p.c., circa.)-Primo livello impermeabile**

Le argille limose ed i limi di barena e di caranto sono litofacies caratterizzate da scarsa permeabilità. In base a dati bibliografici ed a prove di permeabilità diretta eseguite su

campioni indisturbati prelevati in aree limitrofe, è possibile attribuire con buona approssimazione i seguenti valori di permeabilità k :

$$10^{-9} < k < 10^{-8} \text{ m/s}$$

- **Terzo orizzonte (-8.5/-14 m ÷ -16/-24 m da p.c., circa) - Primo acquifero confinato:**

Come descritto nel Par. 3.2, la composizione litologica dell'acquifero nel quale risiede la prima falda, è data da sabbie o sabbie fini e limi, solitamente subordinati, talora con intercalazioni argillose di spessore centimetrico.

Tenendo presente i riferimenti bibliografici sopra indicati e le conoscenze maturate dagli scriventi nell'area di Porto Marghera e in particolare del Nuovo Petrolchimico, si può ipotizzare che i valori di permeabilità da associare a tali litologie possono variare tra i seguenti termini:

$k = 10^{-4} < k < 10^{-5} \text{ m/s}$, riferibili alle sabbie medie limose

$k = 10^{-6} \text{ m/s}$: riferibili agli orizzonti più limosi o caratterizzati da presenza di intercalazioni argilloso-limose più frequenti.

- **Quarto orizzonte (-16/-24 m ÷ -20/-26 m da p.c., circa) - Secondo livello impermeabile**

come per il primo livello impermeabile, questo orizzonte è caratterizzato da litofacies argilloso-limose poco permeabili, con coefficiente di permeabilità valutabile dell'ordine di:

$$10^{-9} < k < 10^{-8} \text{ m/s}$$

- **Quinto orizzonte (da -20/-26 m a -40/-50 m da p.c., circa) - Sistema multifalda**

essendo caratterizzato dall'alternanza di strati sabbiosi e sabbioso-limosi, con spessore generalmente plurimetrico, e strati argilloso-limosi con spessore da pluridecimetrico a metrico, prevalentemente con andamento lentiforme, questo orizzonte presente un range di variabilità del coeff. di permeabilità molto ampio, così sintetizzabile:

$k = 10^{-4} < k < 10^{-5} \text{ m/s}$, riferibili agli orizzonti granulari sabbiosi e sabbioso-limosi

$k = 10^{-8} < k < 10^{-8} \text{ m/s}$: riferibili agli orizzonti coesivi e poco permeabili argilloso-limosi

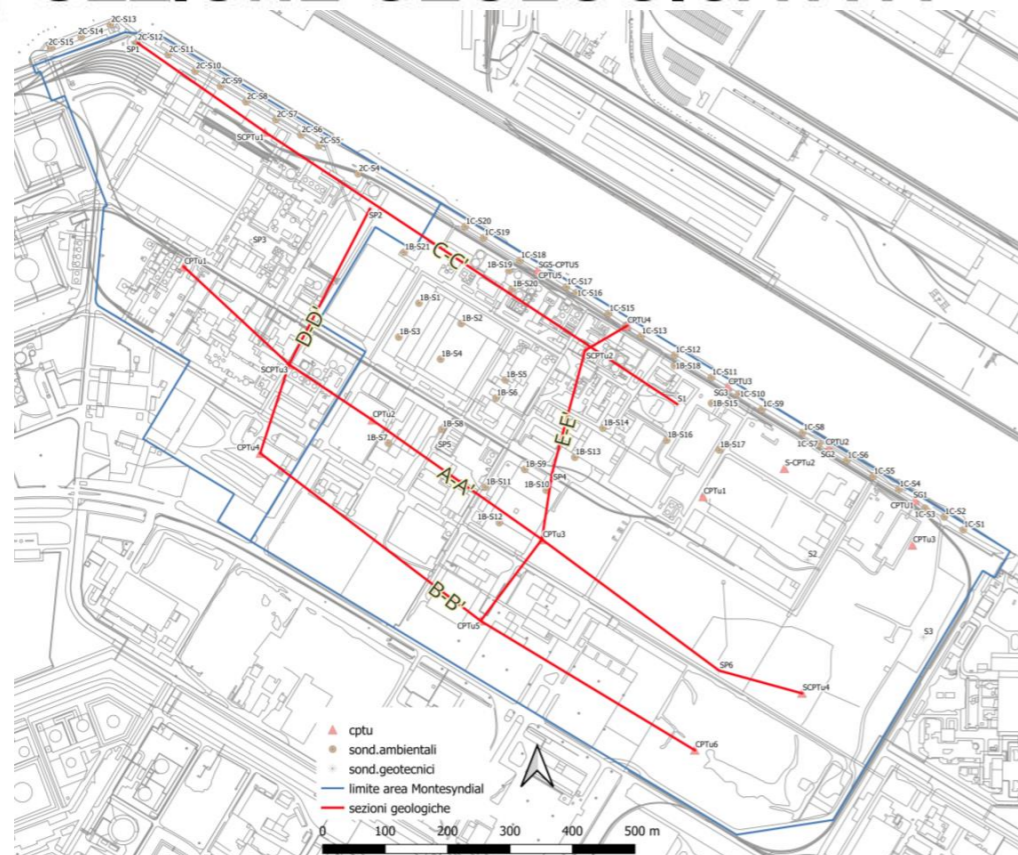
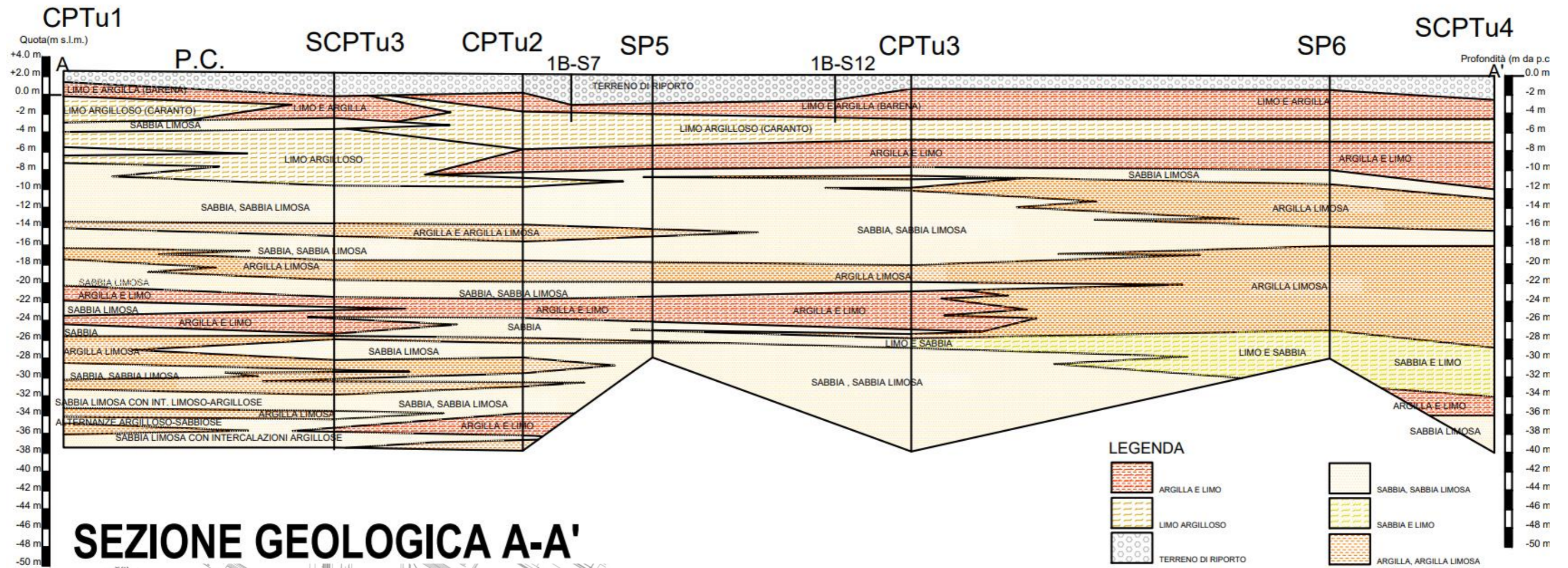


