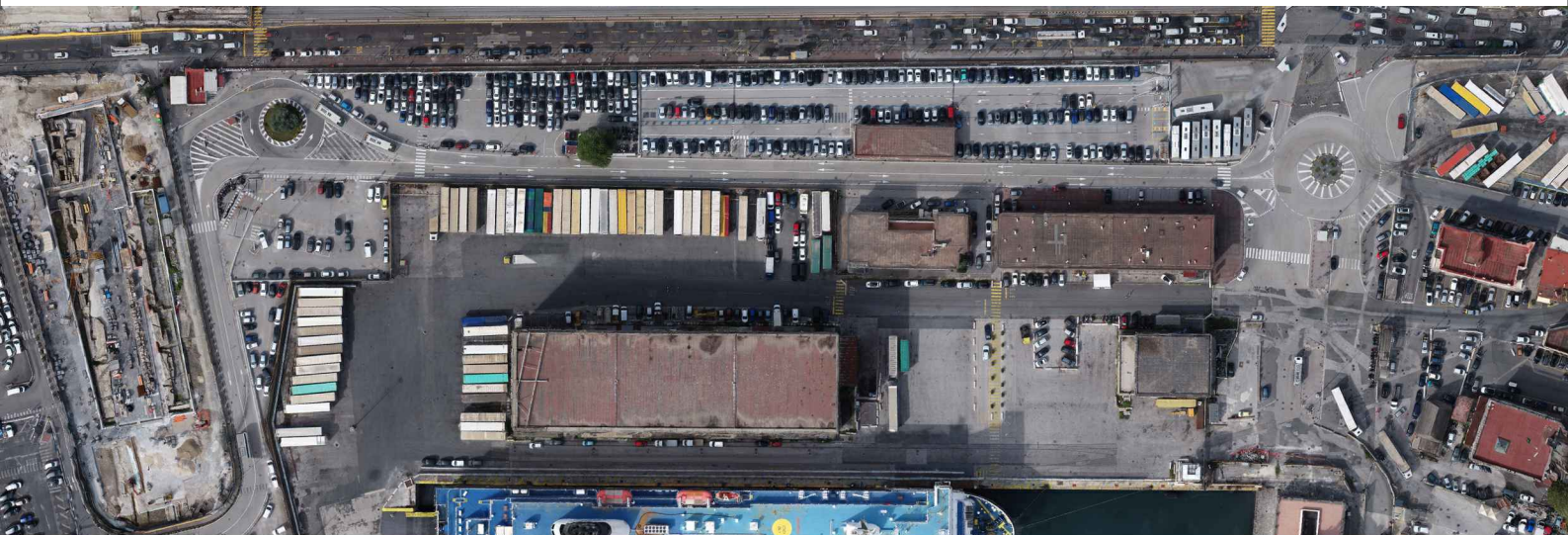


Accordo Quadro per affidamento di servizi tecnici di Progettazione, Direzione dei Lavori e Verifica della progettazione relativi a opere portuali, strade e ferrovie, potenziamento e riqualificazione degli immobili ed interventi di sostenibilità ambientale da realizzare nelle aree di competenza dell'Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Centrale
Lotto n.4 - Potenziamento e riqualificazione degli immobili

Intervento di " Potenziamento e riqualificazione delle infrastrutture dell'area monumentale del porto di Napoli destinate al traffico passeggeri, alle attività portuali e di collegamento con la città - CUP - G12C2100123002 CIG:9105692EBC

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA



PARCHEGGIO CALATA PILIERO - 1° stralcio funzionale

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Arch. Biagino di Benedetto

Mandatario

INGEGNERI DELLA PROVINCIA
cooprogetti

Cooprogetti S.p.A. Coop. Sezione A
Via Thomas Edison, 5
06024 Gubbio (PG) N° A1740

DOTTORE INGEGNERE
ALESSANDRO PLACUCCI
SETTORE CIVILE E AMBIENTALE
SETTORE INDUSTRIALE
SETTORE DELL'INFORMAZIONE

Ing. Alessandro Placucci
Legale Rappresentante

Mandante

spa

A s.r.l.
Strada del Colle, 1/A
06132 Perugia (PG)

Ing. Dino Bonadies
Legale Rappresentante

Mandante

LRA

Lamberto Rossi Associati
Via Telese, 17
20143 Milano (MI)

Arch. Lamberto Rossi
Arch. Marco Tarabella
Legale Rappresentante

Mandante



D'Agostino Associati s.r.l.
Via Giuseppe Verdi, 20
83100 Avellino (AV)

Ing. Valentina D'Agostino
Legale Rappresentante

Mandante



Arch. Domenico De Maio
Via Ogliara, 29
84100 Salerno (SA)

Arch. Domenico De Maio
Libero Professionista



Elaborato: Geologia
Geologia, geotecnica e sismica
Relazione geotecnica e sismica

Scala: R

22073

F

F04

GEO

GE

00

RE

03

A

COMMESSA

FASE

LOTTO

CATEGORIA

SOTTOCATEGORIA

PROGRESSIVO

TIPO ELABORATO

PROGRESSIVO

REVISIONE

A

Emissione

Ottobre 2023

M. Mandaglio

E. Costa

A. Placucci

REV.

EMISSIONE

DATA

REDATTO

APPROVATO

AUTORIZZATO

INDICE

1. Premessa.....	2
2. Descrizione generale del progetto.....	2
3. Descrizione generale del progetto.....	3
3.1 La Sistemazione delle aree esterne	4
3.2 Il Parcheggio.....	7
4. Inquadramento geologico ed idrogeologico.....	8
4.1 Inquadramento geomorfologico generale.....	8
4.2 Indagini geognostiche pregresse	10
4.3 Stratigrafia dell'opera di progetto.....	13
4.4 Circolazione d'acqua sotterranea nell'area di progetto	19
4.5 Parametri fisico-meccanici dei terreni	23
5. Pericolosità sismica di base.....	36
5.1 Modellazione sismica di sito e azione sismica di progetto	37
5.2 Caratterizzazione sismica – categoria di suolo	38
5.3 Caratterizzazione sismica mediante Vs30	39
6. Nuove indagini.....	41

1. Premessa

Il presente progetto, denominato "Potenziamento e Riqualificazione delle infrastrutture dell'Area monumentale del porto di Napoli destinate al traffico passeggeri, alle attività portuali e di collegamento con la città - Parcheggio Piliero", concerne le opere relative alla realizzazione di un parcheggio interrato e della relativa sistemazione delle aree esterne da realizzarsi nella zona retrostante la Banchina Calata Piliero, all'interno dell'area monumentale del Porto di Napoli. Il progetto si inserisce in un più ampio progetto di riqualificazione della Calata Piliero che coinvolge anche il Restauro conservativo degli Ex Magazzini Generali (oggetto di altro incarico) e la sistemazione del sistema di accesso all'edificio Immacolatella (oggetto di altro incarico). L'intera area della Calata Piliero potrà essere oggetto di ulteriori e successivi stralci che inquadreranno gli interventi nel più ampio percorso di riqualificazione del lungomare monumentale di Napoli. Percorso già avviato dalla Autorità Portuale grazie al processo di riqualificazione della Calata Beverello (oggetto di lavori già in corso), alla realizzazione dell'uscita della metropolitana "Municipio" su piazzale Angioino (oggetto di lavori in corso di ultimazione) e alla sistemazione delle aree esterne sul Piazzale stesso di futura realizzazione.

2. Descrizione generale del progetto

I principali riferimenti tecnici e normativi sono stati i seguenti:

- Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni», DECRETO MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI del 17 gennaio 2018, in vigore dal 22/03/2018;
- Decreto del Presidente della Repubblica 13 giugno 2017, n. 120 "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164".
- D.M. 14 gennaio 2008: "Norme Tecniche per le Costruzioni";
- Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica Parti I, II e III - Dipartimento della Protezione Civile. 2008;
- Contributi per l'aggiornamento degli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica", 2011;
- Cartografie e NTA del Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico (PAI) della Regione Campania.
- Pano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)
- Carta geologica storica d'Italia in scala 1.100.000.

- Carta geologica CARG Foglio 447 NAPOLI
- Principali siti web consultati:
 - <http://www.ingv.it/it/>
 - <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>
 - <http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml>
 - <http://www.pcn.minambiente.it/mattm/>
 - <http://portalesgi.isprambiente.it/it>
 - <http://sit.regione.campania.it/WebGis/mapviewer.jsf?width=1547&height=822&firstpageload=truehttps://www.sitr.regione.sicilia.it/pai/>
 - <https://sif.regione.sicilia.it/webgis/>

I principali documenti di riferimento, messi a disposizione della S.A. o recuperati sul WEB, consultati, e in parte riproposti, sono stati:

- *INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE DELL'AREA MONUMENTALE DEL PORTO DI NAPOLI - FASE 3- Stralcio I - Recupero della volumetria esistente dell'Edificio ex-Magazzini Generali. Relazione geologica e cartografie geotematiche a cura del geologo Maurizio Lanzini*

3. Descrizione generale del progetto

Gli impianti portuali sono per loro natura recinti specialistici dove convivono funzioni/utenti pubblici, semi pubblici e privati. Nel tempo, il progressivo ampliamento delle strutture e l'adeguamento tecnologico delle attrezzature, tende ad accentuarne la natura di spazio separato dalla città. Reinterpretare in chiave più integrata questo processo è la grande scommessa. L'approccio proposto ha una triplice valenza che corrisponde a tre livelli/scale di intervento.

Il primo livello è quello "**urbano**". L'obiettivo, in coerenza con gli altri progetti già in corso, è restituire alla città il rapporto con il mare facendo di questa fascia - tradizionalmente chiusa in se stessa e "intasata" da una miriade di funzioni di supporto - un "ponte" tra la città e il mare invertendo l'originaria condizione di "isola" impermeabile e introflessa. Si prefigge di realizzare un luogo di scambio integrato, intermodale, transgenerazionale e multifunzionale come nella consolidata tradizione dei più recenti water-front (Genova, Barcellona, Amsterdam,...) che hanno completamente cambiato il volto, la natura e il funzionamento intrinseco di queste città.

Si basa sul ridisegno su più livelli, anche interrati, di quella sorta di gradone urbano formato da una sequenza di aree, che separa la città dai moli. Il secondo livello è quello "**green**". Privilegia la sequenza di spazi aperti e la riorganizzazione del tessuto edilizio come concatenazione di "luoghi" di valenza ambientale e paesaggistica. Privilegia la mobilità ciclo pedonale e

l'accessibilità alle aree monumentali e al rapporto con il mare. Contempla una riorganizzazione dell'impianto degli edifici in modo da definire diverse sequenze urbane, cannocchiali ottici e "trasparenze" che determinino una trama di relazioni ad alta sostenibilità. L'obiettivo è realizzare un "continuum" organico di spazi con diversi gradi di accessibilità. Nel caso di Napoli, poi, le stratificazioni riemerse nel corso della realizzazione della metropolitana caricano questa area di un'ulteriore valenza documentale come testimonianza della storia del porto dall'epoca romana, agli interventi borbonici sino ai nostri giorni. Il terzo livello è quello "architettonico" e riguarda la trasformazione della Calata Piliero che progressivamente sarà destinata a servizi e aree di interscambio modale per il traffico passeggeri. Il ridisegno delle aree esterne dovrà garantire una maggior distinzione di flussi e aree, separando le connessioni veicolari interne al porto, dagli spazi di servizio per gli accosti, che progressivamente saranno destinati al solo traffico passeggeri, e dalla mobilità pedonale che collegherà il Molo Beverello, La Stazione Marittima, la fermata del Metrò, gli Ex Magazzini Generali e l'edificio dell'Immacolatella.

3.1 La Sistemazione delle aree esterne

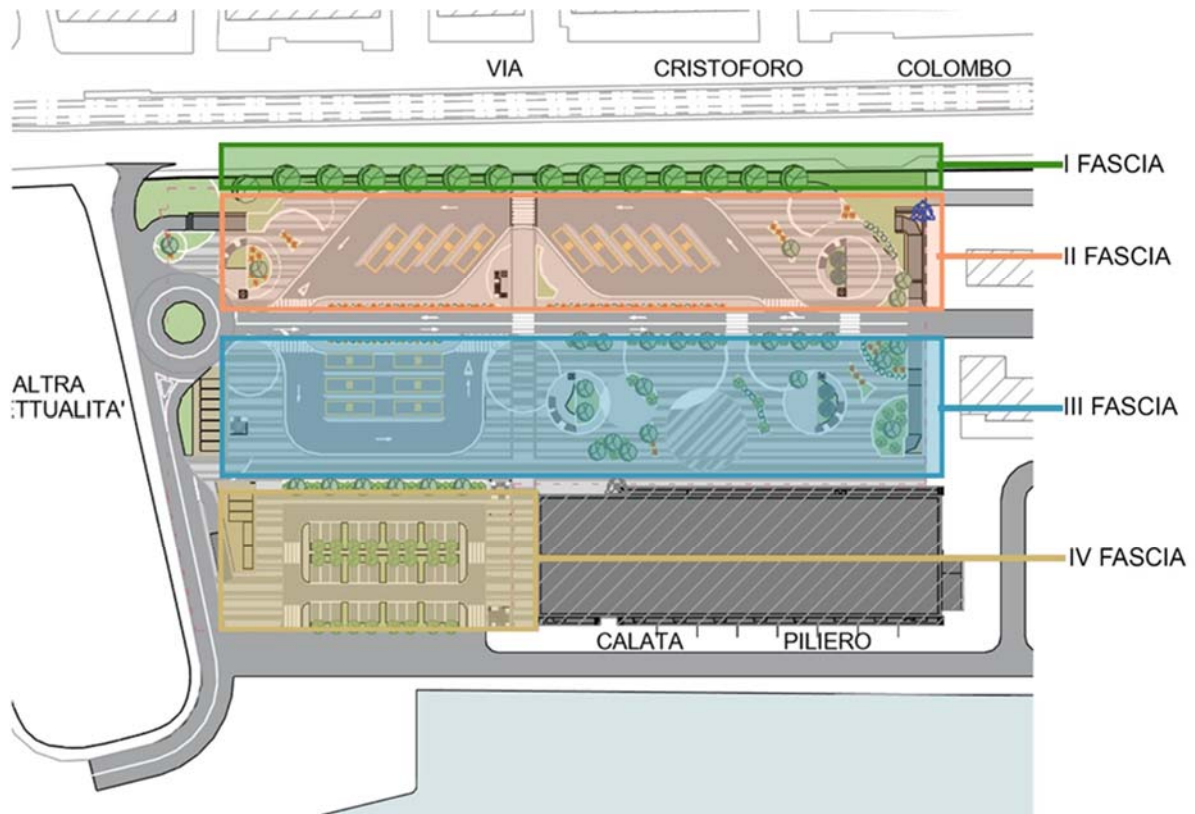
Il progetto, denominato "Parcheggio e Aree esterne - Piliero", riguarda la realizzazione di un parcheggio interrato e della relativa sistemazione della piazza sovrastante. L'area coinvolta si estende dal confine portuale su via Cristoforo Colombo fino a lambire gli ex Magazzini Generali. A sud, l'area si collegherà alla viabilità esistente proveniente dal Molo Angioino, mentre a nord, mantenendo una debita distanza di sicurezza, si avvicina alle aree pertinenziali degli edifici in concessione e alla cabina elettrica esistente. Il progetto della piazza prevede idealmente un'alternanza di fasce tra loro parallele, ciascuna con la propria funzione. Lungo il confine su via C. Colombo è prevista una prima fascia verde di circa 2.5 metri di profondità, che costituirà un filtro visivo e acustico rispetto al traffico veicolare e accoglierà l'asse pedonale connettendo progressivamente la città con tutti gli ambiti portuali. Una seconda fascia dalla profondità di circa 28 metri di profondità accoglierà spazi di sosta temporanea per i mezzi di servizio al traffico passeggeri: bus turistici, taxi, kiss and ride.

Queste due fasce occuperanno complessivamente l'area compresa tra via C. Colombo e l'asse viario interno esistente che collega il varco Immacolatella con il molo Angioino e che il progetto prevede di conservare: la sede stradale e la rotonda di connessione alla viabilità proveniente dal molo Angioino viene realizzata sostanzialmente nella posizione attuale al di sopra del parcheggio. Su questo asse si inseriscono una rampa in ingresso e una in uscita al parcheggio interrato per ciascuno dei due sensi di marcia. Questa soluzione, insieme alle due rotonde di testa (Immacolatella e Angioino) eviteranno intersezioni a raso in uscita e in ingresso al parcheggio.

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

Una terza fascia, profonda circa 36 metri, accoglie una duplice funzione. Il progetto, infatti, prevede sia un'adeguata area pedonale di fronte al prospetto monumentale degli ex Magazzini Generali che trova relazione con la Stazione Marittima e l'uscita della metro su piazzale angioino ma anche aree a servizio degli imbarchi presenti nella Calata Piliero. Il risultato, per quanto riguarda la piazza, è un incrocio di percorsi fluido e facilmente percorribile che riflette una geometria nascosta e costruisce un flusso organico tra loro. Questa caratteristica rompe la sensazione monotona dello spazio lineare evidenziata soprattutto dall'alternanza di betonelle chiare e scure da cui emergono due direttrici di forte valenza urbana poste rispettivamente sul lato corto e sul lato lungo degli Ex Magazzini Generali. Nello specifico l'asse longitudinale collega la zona dell'ex Molo Immacolatella con l'uscita della nuova metro, oggetto di appalto separato; l'asse trasversale invece accompagna i flussi provenienti dagli sbarchi verso la città con un'apertura su Via C. Colombo. La piazza sarà arricchita con una serie di sedute che rispecchiano il linguaggio organico e da una vegetazione ed essenze arbustive autoctone (prediligendo quelle a bassa richiesta d'acqua) che contribuiranno a creare delle zone d'ombra. Quattro ampi tagli nel solaio dai quali affacciarsi sulla quota del parcheggio ipogeo e che accolgono gli elementi di distribuzione verticale come scale e ascensori completano la piazza. La quarta ed ultima fascia si affaccia sul prospetto corto degli ex Magazzini Generali e costituisce un'area a servizio degli imbarchi ma anche a servizio degli Ex Magazzini (dopo recupero) dalla profondità di 38 metri su cui insiste una zona parcheggio alberata.



La possibile demolizione con recupero di volumetria dei fabbricati di scarso pregio architettonico presenti nella zona nord-est della Calata Piliero (esterni all'area di intervento del presente progetto), consentirà in fasi successive, il completamento del ridisegno delle aree esterne in un'ottica di ricucitura dell'intera Calata Piliero tra Molo Angioino e Immacolatella coerentemente con il processo di riqualificazione dell'Area monumentale del Porto di Napoli.

In data 09.10.2023, in seguito ad incontro avvenuto il 02.10.2023 presso la sede dell'AdSP, è stata evidenziata la impossibilità di uno spostamento complessivo e simultaneo di tutte le attività portuali oggi operante sull'area di sedime del Parcheggio e conseguentemente ricevuta l'indicazione di prevedere per la sistemazione della piazza fasi di realizzazione successive per come sinteticamente indicate:

Fase 1: Realizzazione dei parcheggi interrati, ripristino dello stato attuale in superficie (*rifacimento viabilità e ripristino dei parcheggi attuali*), realizzazione delle aree pedonali in corrispondenza delle uscite dei parcheggi interrati con relativi collegamenti (marciapiedi e/o percorsi dedicati);

Fase 2: Realizzazione del previsto nuovo riassetto di parte delle aree di superficie, da effettuarsi a conclusione dei lavori di recupero degli ex Magazzini Generali (oggetto di separata

progettazione), esclusivamente riguardante le sole opere necessarie in funzione dell'utilizzo e fruizione dello stesso edificio ex Magazzini Generali;

Fase 3: Realizzazione della complessiva sistemazione e riassetto di tutte le aree di superficie da attuarsi a seguito del previsto spostamento del terminal Ro-Ro dell'area di levante del Porto.

3.2 Il Parcheggio

Il progetto prevede la realizzazione di un parcheggio su un'unica quota interrata. Tale scelta si fonda su tre assunti: ottimizzare l'efficienza del parcheggio (rapporto mq/posti auto), ridurre il rischio archeologico e i costi. Tali obiettivi potranno potenzialmente ridurre i tempi di esecuzione con il conseguente minor disagio per le attività portuali.

Il parcheggio, suddiviso in due compartimenti, ha una superficie complessiva di circa 13.450 mq e sarà servito direttamente dalla viabilità interna al porto che avverrà con 2 ingressi e 2 uscite nei due sensi di marcia.

Il parcheggio ha una capienza di circa 435 posti auto di cui 7 per disabili. La presenza di ampi pozzi di luce con isole verdi ipogee illuminate zenitalmente dalla luce naturale contribuisce alla ventilazione del parcheggio. Queste isole verdi accolgono altrettante scale di collegamento con le aree soprastanti, rafforzando così la relazione anche visuale del parcheggio con gli spazi e i percorsi pedonali di superficie. Il sistema di esodo è completato da 3 vani scala protetti che accolgono anche locali di servizio e per il parcheggio. Completano la dotazione di spazi accessori due blocchi con locali tecnici e servizi igienici.

La prossimità del parcheggio agli ex Magazzini Generali, oggetto di altro progetto, consente un collegamento diretto all'edificio che, una volta restaurato, potrà accogliere funzioni aperte alla città e al flusso di turisti che transitano nell'area monumentale del porto. Il collegamento diretto dalla quota del parcheggio agli ex Magazzini Generali contribuisce ad alleggerire il flusso dei visitatori sul traffico portuale di superficie.

In successive fasi il parcheggio potrà estendersi verso nord-est raddoppiandone la capienza e consentendo un collegamento diretto all'edificio Immacolatella e al varco omonimo. Mentre in direzione sud-ovest potrà con un collegamento ipogeo connettersi all'uscita del Metrò sul molo Angioino in corso di realizzazione.

4. Inquadramento geologico ed idrogeologico

Gli aspetti geologici, stratigrafici, morfologici, idrogeologici e sismici sono discussi nella Relazione Geologica-Idrogeologica. Il presente studio è basato su indagini geognostiche e geotecniche appositamente eseguite in anni precedenti e su dati geotecnici ricavati da precedenti indagini e dalla letteratura tecnica (tale relazione sarà aggiornata in funzione delle indagini che saranno svolte così come definito all'interno del **Piano di indagini elaborato FGEOGEO00RE02 allegato al presente PFTE**). Nel presente rapporto si esaminano i seguenti argomenti:

- Descrizione delle indagini geotecniche eseguite in precedenza ed indagini programmate
- Caratterizzazione geotecnica dei terreni

4.1 Inquadramento geomorfologico generale

Il settore orientale della città di Napoli occupa la porzione centrale della Piana Campana compresa tra il distretto vulcanico dei Campi Flegrei, a Ovest, i rilievi carbonatici dei Monti Avella e Pizzo d'Aviano, a Nord-Est e a Est, e il Somma-Vesuvio a Sud; dal punto di vista altimetrico ricade nelle aree comprese tra 0 e 50 m (s.l.m.) come rappresentato nel DTM (v. fig. 5).

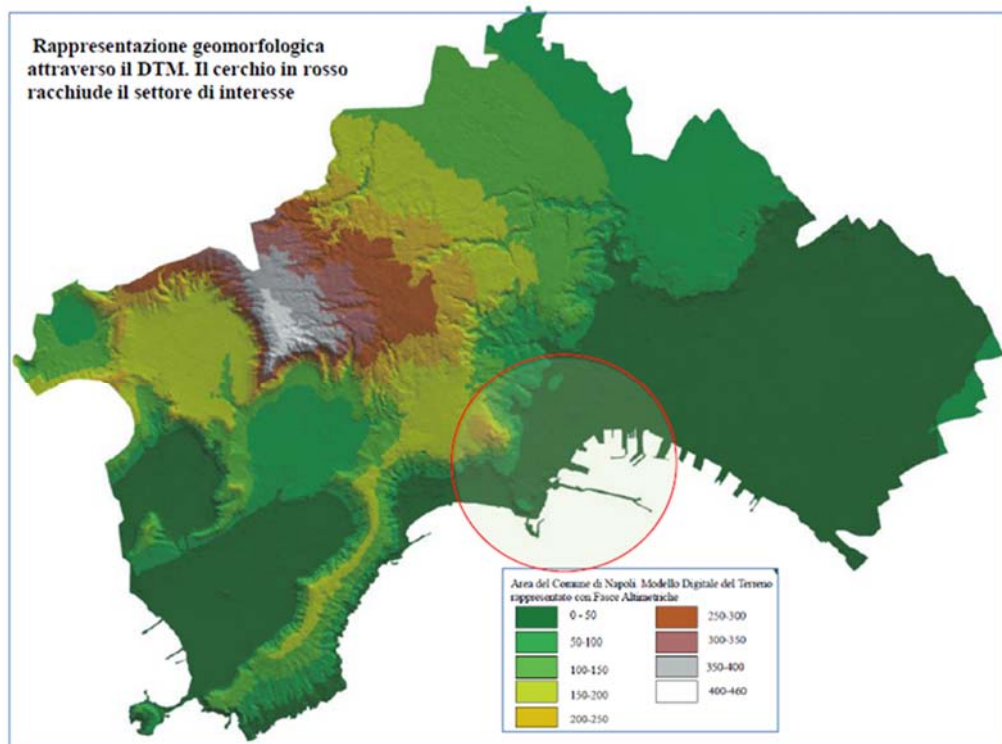


Figura 1 - DTM dell'area di Napoli con evidenziato l'area di interesse

In particolare, essa è morfologicamente suddivisa in due porzioni, la Piana di Volla e l'alto corso dei Regi Lagni, dallo spartiacque superficiale presente lungo l'allineamento S. Anastasia-

Casalnuovo-Casoria. Questa area è stata interessata nel tempo da considerevoli modificazioni morfologiche che hanno provocato anche variazioni della configurazione del reticolo idrografico, oltre che da un progressivo degrado quali-quantitativo della risorsa idrica superficiale, sotterranea e delle coltri di terreno superficiale. Gli impluvi, la maggior parte completamente colmati, come ad esempio quello dei Vergini, quello di Via Sant'Anna dei Lombardi, che sfociava a Piazza Bovio, e quello di Via Mezzocannone, che hanno condizionato la morfologia dei luoghi determinando un andamento della linea di costa profondamente diverso da quello odierno e caratterizzato da frequenti insenature, con piccole spiagge, e promontori in roccia tufacea ed ambienti di retroduna, talora anche estesi. In particolare, l'area in studio è localizzata nel settore costiero della città che ha subito nel corso dei secoli numerose modificazioni antropiche che hanno quasi completamente obliterato gli aspetti naturali originari. Dalla consultazione della documentazione storica, trascurando le modifiche antropiche di epoca greco-romana, si evidenzia la costruzione del Grande Molo, realizzato nel 1301 da Carlo II, e la realizzazione del Piccolo Porto, detto anche il Mandracchio, realizzato proprio dove sorgeva l'antichissimo porto detto "de Arcina", e la costruzione di un'arteria stradale che mettesse in comunicazione lo stesso porto con il centro abitato napoletano. In tale contesto la costruzione di Via Marina (Via Marittima o Via Marinella) risale al 1739, quando Re Carlo di Borbone ampliò l'area portuale; per la realizzazione dell'asse viario fu necessario bonificare gran parte delle zone attraversate, come l'arenile lungo il quale ormeggiavano le grandi barche da trasporto, e furono abbattute le mura vicereali. Nelle figure seguenti sono riportati alcuni stralci delle cartografie storiche del Porto di Napoli nel XVI e nel XVIII secolo.

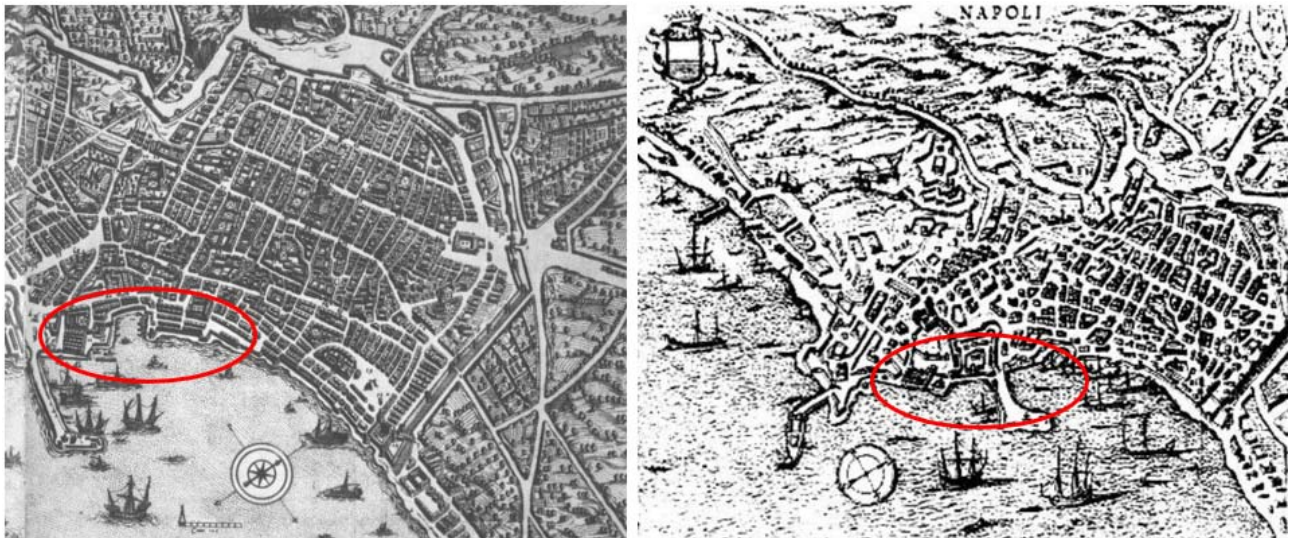


Figura 2 - Porto di Napoli nel XVI secolo (a sinistra) Porto di Napoli nel XVIII secolo (a destra)

Dopo tali interventi l'area costiera, prima soggetta alle dinamiche marine, è stata colmata da riporti e da banchine che hanno "regolarizzato" planimetricamente e altimetricamente tutta l'area per le finalità portuali, annullando le dinamiche di erosione e sedimentazione naturali. Dall'analisi della cartografia storica si desume inoltre che dalla seconda metà dell'800 ad oggi, la linea di costa è stata spostata verso il mare di circa 120-140 m con contestuale innalzamento delle quote originarie fino a 3,5-4,0 m slm. La Figura seguente mostra la localizzazione dell'area di studio nel settore portuale attuale della Città di Napoli.



Figura 3 - Foto aerea dell'area portuale attuale con evidenziato il sito di interesse

4.2 Indagini geognostiche pregresse

Dall'indagine geognostica e allo studio geologico realizzato a margine del PFTE per "INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE DELL'AREA MONUMENTALE DEL PORTO DI NAPOLI – FASE 3- Stralcio I - Recupero della volumetria esistente dell'Edificio ex-Magazzini Generali" del 2014. La campagna geognostica realizzata per tale intervento ha infatti riguardato le stesse aree in cui oggi si prevede di realizzare il parcheggio interrato. In particolare, le indagini a disposizione per il sito di interesse fanno riferimento alle seguenti campagne geognostiche:

Campagna geognostica 2007:

L'indagine geognostica ha previsto l'esecuzione di n. 9 sondaggi geognostici a rotazione ed a carotaggio continuo, alcuni dei quali strumentati con attrezzatura piezometrica, prelievo di campioni indisturbati, esecuzione di prove penetrometriche dinamiche in foro SPT ed esecuzione di prove di laboratorio. La tabella seguente riassume le quantità relative alla suddetta indagine geognostica.