Figura 34: sezione geologica A-A'

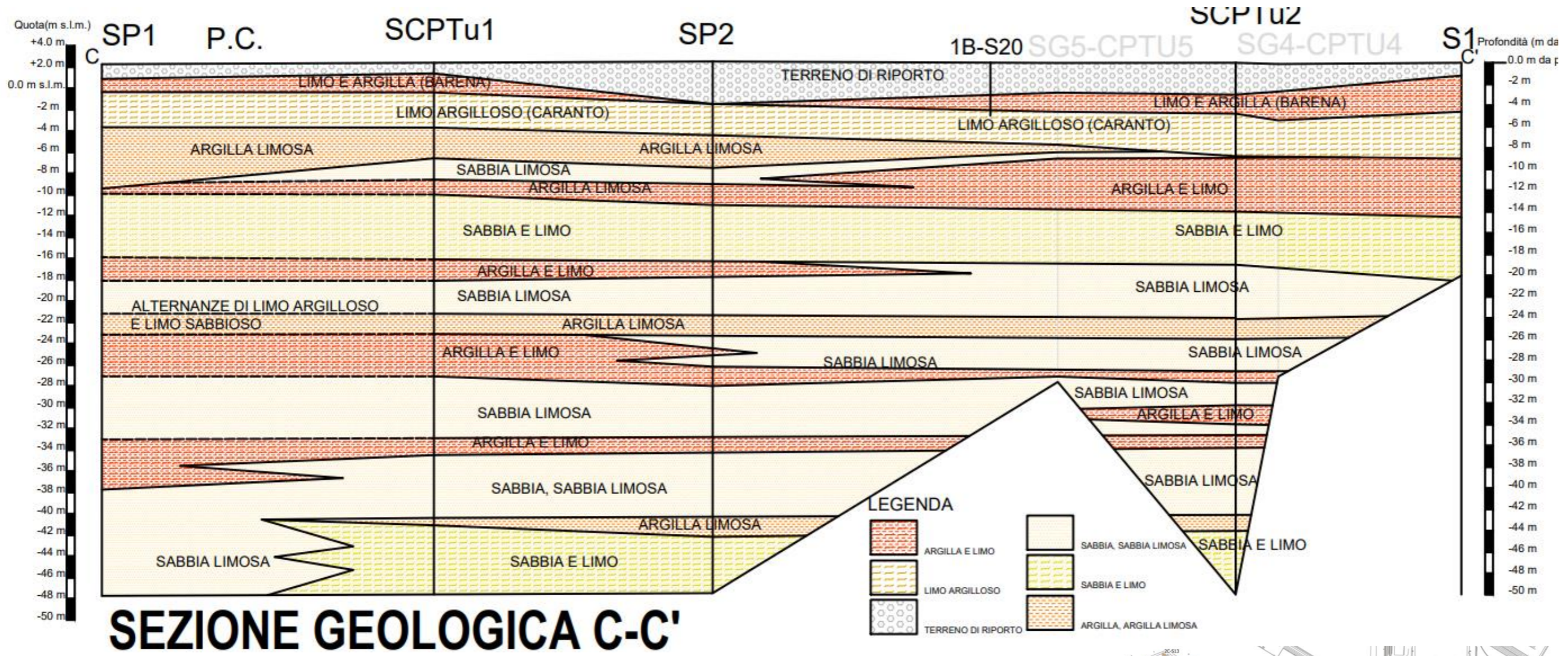
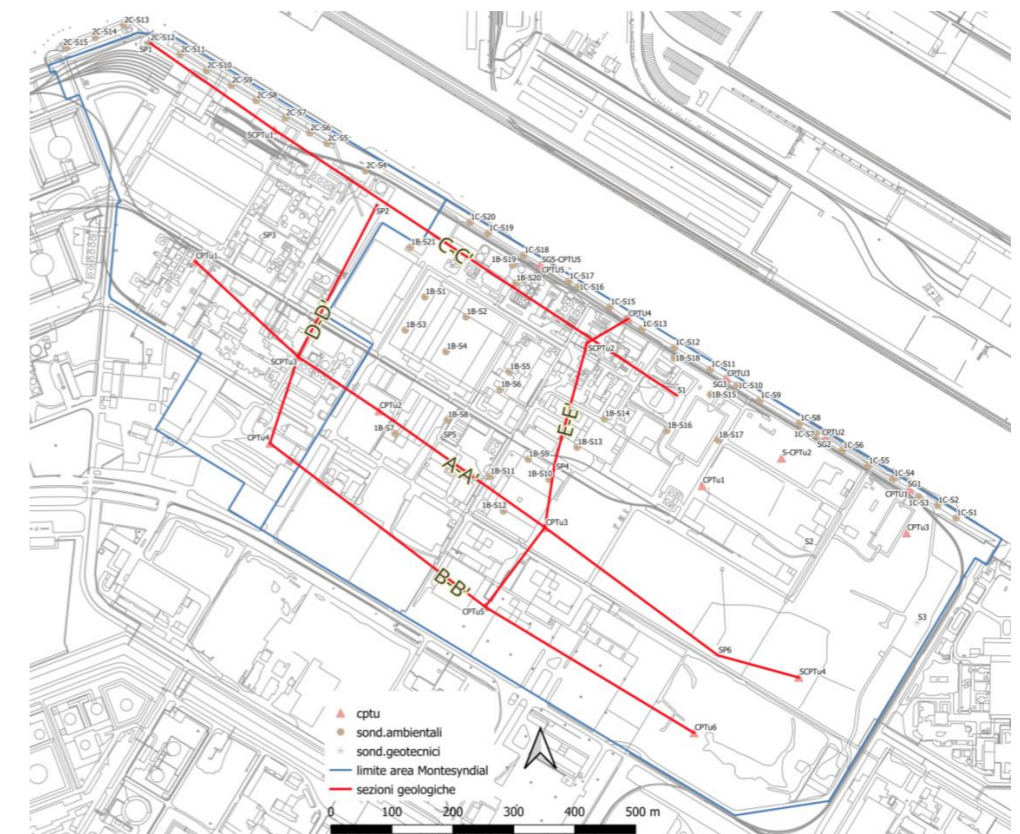