SONDAGGIO n.	PROF. (m)	CAMPIONI IND. n.	CAMPIONI LAPIDEI n.	SPT n.	PIEZOM.
1	25	3	2	3	TA
2	35	5			
3	30	4	1	4	TA
4	35	4	-	4	-
5	40	3	1	4	-
6	40	4	1	5	-
7	40	1	-	5	-
8	18	2	1	3	TA
9	15	2	-	2	-
10	15	-	2	2	-
11	15	-	2	1	-

Sono state inoltre realizzate anche prove penetrometriche dinamiche continue del tipo "pesante" DPSH, particolarmente idonee a valutare le caratteristiche geotecniche dei terreni di riporto difficilmente campionabili; tali prove sono state spinte fino a profondità ove sono stati misurati valori di rifiuto come segue:

DPSH n.	PROF. (m)
1	7,60
2	22,80
3	15,00
4	9,60
5	4,80

Nel corso dei sondaggi sono stati eseguite prove geotecniche in foro (SPT) e sono stati prelevati campioni indisturbati per l'esecuzione di prove geotecniche di laboratorio, i cui risultati saranno discussi nella Relazione Geotecnica.

Inoltre, per eseguire valutazioni circa la risposta sismica locale si è eseguita, all'interno del sondaggio geognostico S6, una prova geofisica in foro con modalità "Down-Hole", che ha permesso la misura della velocità delle onde P e S e la stima del parametro VS30.

Campagne geognostiche 2003, 2004, e 2006

Nello studio del 2014 erano presenti anche i dati di 3 prove Down-Hole eseguite lungo Via Marina nel 2006, con specifico riferimento alla velocità di taglio misurata nel Tufo Giallo Napoletano, il quale nella Down Hole eseguita nell'indagine del 2007 non è stato ben intercettato in quanto presente a profondità di 27-28 m dal p.c. Oltre alle indagini sopra menzionate sono stati consultati i sondaggi del 2004 eseguiti a mare (T1, T2, T3, T4) ed a terra (S1AD, S2AF, S3AC, S4AD) realizzati per altri progetti sempre per l'Autorità Portuale, in corrispondenza dei settori del Molo Piliero. Anche in questi sondaggi sono state eseguite prove penetrometriche in foro tipo SPT e sono stati prelevati campioni indisturbati per prove di laboratorio. Infine, sono stati consultati i dati stratigrafici localizzati lungo Via Cristoforo Colombo e Via F. Acton, relativi a studi per la Riqualificazione della Via Marina e ammodernamento della linea tramviaria (SA1-SA47) i quali hanno consentito soprattutto la ricostruzione dell'andamento del tetto del substrato del Tufo Giallo Napoletano. Nella successiva tavola l'ubicazione delle sopra citate prospezioni.

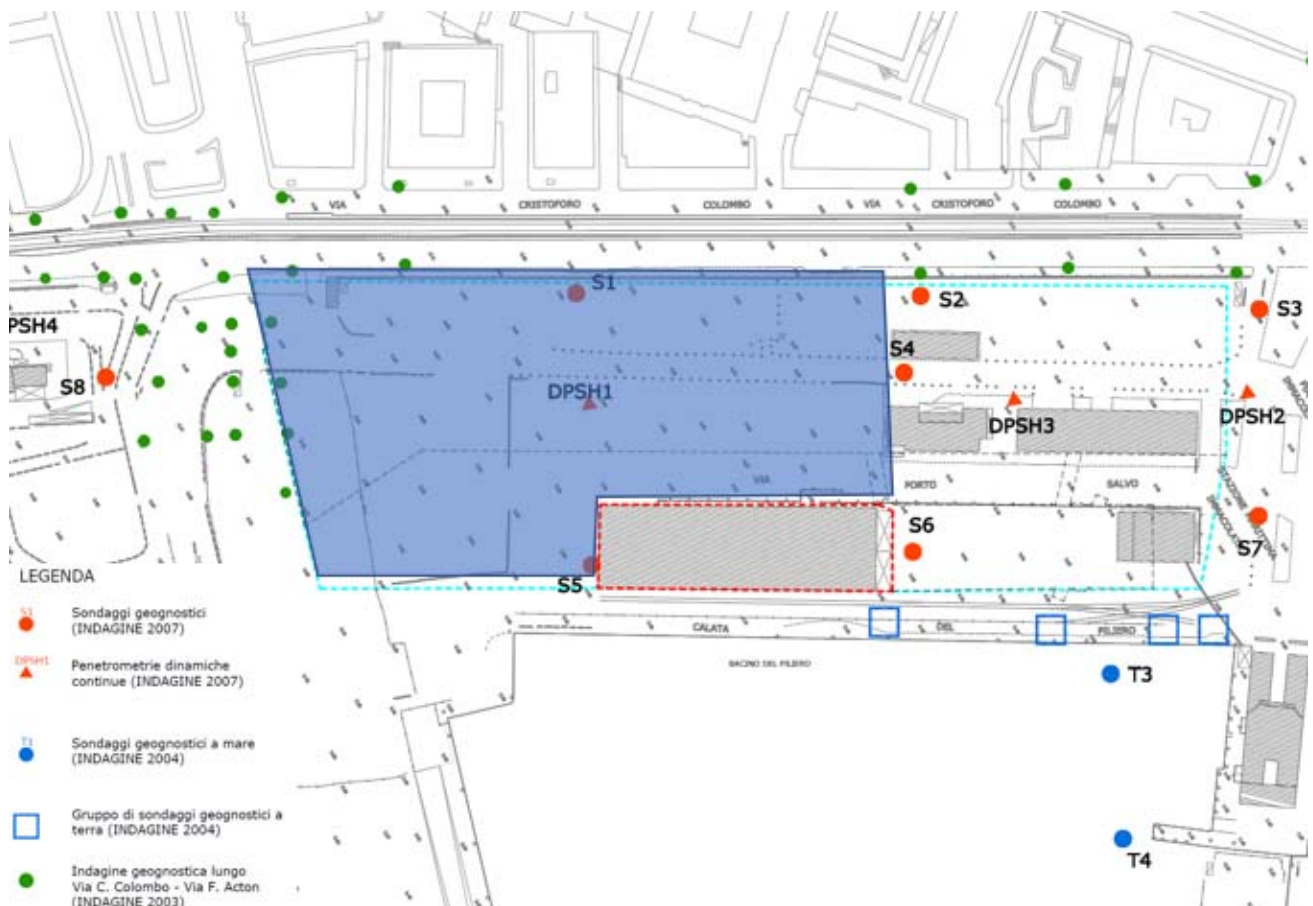


Figura 4 - Stralcio cartografia con ubicazione indagini geognostiche con evidenziata (in azzurro) l'area del nuovo parcheggio. Fonte: Tav 1 Progetto 2014, modificata

4.3 Stratigrafia dell'opera di progetto

Sulla base dei risultati delle diverse campagne geognostiche e richiamando quanto già descritto ai punti precedenti è stato possibile ricostruire l'assetto litostratigrafico del territorio in esame. Nell'area sono presenti depositi di spiaggia emersa e sommersa, misti ai depositi fluvio-lacustri e marini della Depressione di Volla, sovrimposti ad un substrato vulcanico rappresentato dal Tufo Giallo Napoletano. Sono inoltre presenti riporti antropici relativi alle strutture portuali che in varie fasi ed in varie epoche hanno interessato questa zona.

In particolare, la stratigrafia del sito, dall'alto verso il basso è la seguente.

TERRENI DI RIPORTO (R)

Terreni a granulometria molto variabile, con inclusi elementi decimetrici tufacei, in assetto caotico; in questa unità sono anche presenti frammenti di materiale edilizio e di Tufo Giallo Napoletano frammisti a malta cementizia e frammenti di laterizi, nonché strutture murarie sepolte.

Questi terreni sono relativi a tutti gli interventi di costruzione delle strutture portuali che si sono succeduti nel tempo e che sono sovrapposti ai depositi di spiaggia.

Gli spessori sono mediamente di 4-6 metri, con locali spessori fino a 8-9 metri in corrispondenza del sondaggio S1.

DEPOSITI MARINI DI SPIAGGIA EMERSA E SOMMERSA (Olocene)

Tali depositi, sottostanti i riporti antropici, sono costituiti da diversi fusi granulometrici:

Sabbie medio-fini, limose (SL)

Si tratta di sabbie medie e medio-fini, localmente limose, di colore avana.

Sono diffusi al tetto della serie stratigrafica dei depositi costieri e presentano nei livelli superiori diffusi elementi di origine antropica elaborati dalle dinamiche marine e legati alle attività che si sono svolte nel tempo lungo la costa.

La giacitura è leggermente degradante verso il mare, mentre gli spessori variano da pochi metri fino a 8-10 m.

Questa unità è presente soltanto nel settore orientale dell'area.

Le sabbie medio fini sono presenti immediatamente al di sotto dei riporti ed al di sopra delle sabbie medio-grossolane (SG); dai sondaggi si rilevano comunque anche livelli sabbiosi fini (SL) di minore spessore al di sotto dell'unità SG.

Sabbie medio-grossolane (SG)

Inferiormente si passa a depositi sabbiosi più grossolani, con livelli di ghiaietto, di colore marrone-grigiastro; le maggiori granulometrie denotano dinamiche marine più elevate.

Le granulometrie medio-grossolane sono indice di ambienti ad elevata energia, probabilmente da mettere in relazione ad ambienti di spiaggia emersa e sommersa, prima di significative strutture portuali di protezione (ciò è avvalorato anche dalla mancanza di elementi antropici fluitati).

La giacitura è leggermente degradante verso il mare e gli spessori variano da 1-2 metri fino a 8-10 m.

Sono presenti immediatamente al di sotto dei riporti nel settore occidentale dell'area, mentre verso est risultano sottoposte a strati di sabbie limose (SL).

Cineriti (C)

La parte inferiore della serie stratigrafica dei depositi marini è rappresentata da depositi fini e medio-fini (cineriti) di origine vulcanica rimaneggiati in ambiente costiero; nella matrice cineritica, di colore verdastro, sono inclusi frammenti lavici e pomicei. Localmente si individua la presenza di livelletti organici.

Le granulometrie fini e medio-fini sono indicative di ambienti a bassa energia che, data la profondità, potrebbero essere messe in relazione alla deposizione lacustre palustre del settore costiero della Depressione Volla.

Questa unità, che non compare nel settore occidentale (Profilo Geologico 1), è caratterizzata da spessori di 1-2 m fino a 6-8 metri; la variabilità degli spessori è condizionata dall'andamento del substrato del Tufo Giallo Napoletano ed infatti i maggiori spessori si rilevano in corrispondenza di vallecole incise nel substrato tufaceo.

TUFO GIALLO NAPOLETANO (TGN) (Olocene)

Stratigraficamente la serie geologica termina con il Tufo Giallo Napoletano che rappresenta il substrato locale; infatti, tutti i sondaggi hanno raggiunto il tetto di questo litotipo.

Il Tufo Giallo Napoletano (TGN) è una formazione omogenea legata ad un unico evento legato alla attività eruttiva dei Campi Flegrei; in genere è caratterizzata da due facies: una litoide di colore giallastro ed una a carattere pozzolanaceo, poco o nulla coerente, di colore grigio.

Nell'area in esame è presente soltanto la facies lapidea che si è formata dalla facies pozzolanacea a seguito di fenomeni di "zeolitizzazione", che sono processi secondari dovuti alla presenza nel deposito di fluidi idrotermali, che portano alla formazione di minuti cristalli (zeoliti) che danno all'ammasso l'aspetto lapideo.

Dal punto di vista litologico trattasi di una piroclastite massiva, da poco a nulla fratturato, con matrice cineritica giallastra ed incluse minute scorie pomicee e laviche; si sottolinea che le discontinuità presenti nell'ambito del TGN sono relative a stress di raffreddamento della colata piroclastica, al momento della messa in posto, e non a stress tettonici.

A fronte dello stato lapideo-semilapideo si evidenzia sempre una notevole porosità, la quale è ascrivibile in parte a pori in comunicazione fra loro ed esterni alle particelle ed in parte a pori all'interno delle particelle, le quali hanno una struttura sovente vacuolare.

Dai sondaggi si individua un membro superiore alterato (TGNA), di spessore variabile da pochi decimetri ad alcuni metri, con consistenza da addentata a semilapidea (cappellaccio).

Il tetto del Tufo Giallo Napoletano si presenta degradante verso il mare e verso la Depressione Volla, con locali variazioni morfologiche legate a passate fasi erosive.

Nello studio del 2014 è stata ricostruita una Carta delle Isobate del Tetto del Tufo Giallo Napoletano relativo al solo membro decisamente lapideo che si ripropone di seguito.

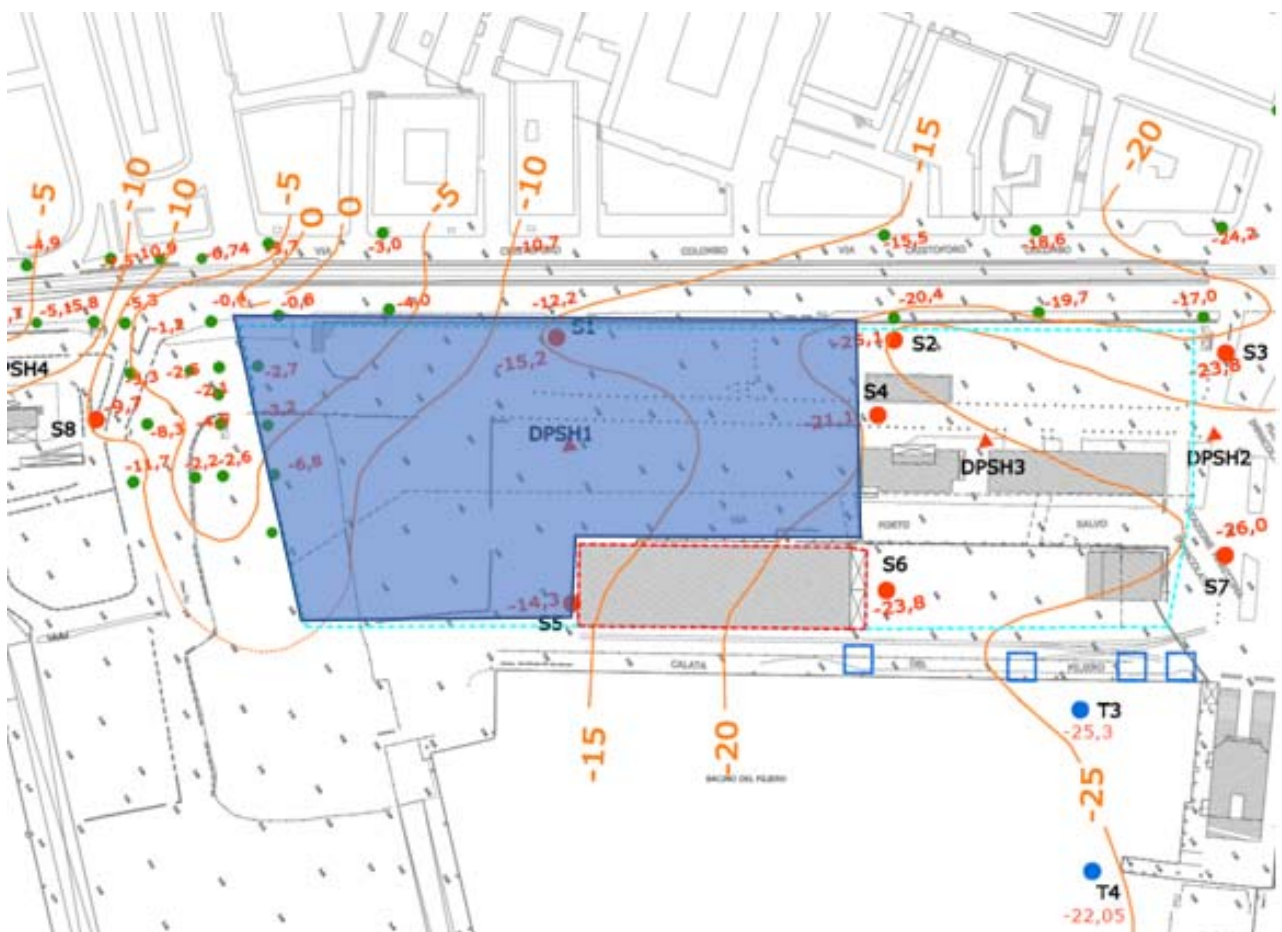


Figura 5 - Stralcio cartografia con indicazione delle isobate del tufo giallo napoletano. Fonte: Tav 2 Progetto 2014, modificata

Dalla Carta delle isobate del Tufo Giallo Napoletano si evidenzia un massimo di quota in corrispondenza del Molo Angioino-Piazzale della Stazione Marina (su tale alto morfologico più resistente è infatti ubicato il Maschio Angioino); inoltre si evidenzia una incisione valliva in

corrispondenza dello sbocco di un fosso che proveniva dalla Piazza Municipio ed attualmente sede di un collettore.

Nella Figura successiva è riproposto lo schema del modello geologico-idrogeologico locale.

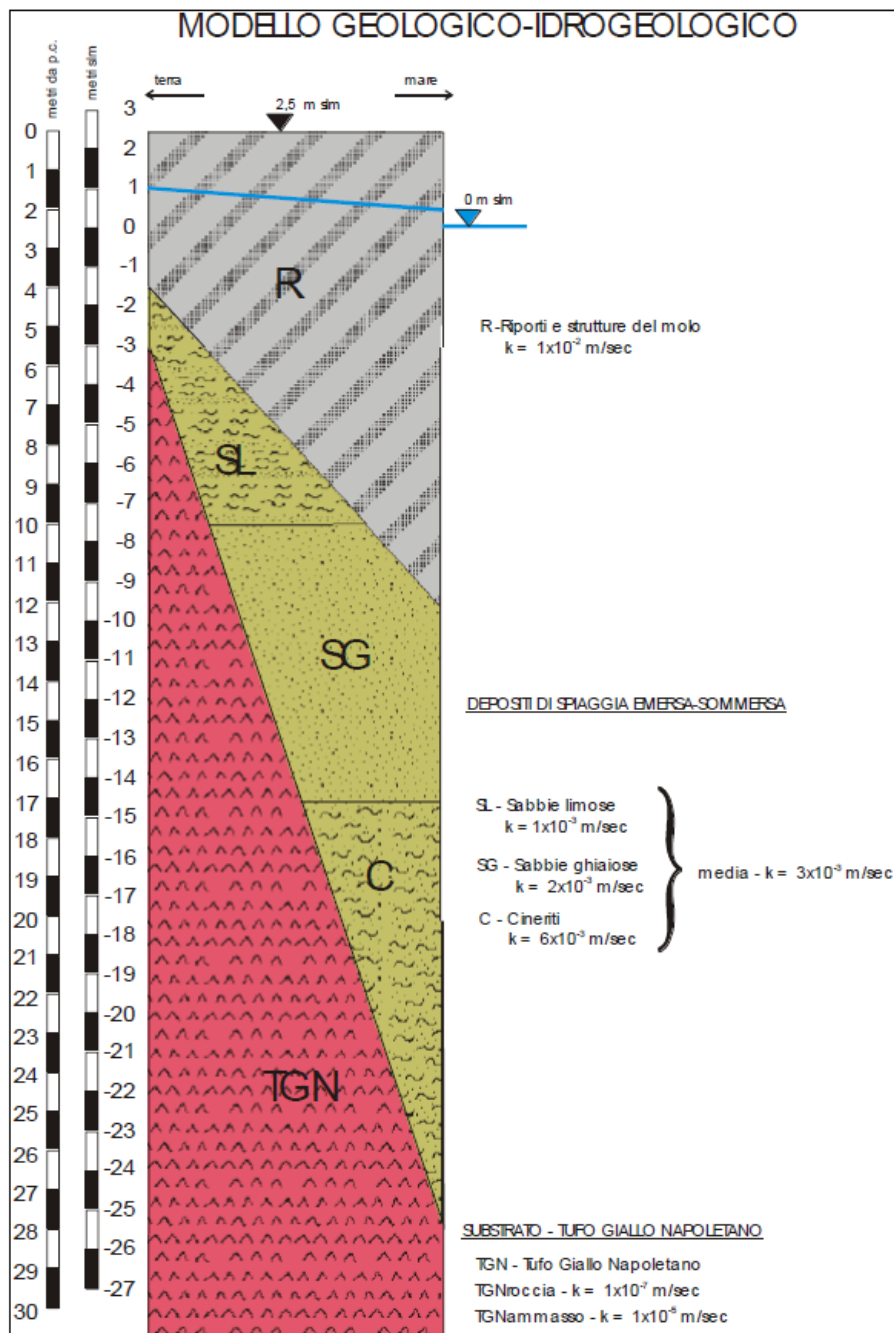


Figura 6 - Stralcio modello litostratigrafico e idrogeologico del sito di intervento. Fonte: Relazione geologica Progetto 2014

Nella successiva figura è invece riportato uno stralcio della carta geologica dell'area di intervento.

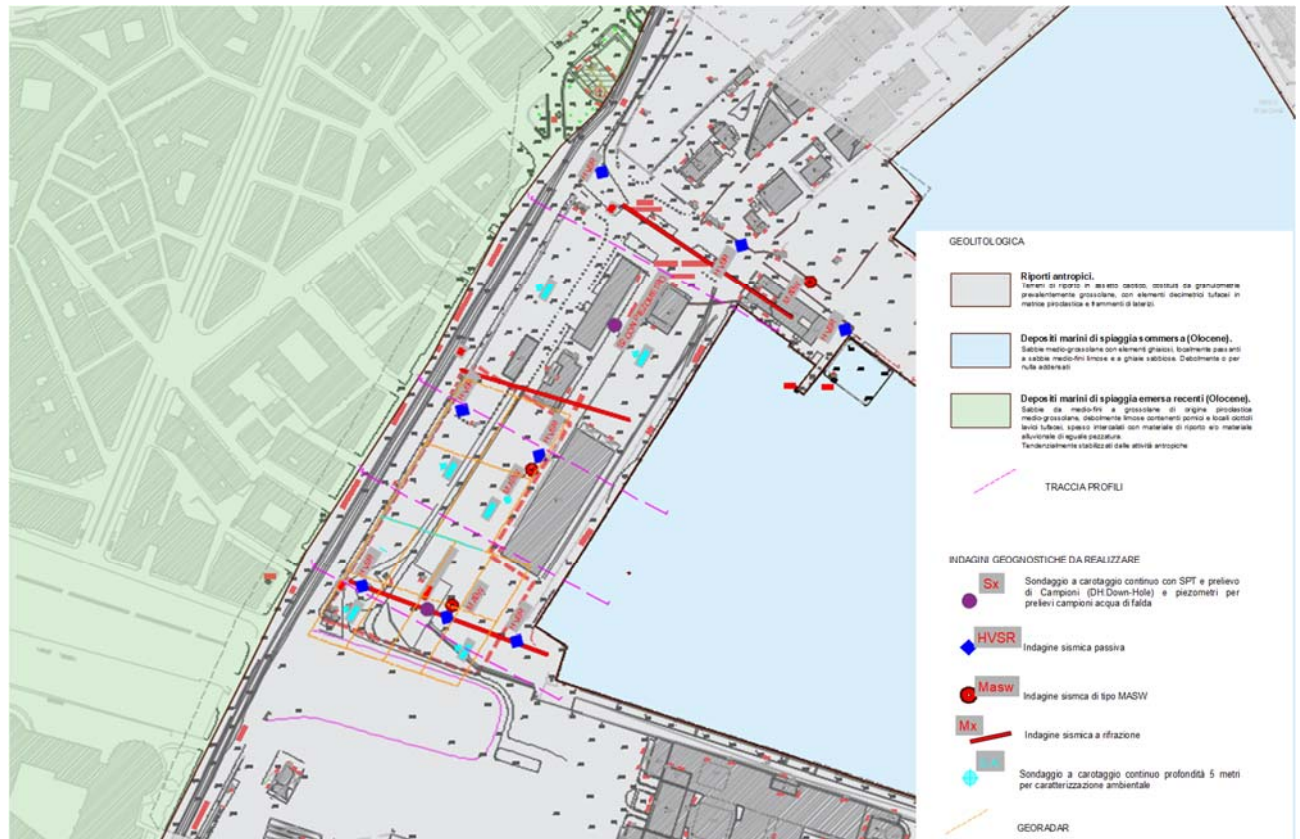
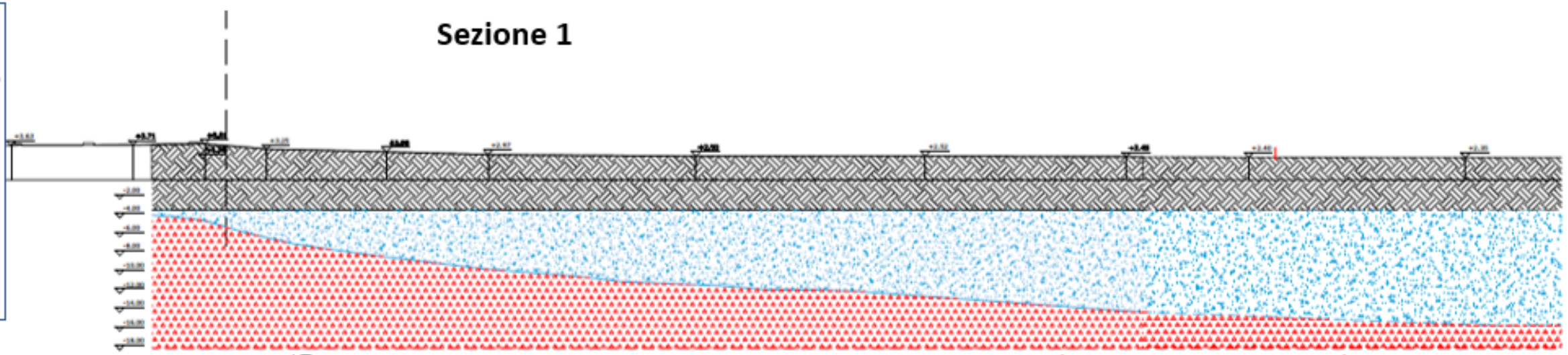
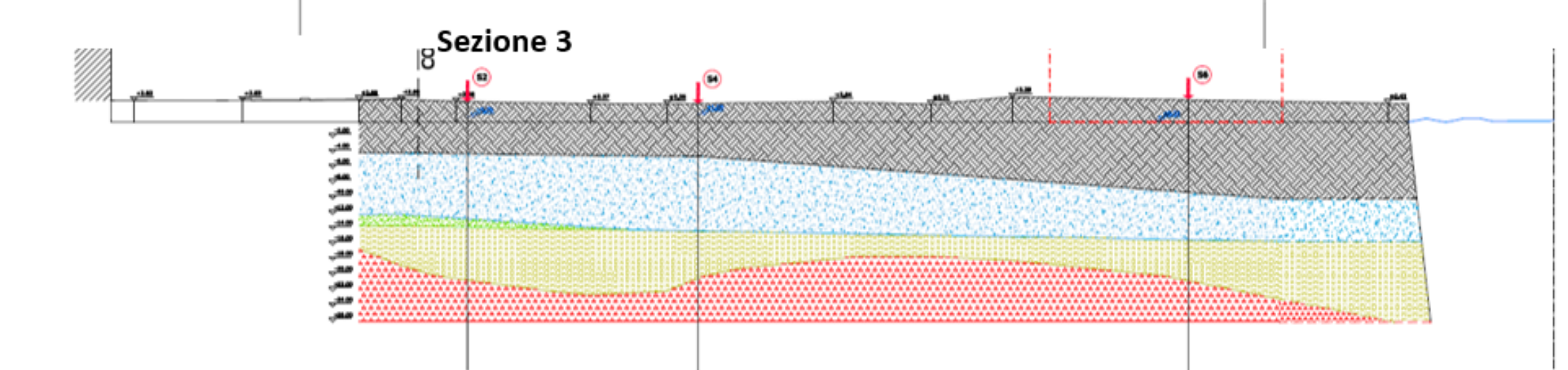
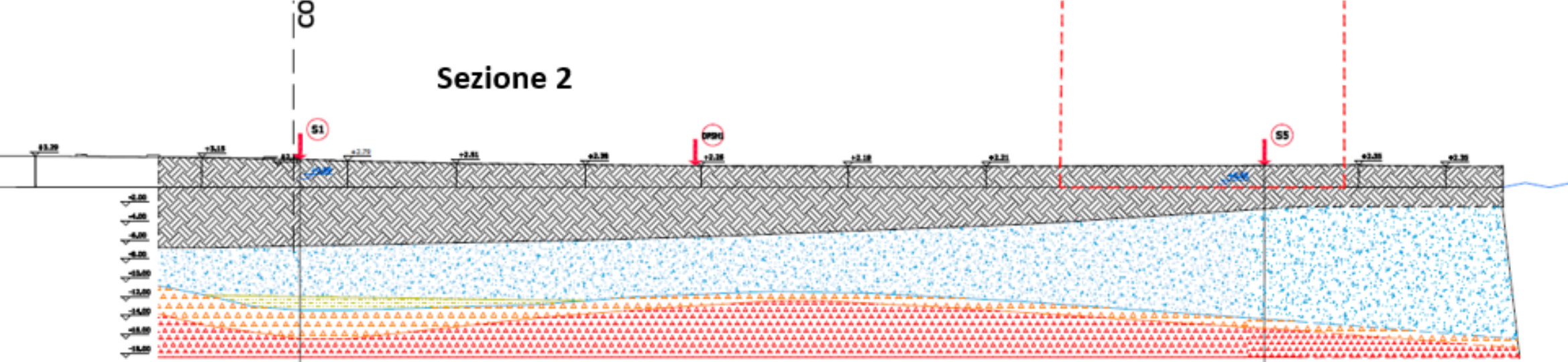


Figura 7 - Stralcio carta geologica delle aree di intervento con evidenza delle nuove indagini da realizzare

Il dettaglio dell'assetto geometrico delle varie unità nell'area di intervento è proposto nelle successive figure dove sono rappresentati 3 profili litostratigrafici dell'area portuale di interesse.



LEGENDA		
SOGLIA	AMBIENTE	LITOLOGIA
R	ANTROPICO	RIPORTI ANTROPICI: TERRINI DI RIPORTO IN ASSETTO CAOTICO, COSTITUITI DA GRANULOMETRIE GROSSOLANE, CON ELEMENTI DICOMETRICI TUFACEI IN MATRICE DI ORIGINE PIROCLASTICA, FRAMMENTI DI LATERIZI, DA POCO A MEDIANAMENTE ADDENSATO
SL	DEPOSITI MARINI E SOMMERSI	SABBIE MEDIO-FINE, LIMOSE, DI AMBIENTE MARINO, DI COLORE MARRONE-AVANA; AL TETTO AMBIENTE DI SPIAGGIA EMERSA, CON PRESENZA DI ELEMENTI ANTROPICI PLIUSTATI, MEDIANAMENTE ADDENSATO
SG		SABBIE MEDIE GROSSOLANE; SABBIE MEDIO-GROSSOLANE, CON ELEMENTI GHIAIOSE, LOCALMENTE GHIAIE SABBIOSE, DI AMBIENTE MARINO, DI COLORE MARRONE-GROSSOLANO, MEDIANAMENTE ADDENSATO
C		CINERITE; CINERITE MEDIO-FINE, DI COLORE VERDASTRO, CON MINORI FRAMMENTI LAVICI E ROMOSI, MEDIANAMENTE ADDENSATO
TGNA	SUBSTRATO DI ORIGINE VULCANICA	TUFO GIALLO NAPOLETANO ALTERATO; ORIZZONTI SUPERFICIALI DEL TUFO GIALLO NAPOLETANO, DI COLORE GIALLO-VERDASTRO, CON DIFFUSI FENOMENI DI ALTERAZIONE, A MATRICE CINERITICA, CON SCORIE POMICEE E FRAMMENTI LAVICI, DA MEDIANAMENTE CONSISTENTE A SEMILAPIDEO
TGN		TUFO GIALLO NAPOLETANO LAPIDEO; TUFO GIALLO NAPOLETANO DI COLORE GIALLISTRO, A TESSITURA GROSSOLANA COSTITUITA DA ELEMENTI SCORACIE E LAVICI, IN MATRICE CINERITICA, LAPIDEO, DA MEDIANAMENTE A POCO FRATTURATO
0.00		LIVELLO PIEZOMETRICO (m. s.l.m.)
S5		Sondaggi geognostici (INDAGINE 2007)
DPSH1		Penetrometrie dinamiche continue (INDAGINE 2007)



4.4 Circolazione d'acqua sotterranea nell'area di progetto

Come già accennato in precedenza, il substrato a bassa-nulla permeabilità del Tufo Giallo Napoletano sostiene tutta la circolazione idrica che, proveniente da monte, avviene entro le coltri eluvio-colluviali e dei riporti; tale circolazione idrica è caratterizzata da un gradiente condizionato dal livello piezometrico di base rappresentato dal livello marino. Nel corso delle indagini del 2007 sono stati installati n. 3 piezometri a tubo aperto che hanno permesso di misurare i seguenti livelli piezometrici.