Figura 36: sezione geologica C-C'



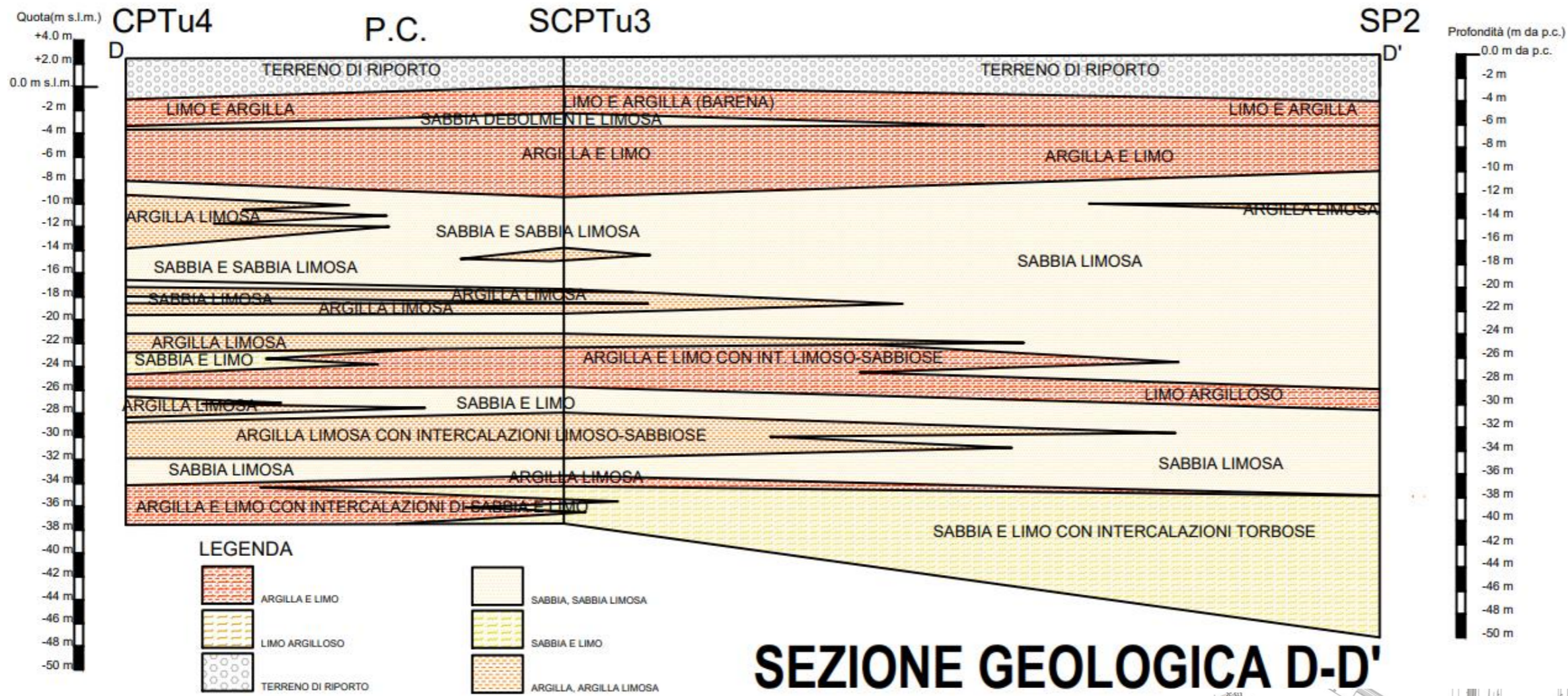
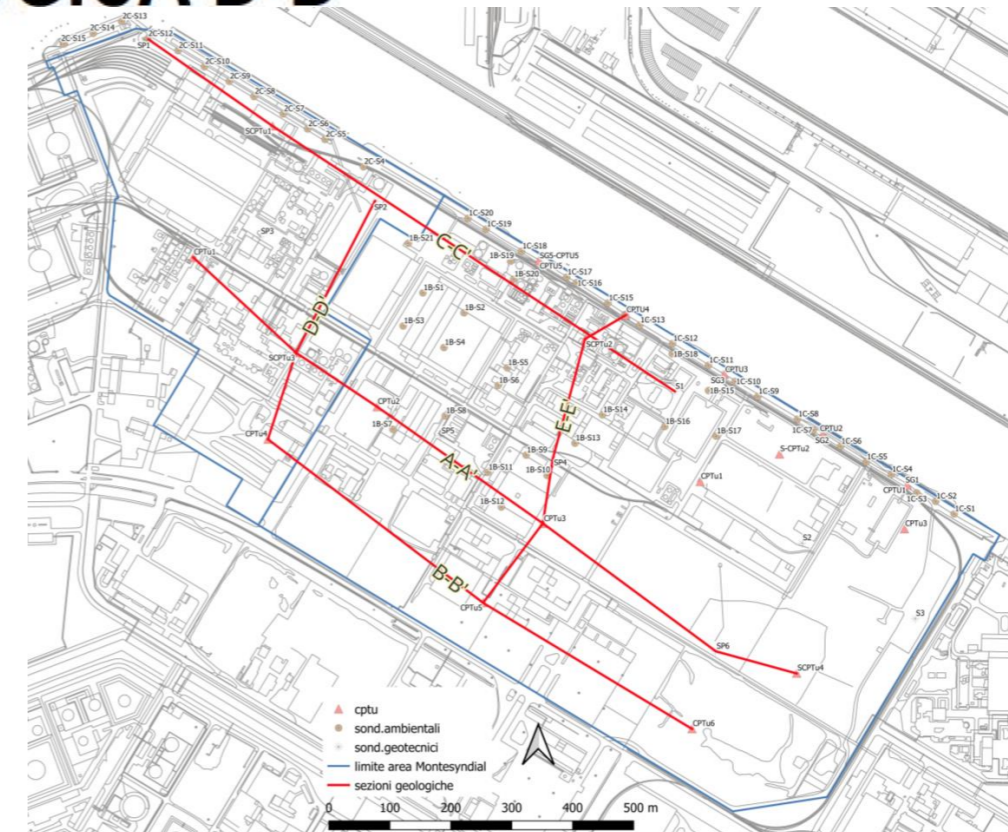