SONDAGGIO n.	PROF. PIEZO (m)	QUOTA SOND. m slm	PROF. FALDA m da p.c.	QUOTA FALDA m slm
1	20	3,5	2,61	0,89
3	20	3,55	3,53	0,02
8	18	3,40	3,05	0,35

La localizzazione del progetto in corrispondenza della costa determina pertanto livelli piezometrici che possono variare da alcuni decimetri al di sopra del livello marino fino alla quota 0,00 m slm. Tali valori confermano quanto atteso e la variabilità locale dei livelli piezometrici è dovuta a variazioni di permeabilità e di trasmissività all'interno dei riempimenti e colmate delle banchine portuali oppure alle variazioni morfologiche del tetto del substrato del Tufo Giallo Napoletano. Comunque, sostanzialmente si individuano livelli intorno a +0,7/+0,8 m slm nei

RTP Incaricato:
COOPROGETTI soc. coop. (Capogruppo)
RPA s.r.l.
LAMBERTO ROSSI ASSOCIATI
D'AGOSTINO ASSOCIATI s.r.l.
Arch. Domenico De Maio

settori adiacenti a Via Marina e livelli di pochi decimetri s.l.m. lungo i bordi della piattaforma portuale.

Indagini del 2014

Nel 2014, poi, sono state eseguite ulteriori indagini geotecniche in laboratorio ed in sito, si riporta quanto ottenuto nelle indagini pregresse nonché la modalità di esecuzione delle prove.

Prove di laboratorio

Le prove di laboratorio sono consistite, oltre alle usuali procedure di riconoscimento (peso specifico, densità, granulometrie e Limiti di Atterberg), a prove meccaniche per la definizione della resistenza al taglio a breve ed a lungo termine. I litotipi tendenzialmente argillosi sono stati sottoposti a prove di taglio diretto con scatola di Casagrande ed a Triassiali CD per la verifica del comportamento in condizioni drenate, mentre le verifiche in condizioni non drenate sono state esaminate con prove di compressione ELL. Le caratteristiche di deformabilità, concentrate nei litotipi più spiccatamente pelitici, sono state investigate con prove di Compressione Edometrica; in tutte le prove è stato eseguito un ciclo di scarico.

I litotipi lapidei (Tufo Giallo Napoletano) sono parametrizzati con l'ausilio dei valori RQD e dei risultati di prove di compressione monoassiale, associati alla misura di peso di volume e di porosità.

Penetrometro Tascabile

Le carote con caratteristiche essenzialmente pelitico-siltose, appena estratte, sono state testate con Penetrometro Tascabile, in modo di valutare la resistenza a breve termine; tali valori sono stati utili riferimenti per controllare i risultati delle prove di laboratorio con il comportamento geomeccanico in sito. In particolare, con tale metodo si valuta, attraverso la misura di valori R_p , la coesione non drenata con la seguente relazione:

$$C_u = \frac{R_p}{2}$$

Prove penetrometriche dinamiche SPT e DPSH

Nel corso dei sondaggi sono state eseguite prove penetrometriche dinamiche tipo SPT, a varie profondità ed in corrispondenza dei terreni incoerenti non campionabili; inoltre sono state eseguite n. 5 prove con penetrometro superpesante DPSH. I dati penetrometrici (sia SPT che

DPSH), particolarmente significativi per la definizione degli orizzonti più granulari non campionabili, sono utilizzati per la parametrizzazione di tali terreni, con le metodologie più accreditate presenti in letteratura.

Per terreni tendenzialmente sabbiosi, i valori di N_{spt} sono significativi per la stima delle densità relative (D_r), dell'angolo di attrito di picco (ϕ_p) e di Moduli di Deformazione (E' , E_{25}); nei terreni a comportamento coesivo si stimano invece i parametri C_u ed E_u . I riferimenti interpretativi fanno riferimento a Bolton (1976), Jamiolkowski (1988), Webb (1970), Stroud (1974).

Alla fine del presente rapporto sono allegati in forma tabellare e grafica i dati penetrometrici dinamici SPT e le relative interpretazione, con riferimento a tutte le indagini eseguite.

Modulo di Deformazione a piccole deformazioni – E_0

Viene anche eseguita una stima del Modulo a piccola deformazione E_0 (Modulo Operativo), partendo dalla valutazione del Modulo di Taglio G_0 , stimato dalle prove geofisiche:

$$G_0(kN/mq) = \frac{\gamma}{9,81} V_s^2$$

Dove:

G_0 = Modulo di Taglio

γ = peso di volume saturo (kN/m^3)

9,81 = accelerazione di gravità (m/sec^2)

V_s = velocità delle onde di taglio valutata dalle prove geofisiche

I valori di G_0 sono ricavati analizzando tutti i valori ottenuti, per le varie unità litotecniche, dalle prove Down-Hole eseguite nelle indagini del 2007 e del 2006. Successivamente si stima il valore di E_0 :

$$E_0 = 2 E G_0 (1 + \nu)$$

Dove:

E_0 = Modulo a piccole deformazioni (MPa)

G_0 = Modulo di Taglio (MPa)

u = coefficiente di Poisson

Coefficiente di Sottofondo – Winkler - k_s

Il Coefficiente di sottofondo è un parametro che non esprime una caratteristica geotecnica intrinseca del terreno, ma è legato alle dimensioni della piastra di carico ed in effetti la sua valutazione richiede una prova di carico su piastra di diametro almeno di 30cm. In mancanza di tale prova sperimentale esistono in letteratura varie relazioni per la sua stima, in questa sede, avendo a disposizione numerose prove penetrometriche dinamiche SPT.

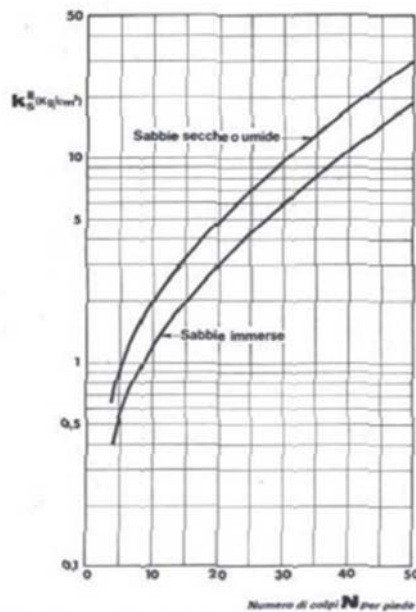
Utilizzando il grafico di seguito allegato e con riferimento alla curva "Sabbie immerse" si stima il valore di k_s , relativo ad una piastra di 30cm. Il coefficiente di sottofondo effettivo e relativo alle dimensioni della fondazione è valutabile con la seguente relazione:

$$k = K_s \left(\frac{b_0 + b}{2b} \right)^2$$

con

b_0 = diametro della piastra = 30cm

b = lato della fondazione



- Variazione del coefficiente k_s dell'eq. (10.4) per terreni incoerenti in funzione del numero di colpi N per piede dello S.P.T. (Terraghi).

4.5 Parametri fisico-meccanici dei terreni

In base al contesto geomorfologico e geologico-strutturale descritto nella Relazione Geologica-Idrogeologica, nell'area in esame sono presenti depositi di spiaggia emersa e sommersa misti ai depositi fluvio-lacustri con elementi vulcanici della Depressione di Volla, sovrimposti ad un substrato vulcanico rappresentato dal Tufo Giallo Napoletano. Sono inoltre presenti riporti antropici relativi alle strutture portuali che in varie fasi ed in varie epoche hanno interessato questa zona. Dal punto di vista idrogeologico, il substrato a bassa-nulla permeabilità del Tufo Giallo Napoletano sostiene tutta la circolazione idrica che, proveniente da monte, avviene entro le coltri eluvio-colluviali e dei riporti; tale circolazione idrica è caratterizzata da un gradiente condizionato dal livello piezometrico di base rappresentato dal livello marino. I campioni indisturbati hanno permesso la valutazione delle caratteristiche fisiche, mentre i parametri geomeccanici sono stimati dalle prove penetrometriche SPT. Le prove penetrometriche SPT hanno dato valori variabili da 8 a 38 colpi/30cm, con locali valori a rifiuto; questi valori sono indice di addensamenti molto variabili. Le prove penetrometriche hanno permesso la stima della resistenza al taglio e dei parametri di deformabilità, secondo le metodologie precedentemente descritte:

Densità Relativa - $D_r = 40-70\%$

Angolo di attrito di picco - $\phi' = 35-40^\circ$

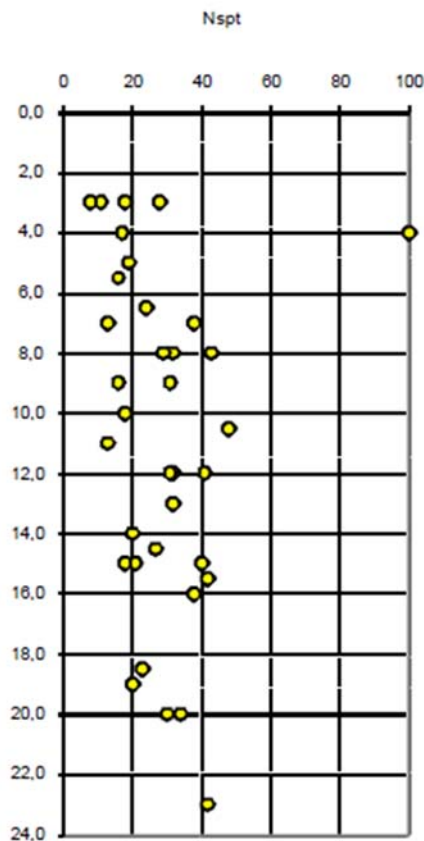
Modulo di Deformazione - $E_{25} = 10-25 \text{ MPa}$

$K_s'' = 1,5-2,5 \text{ Kg/cm}^3$

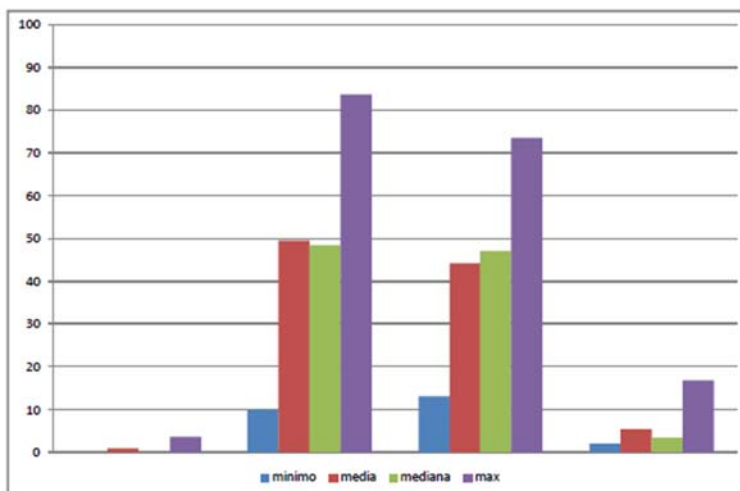
Le prove di laboratorio e le indagini in sito hanno dato i seguenti parametri fisico-meccanici:

Densità - γ (kN/m^3)	15-16
Umidità naturale - W_n (%)	24-51
Angolo di attrito - ϕ' (stimato da SPT)	35-43
Coesione drenata - C' (kPa) (stimato da SPT)	0
Modulo di deformazione - E_{25} (MPa) (stimato da SPT)	10-15
Modulo di Taglio - G_0 (MPa)	50-60

Il comportamento geomeccanico è decisamente frizionale a coesione nulla, con media deformabilità.



Andamento dei valori penetrometrici nei depositi marini di spiaggia



Si descrivono qui di seguito i caratteri geotecnici degli strati che compongono la serie deposizionale di spiaggia. Si descrivono qui di seguito i caratteri geotecnici degli strati che compongono la serie deposizionale di spiaggia. I livelli superiori presentano diffusi elementi di origine antropica elaborati dalle dinamiche marine e legati alle attività che si sono svolte nel tempo lungo la costa. La Figura di

seguito mostra la distribuzione delle varie frazioni granulometriche:

La frazione limo-argillosa determina una medio-bassa plasticità della matrice ($LL = 28-45\%$; $IP = 2-15$); localmente si sono misurati valori di LL inferiori alla umidità naturale determinando valori negativi dell'indice di consistenza.

Le prove penetrometriche SPT hanno dato valori variabili da 13 a 43 colpi/30cm; questi valori sono indice di addensamenti medi.

Densità Relativa - $Dr = 40-70\%$

Angolo di attrito di picco - $\varphi' = 35-38^\circ$

Modulo di Deformazione - $E_{25} = 10-28 \text{ Mpa}$

$K_s'' = 4-5 \text{ Kg/cm}^3$

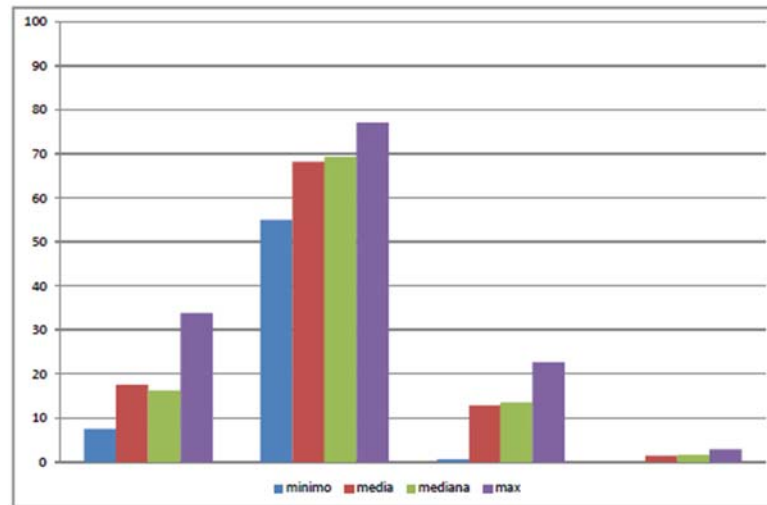
In base alle prove di laboratorio si valutano i seguenti parametri fisico-meccanici:

Densità - γ (kN/m ³)	16-17
Umidità naturale - W_n (%)	23-75
Angolo di attrito - φ'	28-30
Coesione drenata - C' (kPa)	0-5
Modulo di deformazione - E_{25} (MPa) (stimato da SPT)	15-20
Modulo di Taglio - G_0 (MPa)	110-120

Il comportamento geomeccanico è prevalentemente frizionale, con coesione nulla; localmente, ove è presente una significativa percentuale della componente limo-argillosa, si intercetta una pur limitata coesione; la deformabilità è media.

Inferiormente si passa a depositi sabbiosi più grossolani, con livelli di ghiaietto, di colore marronegrigiastro; le maggiori granulometrie denotano dinamiche marine più elevate (Figura 5).

In 6 campioni sugli 9 esaminati, la frazione limo-argillosa determina una bassa plasticità della matrice ($LL = 20-29\%$; $IP = 3-6$); localmente si sono misurati valori di LL inferiori alla umidità naturale determinando valori negativi dell'indice di consistenza.



Le prove penetrometriche SPT hanno dato valori variabili da 17 a 42 colpi/30cm; questi valori sono indice di addensamenti medi.

Densità Relativa - $D_r = 45-65\%$

Angolo di attrito di picco - $\varphi' = 28-30^\circ$

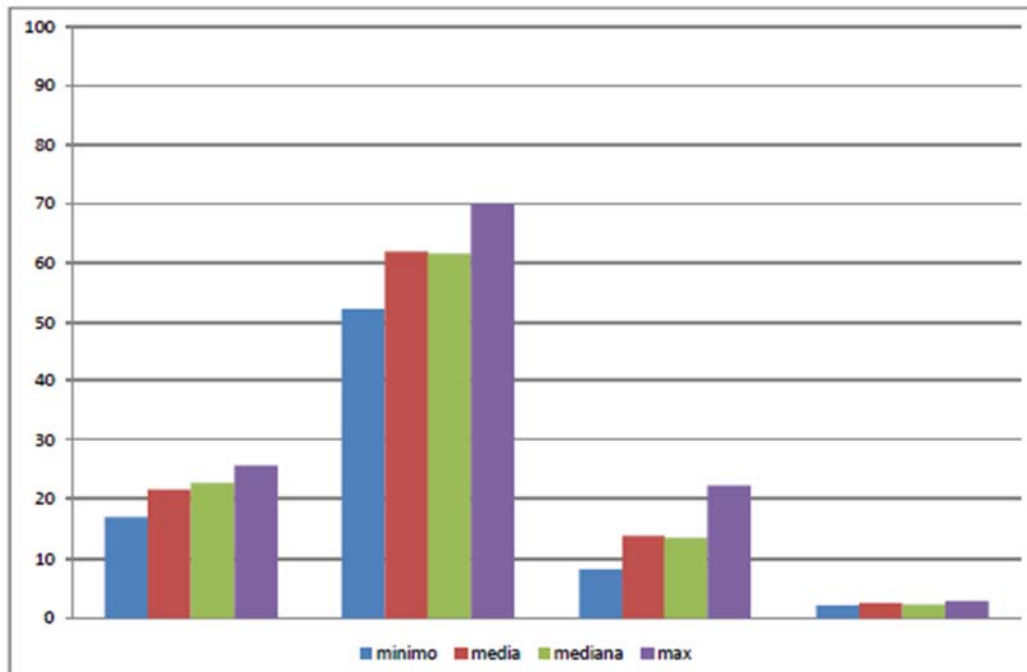
Modulo di Deformazione - $E_{25} = 10-25 \text{ MPa}$

$K_s'' = 4-5 \text{ Kg/cm}^3$

In alcune prove di taglio diretto si è intercettata una coesione inferiore a 3 kPa, ma questa, date le granulometrie medio-grossolane va cautelativamente considerata nulla. Una prova di compressione ELL, con $C_u = 10,6 \text{ kPa}$, ha significato solo locale. Il comportamento geomeccanico è decisamente frizionale, con coesione nulla; la deformabilità è media.

C - Cineriti

Questi terreni sono costituiti granulometrie limose-sabbiose fini, di origine vulcanica, rimaneggiati in ambiente marino, con sparsi elementi millimetrici e centimetrici di origine vulcanica; localmente si individua la presenza di livelletti organici. La distribuzione degli elementi di origine vulcanica all'interno della matrice cineritica è risultata prevalente.



La matrice cineritica determina una bassa plasticità della matrice ($LL = 20-30\%$; $IP = 3-7$); localmente si sono misurati valori di LL inferiori alla umidità naturale determinando valori negativi dell'indice di consistenza.

Si valutano i seguenti parametri fisico-meccanici:

Densità - γ (kN/m^3)	16-17
Umidità naturale - W_n (%)	20-40
Angolo di attrito - ϕ'	30-32
Coesione drenata - C' (kPa)	0-5
Modulo Edometrico - E_{ed} (MPa)	15-18
Modulo di Taglio - G_0 (MPa)	150-180

In alcuni livelli prevalentemente cineritici si sono eseguite due prove di compressione ELL , con $C_u = 10-15$ kPa, e due prove udometriche ($E_{ed} = 17$ MPa) che hanno però un significato solo locale, dato il carattere prevalentemente frizionale.

Le prove penetrometriche SPT hanno dato valori variabili da 20 a 48 colpi/30cm; questi valori sono indice di addensamenti medi.

Densità Relativa - $D_r = 42-70\%$

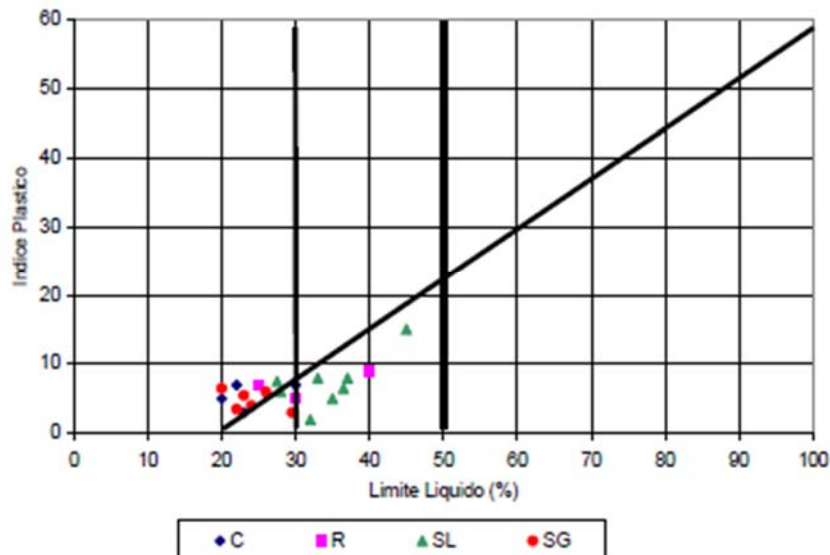
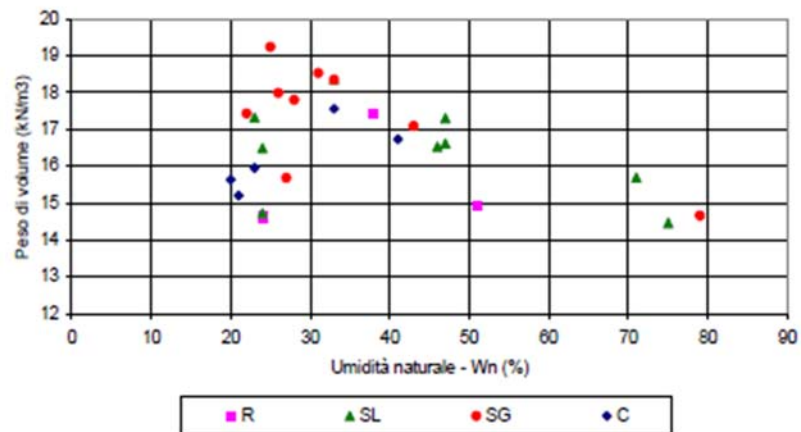
Angolo di attrito di picco - $\phi' = 33-35^\circ$

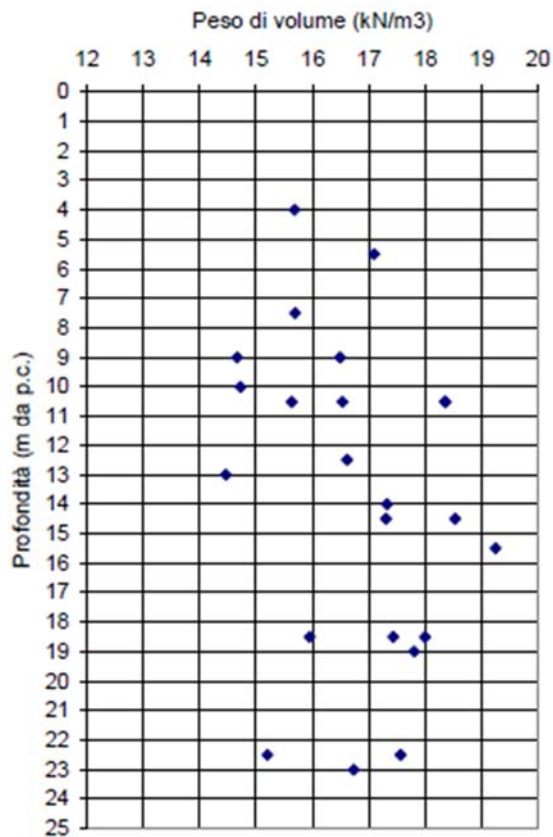
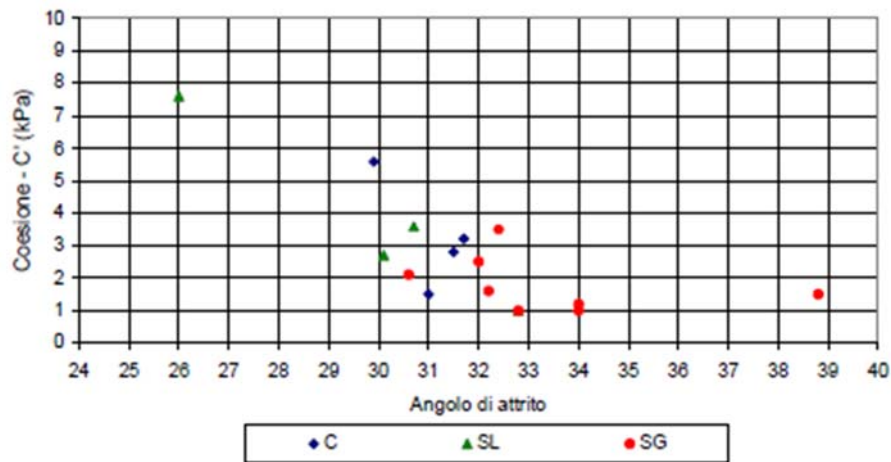
Modulo di Deformazione - $E_{25} = 18-35$ MPa

$K_s'' = 6-7 \text{ Kg/cm}^3$

Il comportamento geomeccanico è prevalentemente frizionale, con coesione sempre molto bassa fino a trascurabile; la deformabilità è media. Rimandando ai certificati di laboratorio per una più precisa analisi dei risultati geotecnici, alla fine del presente rapporto si allega in forma tabellare una sintesi dei dati geotecnici di laboratorio.

I grafici seguenti mostrano alcune relazioni fra vari parametri fisico-meccanici dei terreni marincostieri sopra descritti e la loro variabilità con la profondità.





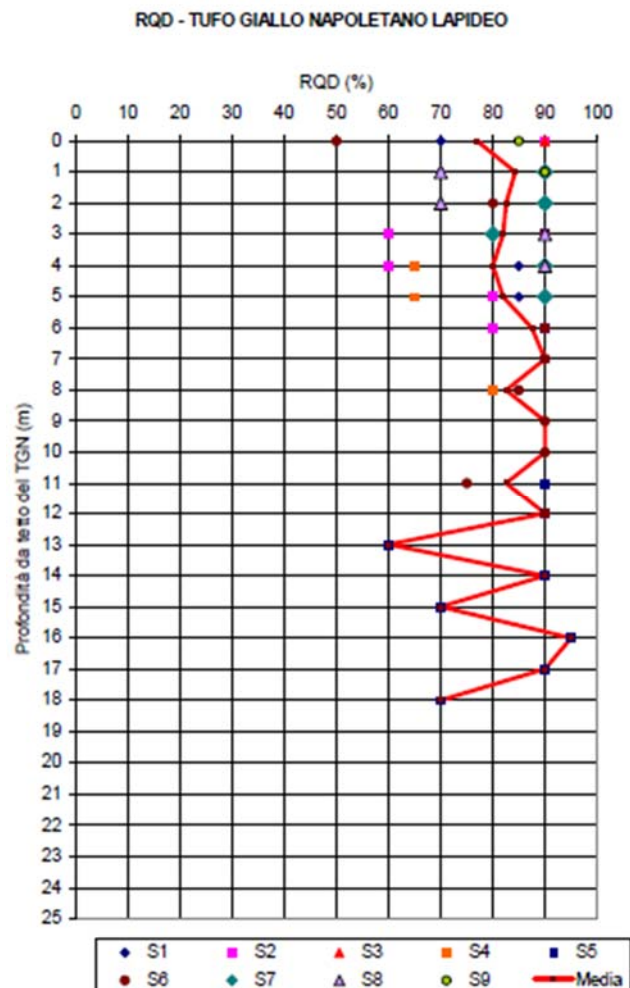
Alla fine del presente rapporto vengono inoltre allegati in forma tabellare i valori penetrometrici SPT ottenuti, associati ad alcuni parametri geomeccanici interpretati.

TUFO GIALLO NAPOLETANO – TGN (Olocene)

Il substrato che sostiene la suddetta serie stratigrafica marina-costiera è rappresentato dal Tufo Giallo Napoletano; trattasi di una piroclastite massiva, lapidea, poco a nulla fratturata, con matrice cineritica giallastra ed incluse minute scorie pomicee e laviche.

Dai sondaggi si individua un membro superiore alterato (TGNA), di spessore variabile da pochi decimetri ad alcuni metri, con consistenza da addentata a semilapidea (cappellaccio); in questo membro superiore è stato eseguito un solo campionamento nel sondaggio S3 che ha dato valori simili al TGN non alterato.

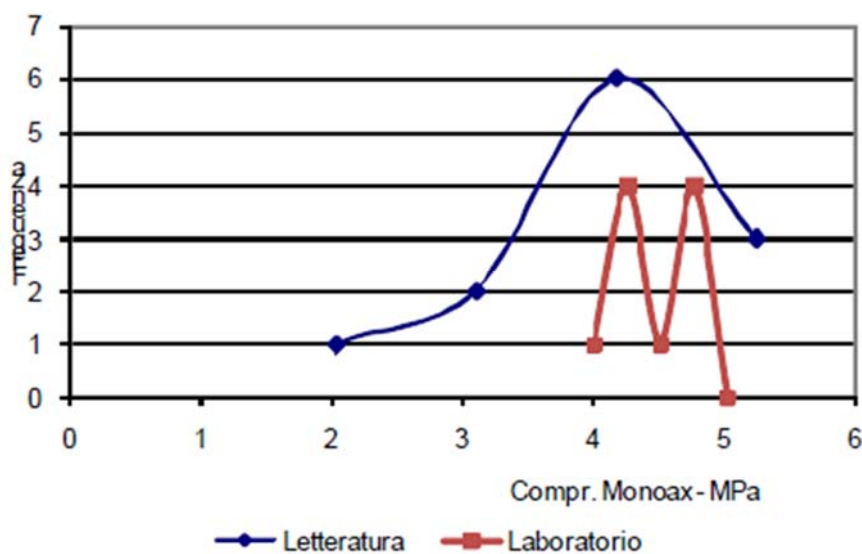
In corrispondenza della facies lapidea, dai carotaggi si evidenziano valori di RQD (Rock Quality Designation) piuttosto elevati (70-90%), come mostra il grafico nella figura successiva.



Si sottolinea che le discontinuità presenti nell'ambito del TGN sono relative a stress di raffreddamento della colata piroclastica e non a stress tettonici.