Figura 37: sezione geologica D-D'



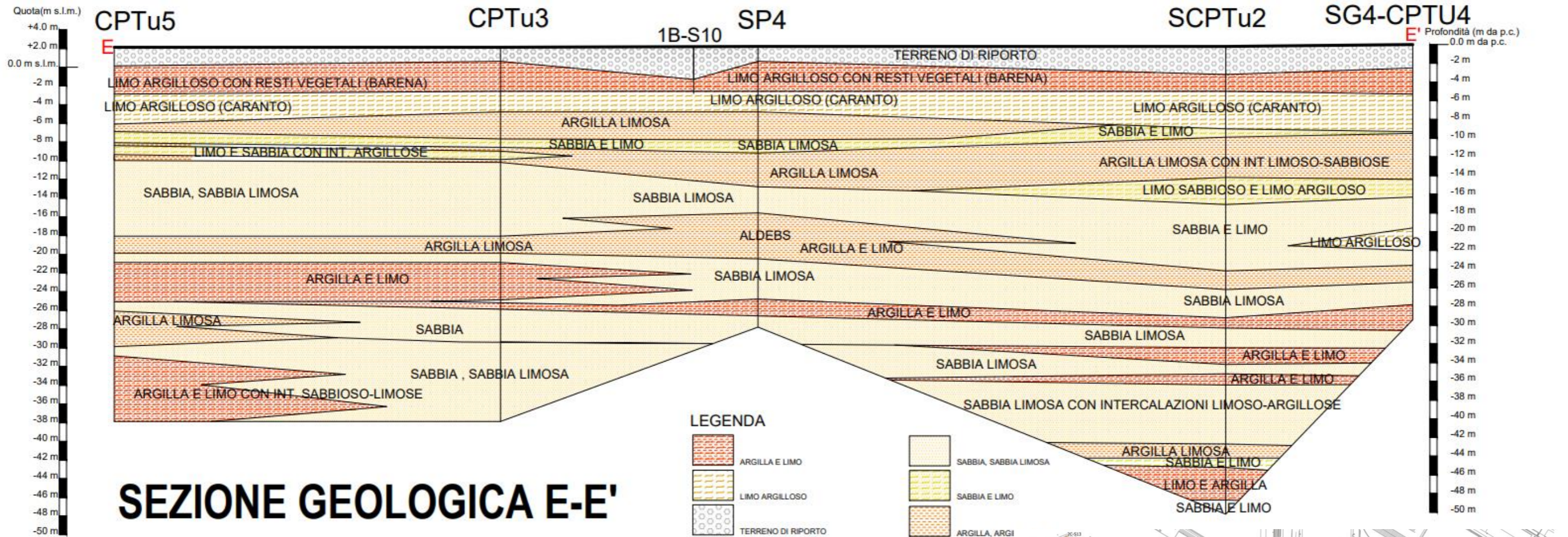
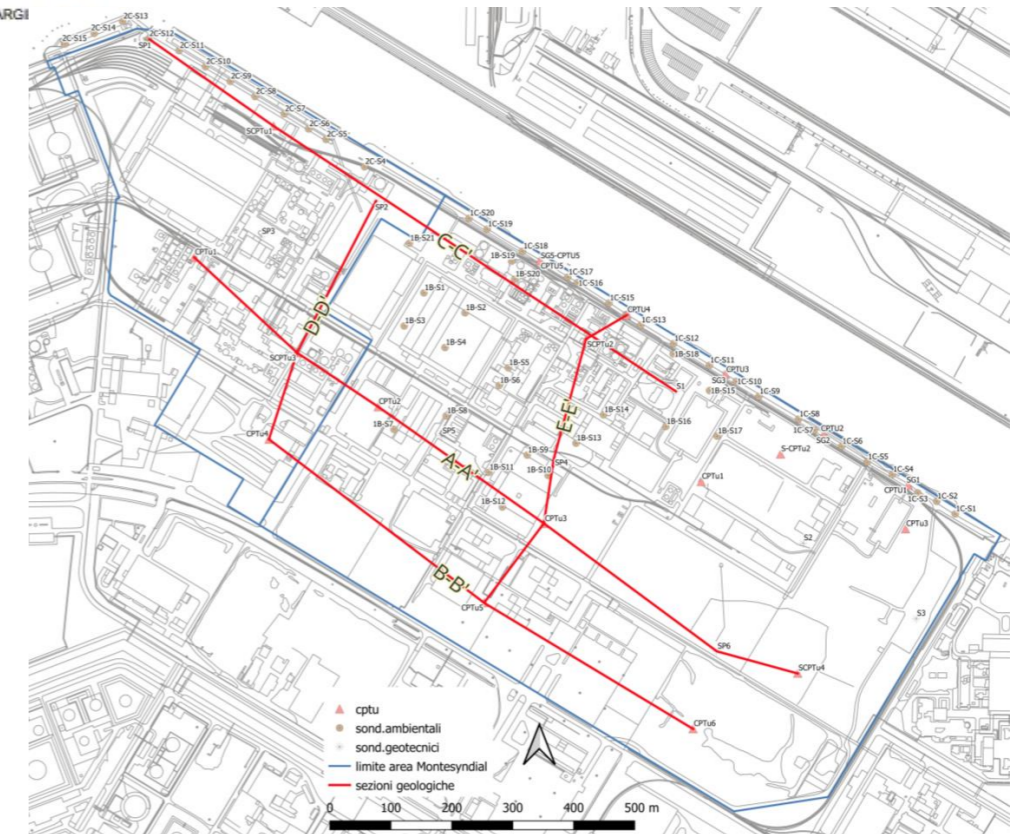