In laboratorio, oltre che la misura del peso di volume e dell'umidità, sono state eseguite prove di compressione monoassiale su spezzoni di carota; alla fine del presente rapporto è allegato in forma tabellare i risultati di laboratorio, con associati alcuni parametri calcolati in questa sede (n , S_r , γ_d , γ_{sat} , γ'). I valori di compressione monoassiale, relativi al TGN localizzato al di sotto del livello marino e pertanto in condizioni naturali di sostanziale saturazione, hanno dato valori di $\sigma_f = 4-5$ MPa, in sostanziale accordo con i dati di letteratura relativi a campioni prelevati in superficie in varie località della città di Napoli, come mostrano la seguente tabella (Evangelista-Pellegrino, 1990)

Località	RQD (%)	Porosità (%)	Compr. Monoax - media σ_f (MPa)
S. Croce Policlinico		54,2	4,27
Rione Alto Tangenziale	67	55,8	3,41
Galleria Vomero		53,9	3,12
Montedonzelli-Vomero	60	51,4	5,26
Posillipo-Piedigrotta		53,7	3,2
Cava Mangone		56,7	2,05
S.Rosa-Piazza Artisti	66	51,9	4,19
Museo Mater Dei	64	54,0	3,76
Fontanelle Capodimonte		56,3	3,75
Cava Rachlin			4,16
Centro Direzionale		61,0	2,71
S.Giovanni a Teduccio			4,77
media	64,25	54,89	3,72
min	60	51,4	2,05
max	67	61	5,26



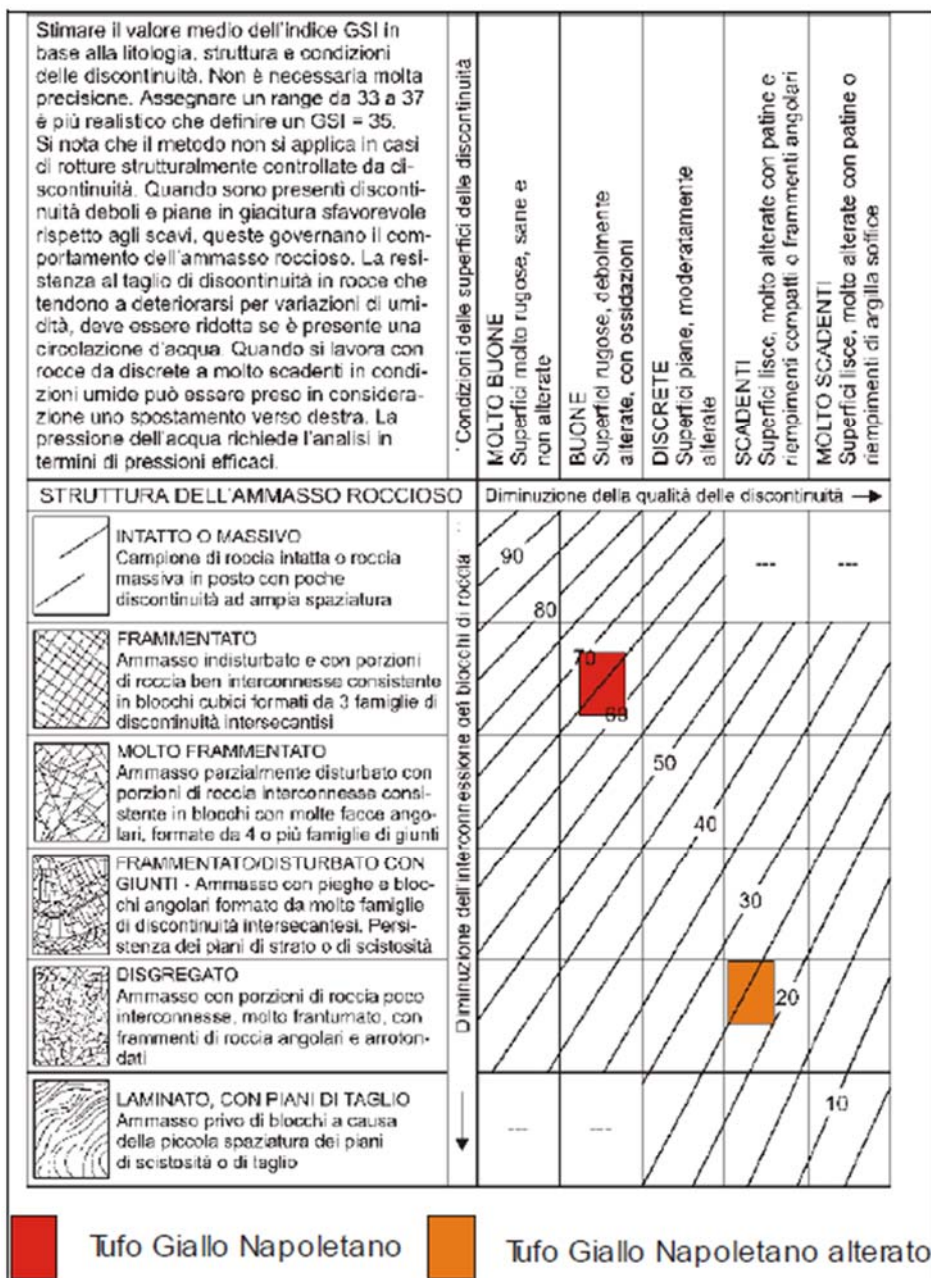
Invece i valori di porosità risultano più bassi ($n = 30-33\%$) rispetto ai dati di letteratura ($n = 60- 70\%$); tale differenza è ascrivibile alla maggiore dimensioni dei granuli del TGN in oggetto rispetto a quello di letteratura (Evangelista & Pellegrino, 1990).

L'assetto geomeccanico è tendenzialmente lapideo-semilapideo e pertanto la parametrizzazione è sviluppata con i modelli della Meccanica delle Rocce. Con riferimento alle problematiche del presente studio la classificazione degli ammassi rocciosi è sviluppata attraverso il metodo GSI (Geological Strength Index, 2002-2007) proposto da Hoek&Brown.

Il Metodo di Hoek&Brown richiede la definizione dei seguenti parametri principali:

- Geological strength index (**GSI**)
- Resistenza a Compressione Monoassiale della roccia intatta (σ_c)
- Parametro per roccia intatta (**mi**)

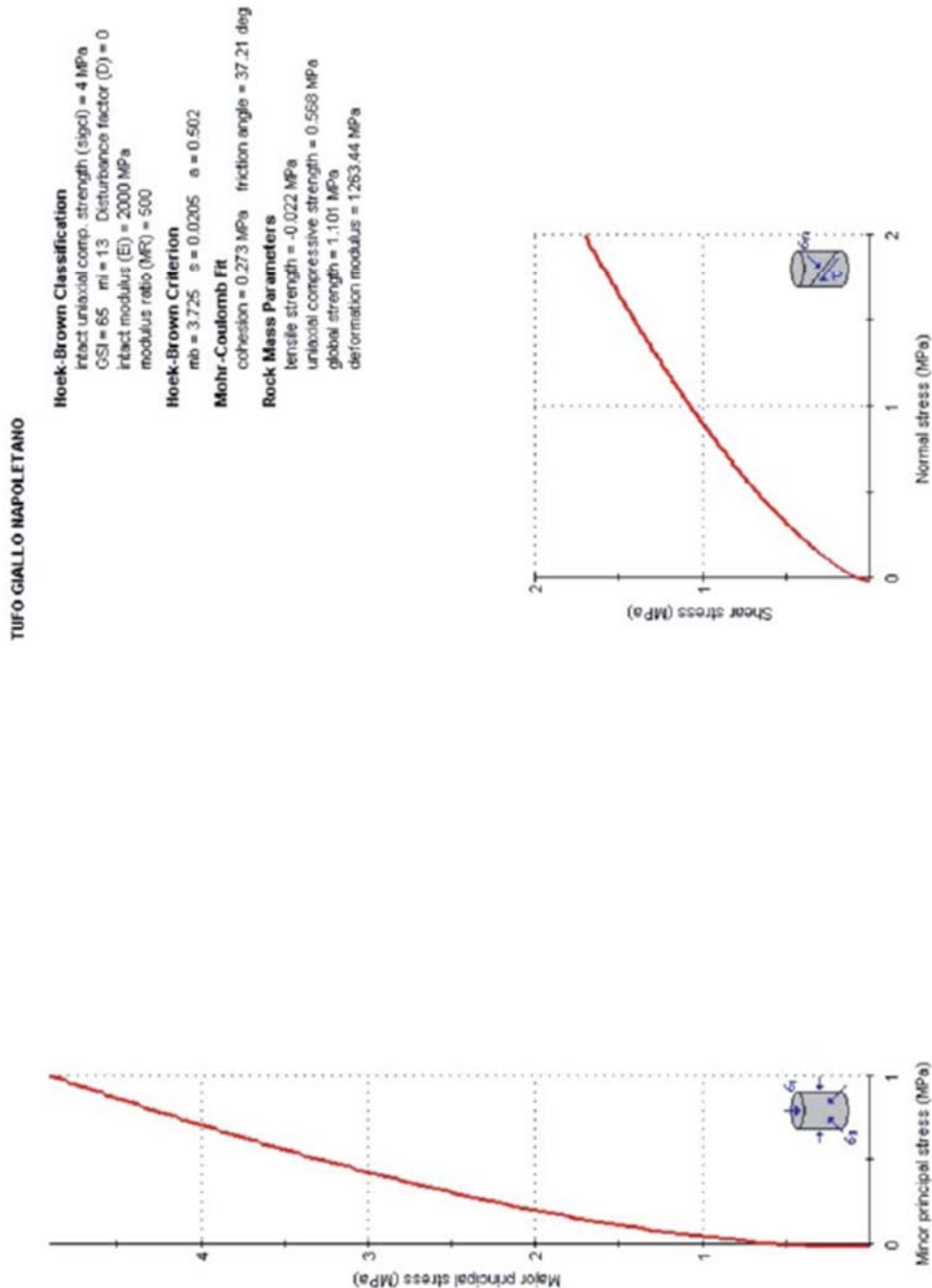
Il valore di GSI si valuta in base a considerazioni geostrutturali dell'ammasso



Per la implementazione del metodo GSI si assumono i seguenti parametri di input:

	TUFO GIALLO NAPOLETANO	TUFO GIALLO NAPOLETANO ALTERATO
Compr. Monoax - σ_c (MPa)	4	1
Geological strength index –(GSI)	65	25
Parametro per roccia intatta (mi)	13	19

Dal valore di GSI, utilizzando un software dedicato Rock-Lab 3.1 (Hoek, 2011), si stimano i parametri di resistenza al taglio degli ammassi rocciosi secondo il Modello Mohr-Coulomb (ϕ , C), nonché la resistenza Tensile ed un Modulo di Deformazione dell'ammasso sano ed alterato.



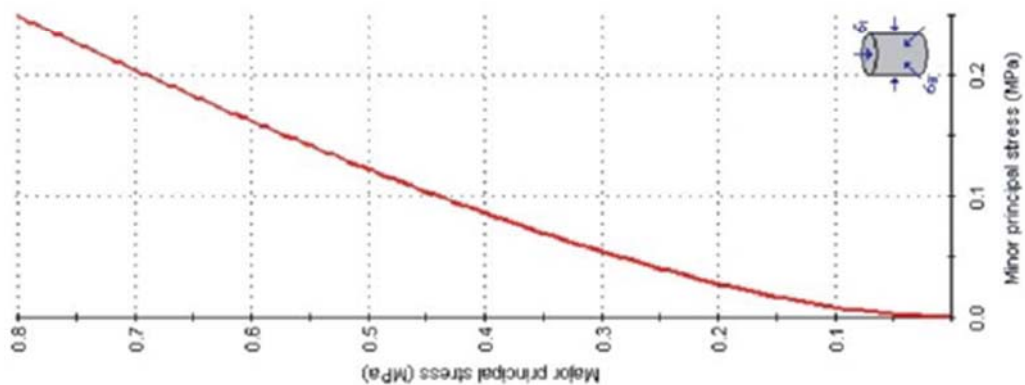
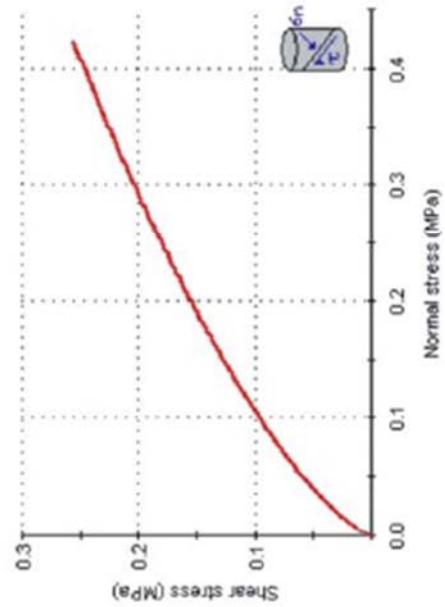
TUFO GIALLO NAPOLETANO ALTERATO

Hoek-Brown Classification
 intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 1 MPa
 GSI = 25 m_i = 19 Disturbance factor (D) = 0
 intact modulus (Ei) = 200 MPa
 modulus ratio (MR) = 200

Hoek-Brown Criterion
 m_b = 1.305 s = 0.00002 a = 0.531

Mohr-Coulomb Fit
 cohesion = 0.040 MPa friction angle = 28.39 deg

Rock Mass Parameters
 tensile strength = -0.000184 MPa
 uniaxial compressive strength = 0.012 MPa
 global strength = 0.134 MPa
 deformation modulus = 11.97 MPa



Per il Tufo Giallo Napoletano, e per le due facies sopra descritte, si assumono pertanto i seguenti

RTP Incaricato:
 COOPROGETTI soc. coop. (Capogruppo)
 RPA s.r.l.
 LAMBERTO ROSSI ASSOCIATI
 D'AGOSTINO ASSOCIATI s.r.l.
 Arch. Domenico De Maio

parametri fisico-meccanici:

	TGN lapideo	TGNA alterato
Peso di volume - γ (kN/m ³)	19-20	17-19
Porosità (%)	30-33	-
RQD	70-90	0-30
Resistenza a Compressione Monoassiale - σ_f (MPa)	4-5	1-2
Angolo di attrito ammasso	37	28
Coesione ammasso - C (MPa)	0,27	0,04
Modulo di Deformazione ammasso - E (MPa)	1263	12
Modulo di Taglio - G_0 (MPa)	700-900	-

In base a dati di letteratura si valuta, per il Tufo Giallo Napoletano lapideo, un Modulo di deformabilità $E = 1500$ MPa (Maiorano et Alii, 2002).

5. Pericolosità sismica di base

La difficoltà di conoscere in misura soddisfacente la natura meccanica e la geometria delle sorgenti sismiche e i meccanismi di propagazione delle onde dalla sorgente all'area bersaglio, rendono poco praticabile un approccio deterministico del problema della scuotibilità di una determinata zona.

Perciò il problema sismico viene affrontato normalmente secondo un approccio di tipo probabilistico grazie alle notevoli informazioni presenti per il territorio italiano riguardo ai terremoti storici riportati in appositi cataloghi. Partendo da questi cataloghi, attraverso modelli statistici, è possibile valutare la probabilità di occorrenza o di eccedenza di un terremoto di determinate caratteristiche. Secondo tale criterio è stata elaborata una mappa della pericolosità sismica del territorio italiano, approvata dalla Commissione Grandi Rischi, nella seduta del 6 aprile 2004 e successivamente aggiornata (Fig. successiva). Tale carta, redatta in termini di accelerazione massima al suolo su un suolo di riferimento di Cat. A, fornisce la base di partenza per la valutazione dell'azione sismica come previsto dalla vigente normativa (D.M. 17.01.2018).

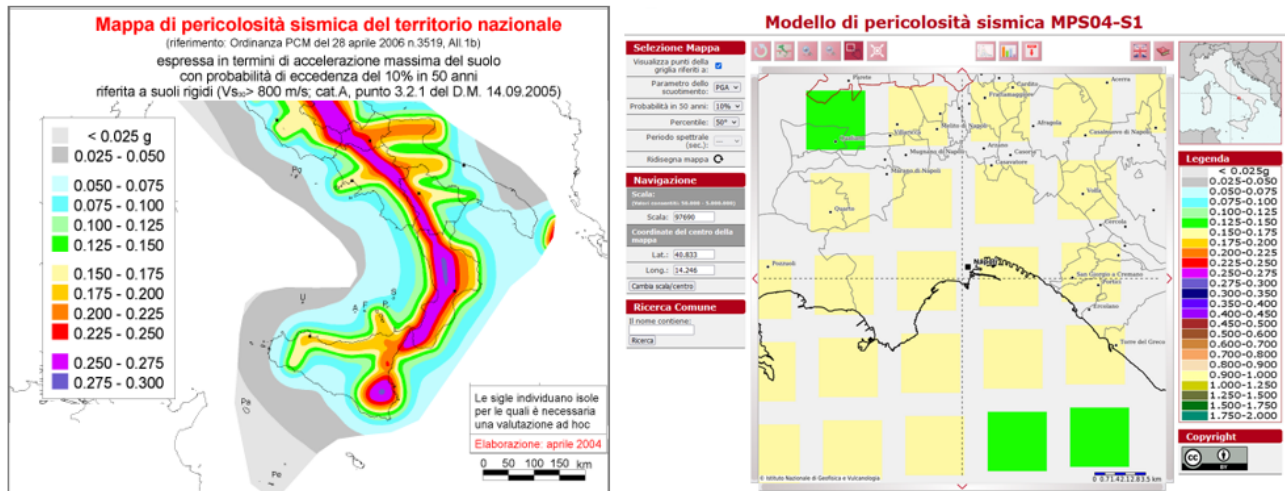


Figura 8 Stralcio della mappa di pericolosità sismica dell'Italia meridionale (INGV) (sinistra) Dettaglio della Mappa interattiva di pericolosità sismica del territorio di interesse. INGV. (destra)

Le figure precedenti evidenziano valori di accelerazione massima per il sito in oggetto compresi tra 0.150 e 0.175g. La pericolosità sismica di base, dunque, costituisce l'elemento di conoscenza primario per valutare l'azione sismica sulle costruzioni ed è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in un determinato sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore fissato.