Figura 38: sezione geologica E-E'



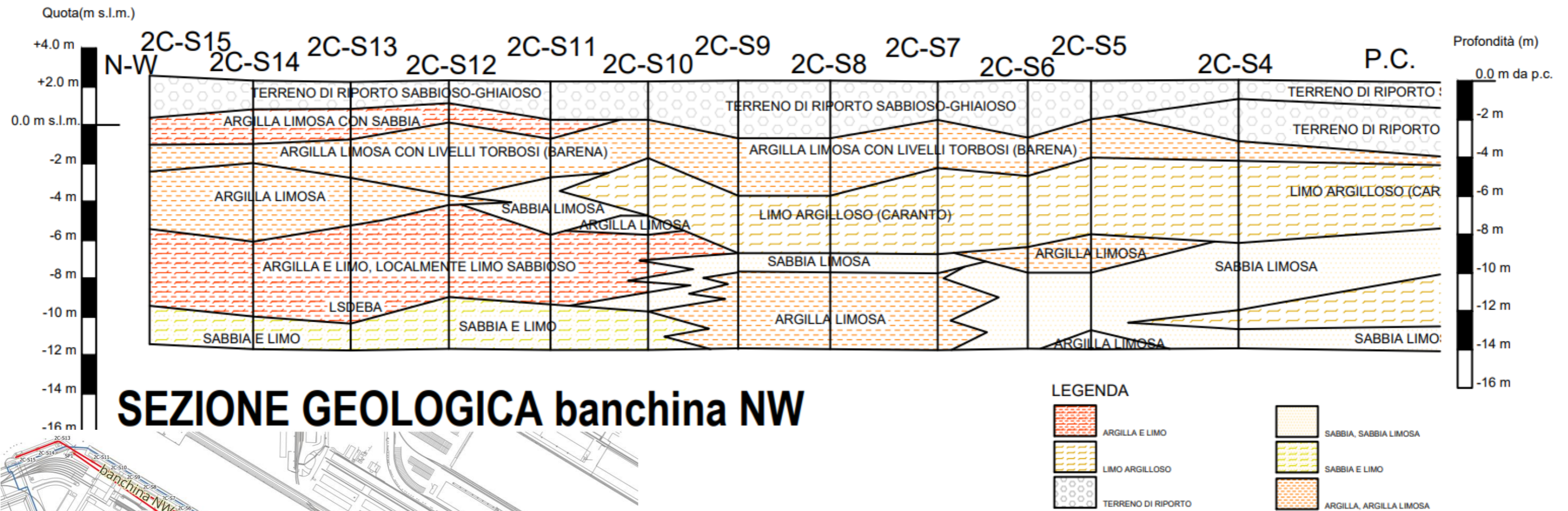
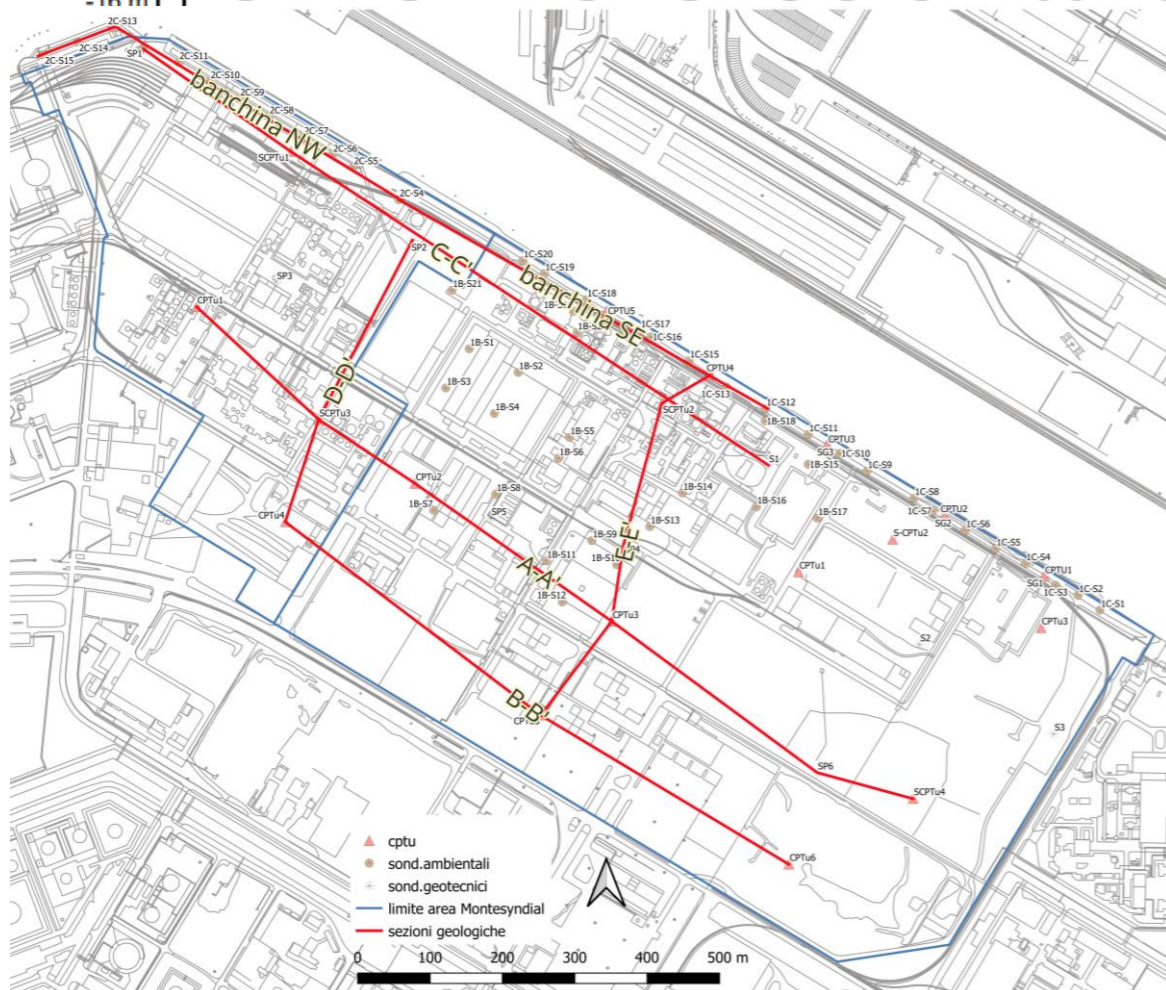
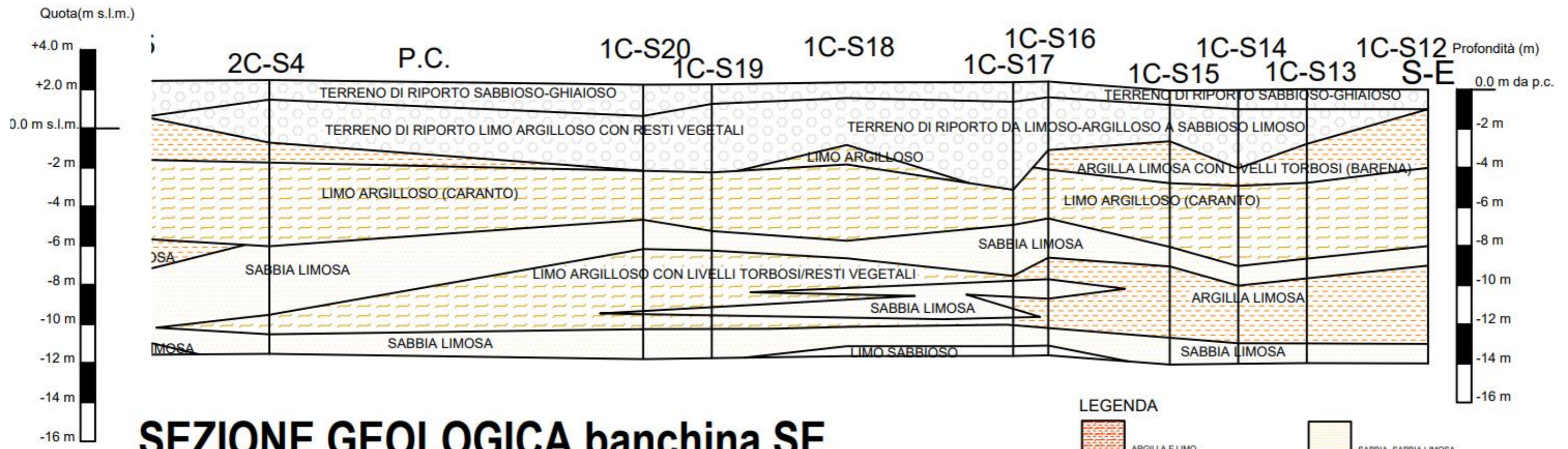


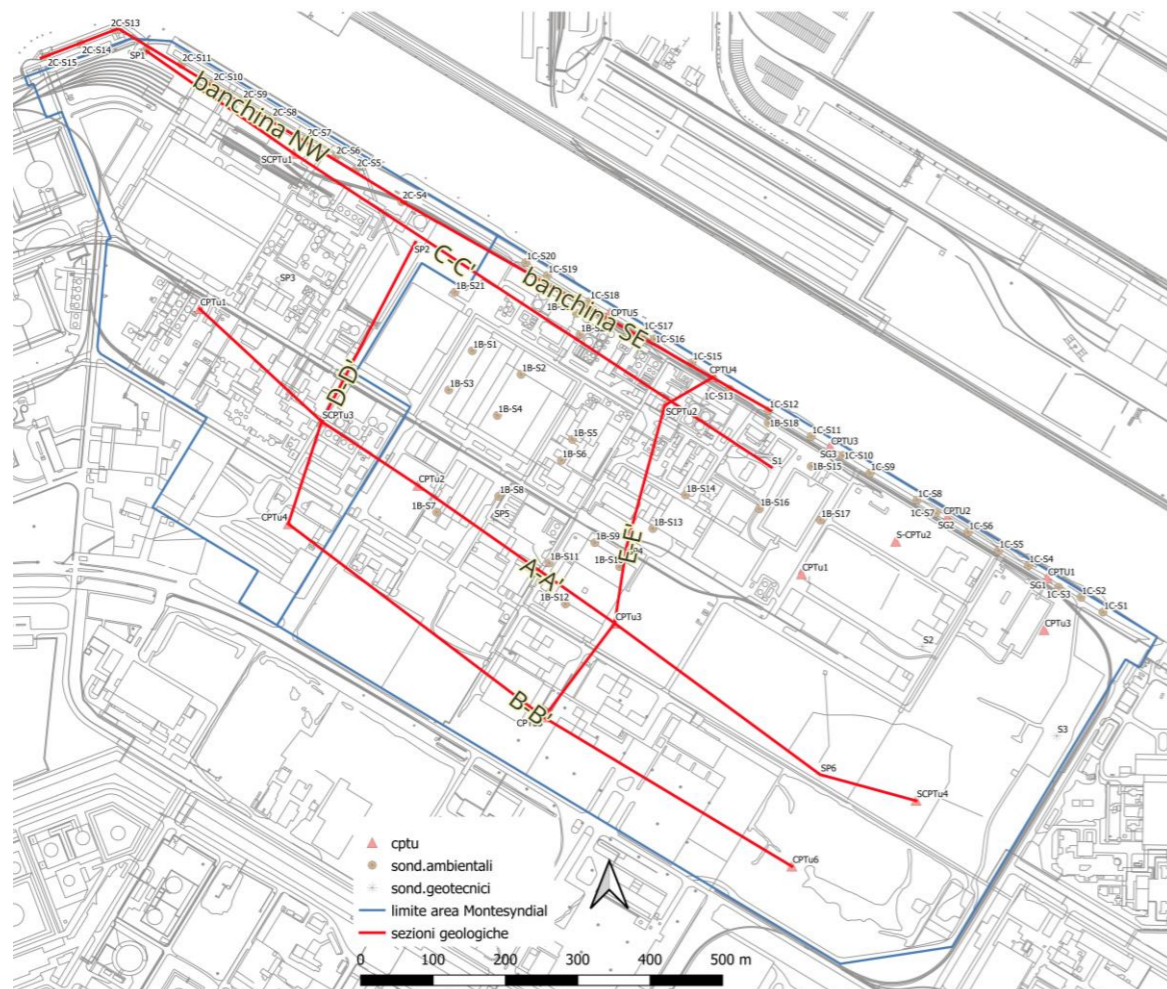
Figura 39: sezione geologica BANCHINA NW





SEZIONE GEOLOGICA banchina SE

Figura 40: sezione geologica BANCHINA SE



3.3.2 Rilievo del livello freatico

In assenza di una campagna freatimetrica dedicata, per le assunzioni da adottare in fase di progetto sui livelli di falda si ritiene opportuno fare riferimento a quanto già evidenziato in fase di inquadramento, dove era stata sottolineata l'estrema difficoltà per correlare livelli piezometrici riferibili ad acquiferi caratteristici in un contesto di bassa pianura, a contatto con la linea di costa e per di più protetti, peraltro in modo non continuo, da un livello argilloso.

Si può solo rimarcare quindi nuovamente quanto segue:

- i materiali di riporto grossolani sono da considerare da saturi a parzialmente saturi in funzione del regime pluviometrico e possono costituire sede di accumuli idrici;
- le argille del “primo livello impermeabile” rappresentano un confinamento del primo acquifero. Ne consegue che, una volta perforate, il livello piezometrico riferibile a tale acquifero dovrebbe attestarsi ad una quota di equilibrio superiore alla sua quota di “top layer” e sovente coincidente con il medio mare, a meno di disturbi connessi alla presenza di marginamenti.
- I rilievi eseguiti nell'ambito delle numerose indagini effettuate nell'area di Marghera hanno messo in evidenza che, immediatamente a tergo dei marginamenti avviene un richiamo dei filetti fluidi ad opera dei sistemi di drenaggio in esercizio, che determina un locale abbassamento della quota piezometrica.
- La falda è con ogni probabilità ancora in parte connessa alle oscillazioni di marea, sebbene il marginamento abbia esercitato uno sbarramento e quindi, in via teorica, rappresenta una barriera che impedisce il contatto diretto con le acque di laguna. Esistono ancora tuttavia alcuni varchi lungo il perimetro della macroisola che potrebbero non garantire tale isolamento in modo continuo.

In base ad un rilievo freatimetrico eseguito nei giorni 19 e 20 Dicembre 2016 dalla società SGM, all'interno dei piezometri installati nella prima falda, è comunque possibile ricostruire l'andamento delle isofreatiche della prima falda, che, nonostante presenti un deflusso generale da Nord verso Sud, risulta comunque fortemente influenzata dai fattori di cui ai punti precedenti del presente capitolo; in particolare sono evidenti dei punti di emungimento (andamento concentrico delle isofreatiche) in prossimità dei margini di Nord-Ovest e Sud-Est dell'area.

Nella Figura 41 seguente si riporta l'andamento delle isofreatiche del primo acquifero confinato.

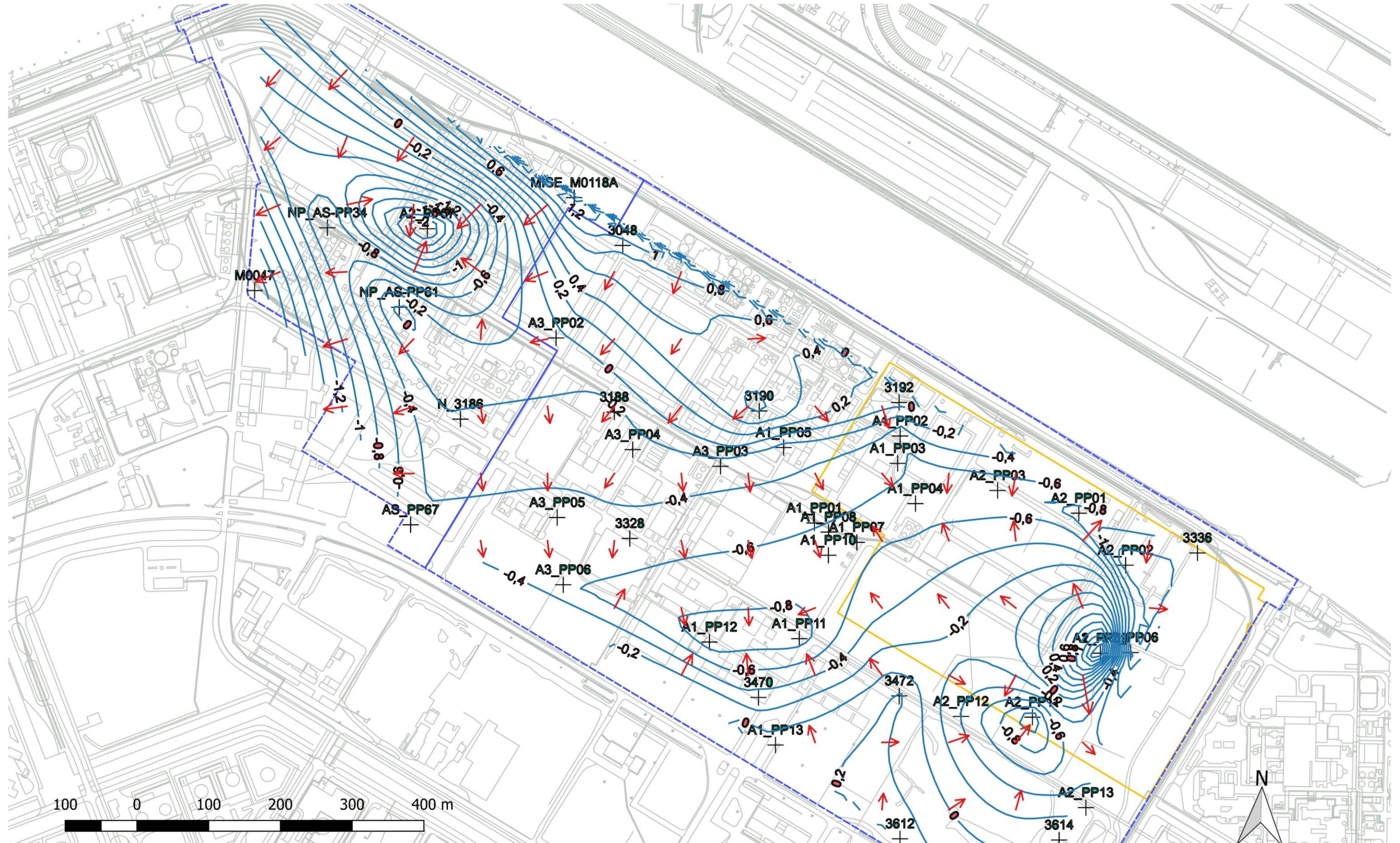


Figura 41 - Scala 1 : 5.000 Isofreatiche del primo acquifero confinato

4 CONCLUSIONI

La presente Relazione Geologica, ottempera a quanto richiesto dal D.Lgs 50/2016 “Codice dei contratti pubblici” (Art. 26 DPR 207/2010 “Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE”). Il documento costituisce parte integrante del Progetto definito “Piattaforma d’Altura al Porto di Venezia- Terminal Container Montesyndial” presso il Porto di Venezia. Il lavoro di raccolta dati effettuato a livello di bibliografia ha messo in evidenza che esistono moltissimi documenti ed elaborazioni inerenti le caratteristiche geologiche ed idrogeologiche del SIN di Porto Marghera.

Le indagini di dettaglio, commissionate da APV nel mese negli anni 2015, 2016 e 2017, finalizzate alla raccolta di dati geologici e geotecnici e specificatamente dedicate al progetto, hanno consentito di ottenere i parametri geologici e geotecnici necessari alla definizione del modello geologico del terreno e alla progettazione strutturale oltre a definire i parametri analitici per la caratterizzazione ambientale preliminare ai fini della gestione dei materiali da scavo.

Vista l’enorme mole di dati, comprensivi delle indagini di caratterizzazione precedenti, è stato creato appositamente dagli scriventi un database, digitalizzando tutti i dati geologici, idrogeologico e ambientali con un sistema Gis.

Sulla base dei dati raccolti e del modello geologico così definito, è stato possibile ricostruire con precisione l’assetto geologico locale, che ha confermato sostanzialmente l’assetto di inquadramento.

In particolare, nell’area di progetto sono presenti spessori ingenti di materiali di riporto, attribuibili ai riempimenti posti in opera negli anni ’50 per la realizzazione del Nuovo Petrolchimico e rappresentati da fanghi industriali/dragaggi coperti da uno strato ghiaioso metrico o plurimetrico.

Al di sotto di tale livello si presenta la classica successione del SIN di Porto Marghera, caratterizzata dalla presenza di un livello plurimetrico di argille e limi riferibili a barena e poi a caranto (talora integralmente obliterato dai sedimenti di barena).

A profondità superiori a 8 metri è presente il Primo Acquifero, costituito da uno strato plurimetrico di sabbie limose caratterizzate da media permeabilità.

La falda risiede proprio in questo strato ed è caratterizzata da direzione di deflusso difficilmente ricostruibile a causa della vicinanza della linea di costa, della presenza di locali ed importanti perturbazioni e anche dello strato argilloso di confinamento che, solo una volta perforato, consente di verificare l’effettiva quota di equilibrio piezometrico.