Tale grandezza, compatibilmente con quanto prescritto dalla NTC, è dotata di un buon livello di dettaglio sia in termini geografici che temporali. Infatti, è definita mediante valori di accelerazione orizzontale massima a_g in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi non distano più di 5 Km e per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno TR ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni. Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito dell'INGV.

5.1 Modellazione sismica di sito e azione sismica di progetto

L'Aggiornamento delle Norme Tecniche sulle Costruzioni (D. Min. Infrastrutture 17 gennaio 2018) raccolgono, modificano e organizzano le norme introdotte con le NTC 2008 e con il D.M. N°3274/2003 e riconoscono, come già facevano le precedenti norme, che anche in terreni ricadenti all'interno di un'area avente la stessa classificazione, la risposta sismica può non essere omogenea, e subire incrementi o riduzioni strettamente dipendenti dalle situazioni geologiche, lito-stratigrafiche e geomorfologiche locali.

Pertanto, alla sismicità caratteristica del sito deve essere associato uno studio specifico sulla risposta sismica locale che in sostanza deriva dalla storia geologica del sito e che consente la definizione dell'azione sismica di progetto.

Qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II delle NTC 2018, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulle caratteristiche topografiche del sito e sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s . (par. 3.2.2 delle NTC18).

Per contro, nel caso non siano soddisfatte le condizioni sopra menzionate e/o laddove si ritiene necessario ottenere un maggior dettaglio di quelle che sono le accelerazioni massime attese al sito ai fini della definizione dello spettro di progetto sito-specifico, l'effetto della risposta sismica locale deve essere valutato mediante analisi specifica per come previsto nel § 7.11.3 delle NTC 18.

5.2 Caratterizzazione sismica – categoria di suolo

Le Norme Tecniche 2018, come appena richiamato, stabiliscono che, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto è necessario valutare l'effetto della risposta sismica mediante specifiche analisi, in alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II delle norme (figura successiva), si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_s per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2 delle NTC 2018. Le categorie di suolo standard previste dalla normativa sono le seguenti:

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

I valori di VS sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Dove: h_i = spessore dello strato in metri; V_i = velocità delle onde di taglio (per deformazioni $\sigma < 10^{-6}$ dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei primi H metri di profondità dove H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s).

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro V_{S30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

5.3 Caratterizzazione sismica mediante V_{S30}

Per il caso specifico, ai fini dell'identificazione della categoria di suolo, avendo a disposizione i dati sismici provenienti dalle Down-Hole eseguite nelle campagne geognostiche precedenti, la classificazione è stata effettuata in base ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio entro i primi trenta metri di profondità scaturiti dalle prove Down-Hole.

Da tali indagini si ricava, cautelativamente:

Profondità da p.c. (m)		
	$V_{seq}=V_{s305}$	Categoria di s.suolo
0	230 m/s	C

In base alla prova geofisica in foro tipo Down-Hole eseguita nel sondaggio S6, si è ottenuto un valore di $V_s 30 = 230$ m/sec, pertanto, con riferimento alle normative vigenti, riferibile ad una Categoria di Sottosuolo tipo C.

Si sottolinea però che tale valore è riferito ad una successione stratigrafica nella quale il Tufo Giallo Napoletano è a circa 27 m di profondità e non è stato intercettato dalla energizzazione della prova.

Poiché nell'area in esame il Tufo Giallo Napoletano è presente a profondità anche minori, fino a circa 5 m dal p.c., la sua presenza a diverse quote influisce sul valore del parametro V_s30 .

Le nuove indagini permetteranno di definire in dettaglio la categoria di sottosuolo da adottare per gli interventi in progetto.

Allo stato attuale, si ripete, per la definizione dell'azione sismica di progetto con l'approccio semplificato si può fare riferimento a una categoria di sottosuolo di tipo C.

Amplificazione Topografica

Una corretta determinazione della risposta sismica locale deve considerare, oltre all'amplificazione stratigrafica, l'andamento del profilo topografico dell'area in cui si colloca il fabbricato in esame. A tal proposito le NTC 2018 attraverso la tabella 3.2. IV, forniscono quattro categorie topografiche, distinte sulla base della configurazione e dell'inclinazione media del profilo, utili per la scelta del coefficiente di amplificazione topografico S_T , strettamente connesso con tali categorie (Tab. 3.2.VI delle NTC-18):

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$

T3	<i>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$</i>
T4	<i>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$</i>

Le stesse norme tecniche stabiliscono, inoltre, che, se l'altezza del pendio è inferiore ai 30 metri la categoria topografica da assegnare è sempre T1.

Il coefficiente Topografico ST, utile ai calcoli di amplificazione sismica, varia in funzione della categoria topografica e, una volta individuata la categoria, la sua variazione spaziale è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità fino alla base dove ST assume valore unitario.

Categoria	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	ST
T1	-	1,00
T2	<i>In corrispondenza della sommità del pendio</i>	1,20
T3	<i>In corrispondenza della cresta del rilievo</i>	1,20
T4	<i>In corrispondenza della cresta del rilievo</i>	1,40

Nel caso in esame il sito di progetto si trova in area sub-pianeggiante per cui in categoria **T1** con coefficiente topografico ST di amplificazione pari a 1,00.

6. Nuove indagini

In virtù delle caratteristiche essenziali dell'intervento di progetto e del sito su cui esso insiste e sulla base delle precedenti indagini e degli studi preliminari sopra sintetizzati è stato sviluppato un progetto di indagini geognostiche dirette e indirette volte alla ricostruzione dell'assetto geometrico dei corpi geologici nel sottosuolo e delle loro caratteristiche sismiche e geotecniche nonché all'individuazione di eventuali emergenze archeologiche del sito. Le indagini e i rilievi - condivisi da tutti i progettisti - saranno realizzate in conformità a quanto disposto dalle NTC 2008, NTC 2018, dalle Norme e Raccomandazioni AGI, ANISIG, ASTM CNR-UNI, e dagli Eurocodici 7 e 8 consentendo valutazioni di merito sul volume geologico significativo dal punto di vista stratigrafico, geotecnico e sismico in modo da definire le interrelazioni di carattere dinamico di origine geologica o antropica influenzanti l'opera e pervenire al modello geologico e

geotecnico del sito su cui sarà realizzato il parcheggio interrato e l'adeguamento dei Magazzini generali.

In merito alla definizione della campagna d'indagine geognostica, si osserveranno i seguenti criteri:

- *Tecnico-Normativi (con riferimento alle Normative nazionali e regionali in vigore);*
- *Conoscitivi (associati alle informazioni ad oggi disponibili sull'area, legate alle pregresse indagini, ma anche alla documentazione di progetto disponibile).*

Gli obiettivi della campagna geognostica oggi progettata saranno quindi quelli di verificare e, eventualmente, confermare, le evidenze litostratigrafiche e geotecniche descritte nelle pagine precedenti, approfondendo di fatto le conoscenze sui rapporti geometrici reciproci tra le diverse unità con particolare riferimento alla ricostruzione del tetto lapideo della formazione tufacea la cui esatta ricostruzione sarà di fondamentale importanza sia per il corretto dimensionamento dei diaframmi/paratie del parcheggio interrato sia per analizzare gli effetti di eventuali amplificazioni sismiche sulle coperture terrigene sovrastanti che potrebbero generare gravose sollecitazioni sulle strutture in progetto e/o su quelle esistenti.

Considerando altresì la considerevole quantità di materiale da sbancare per la realizzazione del parcheggio parte della campagna geognostica sarà rivolta anche alla caratterizzazione ambientale delle terre e rocce da scavo ai sensi del DPR 120/2017 e del D.Lgs 152/2006 e ss.mm.ii in modo da definire il loro eventuale riutilizzo e/o il conferimento a discarica.

In particolare, si prevede di realizzare le seguenti prospezioni:

- *N. 2 Sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti fino a 30 m dal p.c. (S1 e S2) con prove in foro (SPT, permeabilità) e prelievo di campioni in modo da definire i rapporti giaciture reciproci tra le coperture terrigene e il substrato litoide oltre a permettere la caratterizzazione stratigrafica, idrogeologica, geotecnica e ambientale delle litologie presenti nel volume significativo. Un sondaggio sarà attrezzato con strumentazione piezometrica (S2) mentre S1 sarà strumentato per eseguire misure sismiche in foro (Down-Hole).*
- *N. 6 Sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di circa 5 metri dal p.c. (SA_01, SA_02, ..., SA_06) attrezzati con strumentazione piezometrica con prelievo di campioni (terre ed acque) da sottoporre ad analisi ambientale in accordo con la normativa sulla gestione di terre e rocce da scavo (DPR n.120/17) e sui rifiuti (D.Lgs 152/2006 e s.m.i.);*
- *N. 3 indagini sismiche di tipo MASW che, permetteranno di determinare la categoria di sottosuolo ai sensi delle NTC lungo tutto il lotto in esame.*

- *N. 3 indagini sismiche a rifrazione che correlate alla prova Down-Hole permetteranno di determinare di ricostruire l'assetto sismostratigrafico lungo tutto il lotto e, in particolare, ricostruire l'andamento del tetto del substrato tufaceo.*
- *N.8 indagini sismiche di tipo passivo HVSR per l'individuazione della profondità e della morfologia del substrato lapideo e del bed-rock sismico, parametri necessari per la modellazione sismica del sito e per le conseguenti analisi specifiche. La prova sarà finalizzata inoltre all'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito, correlabili ai cambi litologici presenti sia all'interno degli orizzonti superficiali che nel substrato profondo*
- *Prove di laboratorio sui campioni prelevati nel corso dei sondaggi da cui si ricaveranno le principali caratteristiche geotecniche, dinamiche e di resistenza sia dei terreni superficiali sia del substrato a consistenza lapidea.*

Per le analisi chimico-fisiche sui terreni da scavo, il prelievo dei campioni sarà eseguito ai sensi all'Allegato 2 del DPR N.120/2017 (Procedure di campionamento in fase di progettazione). Sui campioni di terreno, in accordo alla profondità di prelievo, saranno ricercati diversi set di parametri allo scopo di verificare l'assenza di contaminazione dei terreni con riferimento al set analitico minimale previsto dall'Allegato 4 al DPR N.120/2017 (Reg. recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo).

Nei casi in cui le terre e rocce da scavo dovessero contenere materiali di riporto sarà effettuato il test di cessione ai sensi dell'art. 9 del DM Ambiente 5 febbraio 1998 secondo le metodiche di cui all'Allegato 3 del medesimo decreto, per i parametri pertinenti. Il numero di campioni è stato tarato in funzione di quanto richiesto dalla normativa e del numero di eventuali punti critici del sottosuolo investigato.

Nelle successive tabelle è sintetizzato il piano delle indagini da realizzare sottolineando che esso potrà comunque variare in funzione degli effettivi riscontri in corso d'opera e/o per difficoltà logistiche.

PROSPEZIONE	Quantità (n.)
Sondaggi meccanici a carotaggio continuo	8
Standard Penetration Test	7
Prove di permeabilità di tipo LUGEON	2
Prove di permeabilità di tipo LEFRANC	2
Piezometri	7
Stendimenti indagine sismica rifrazione in onde P	3
Indagine sismica di tipo MASW	3
Indagine sismica di tipo passivo HVSR	8
Analisi chimiche su campioni per caratterizzazione ambientale TRS	24
Analisi chimiche su campioni per caratterizzazione ambientale acque	7
Campioni di terreno da sottoporre analisi geotecniche di laboratorio	6
Campioni di roccia da sottoporre analisi geotecniche di laboratorio	3

Tabella 1 – Schema riepilogativo nuove indagini

Nelle successive tabelle sono riportate le lunghezze di ciascuna prospezione.

SONDAGGI MECCANICI		STENDIMENTI SISMICI A RIFRAZIONE		STENDIMENTI SISMICI TIPO MASW	
S _x	LUNGHEZZA (m)	M _x	LUNGHEZZA (m)	MW _x	LUNGHEZZA (m)
S1	30	M1	144	MW1	48
S2	30	M2	120	MW2	48
S1_A	5	M3	144	MW3	48
S2_A	5				
S3_A	5				
S4_A	5				
S5_A	5				
S6_A	5				

Tabella 2 –Lunghezza prospezioni indagini dirette e indirette

Nella tabella seguente sono evidenziate la tipologia e le quantità delle analisi di laboratorio geotecnico da eseguire sui campioni prelevati nel corso dei sondaggi.

PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO		
Sigla	Tipologia Prova	Quantità (n.)
Pv	Peso di volume	9
Ps	Peso specifico	9
W	Contenuto d'acqua	6
Gr	Granulometria	6
LA	Limiti di Atterberg	4
TD	Taglio diretto	3
PLT	Pont Load Test	3
RCM	Resistenza a compressione monoassiale	2
P	Porosità rocce	3

Tabella 3 – Prove di laboratorio da eseguire

Di seguito il set minimale di analiti da ricercare invece nei campioni ambientali per la caratterizzazione delle terre e rocce da scavo e delle acque di falda.

Tabella 4.1 All. 4 DPR 120/2017 - Set analitico minimale		
Analiti	Quantità (n.)	
	Acque	Terre
Arsenico	7	24
Cadmio	7	24
Cobalto	7	24
Nichel	7	24
Piombo	7	24
Rame	7	24
Zinco	7	24
Mercurio	7	24
Idrocarburi C>12	7	24
Cromo totale	7	24
Cromo VI	7	24
Amianto	7	24
BTEX *	7	24
IPA*	7	24

Tabella 4 – Prove di laboratorio chimico da eseguire

La tabella successiva riporta invece lo schema dei prelievi e delle prove (in foro e laboratorio) da eseguire nel corso dei sondaggi.

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

Prof	Sond	S1DH	S2PZ	S1_A1-PZ	S1_A2-PZ	S1_A3-PZ	S1_A4-PZ	S1_A5-PZ	S1_A6-PZ
1									
2		Ct:Pv, Ps, W, LA, TD, Gr	SPT	CA*	CA*	CA*	CA*	CA*	CA*
3		SPT							
4		LEF	Ct:Pv, Ps, W, Gr, LA						
5		SPT		FF	FF	FF	FF	FF	FF
6		SPT							
7		Ct:Pv, Ps, W, TD, Gr, LA							
8									
9			SPT						
10		SPT	Ct:Pv, Ps, W, TD, LA						
11			LEF						
12		Ct:Pv, Ps, W, TD, Gr							
13									
14		LUG	SPT						
15			Ct:Pv, Ps, W, Gr						
16									
17									
18									
19									
20		Cl: Pv, PLT, RCM, P							
21									
22			Cl: Pv, PLT, RCM, P						
23			LUG						
24									
25		Cl: Pv, PLT, P							
26									
27									
28									
29									
30		FF	FF						

LEGENDA SIMBOLI	
Sn	Sondaggio a c.c
Sn_A	Sondaggio ambientale a c.c.
Pz	Strumentazione piezometrica
DH	Strumentazione DOWN-HOLE
Ct	Campione terra
Cl	Campione lapideo
CA	Campione ambientale terre e acque
Pv	Peso di volume
Ps	Peso specifico
W	Contenuto d'acqua
Gr	Granulometria
LA	Limiti di Atterberg
TD	Taglio diretto
PLT	Pont Load Test
RCM	Resistenza a compressione monoassiale
P	Porosità
SPT	STANDARD PENETRATION TEST
LEF	Prova di permeabilità Lefranc
LUG	Prova di permeabilità Lugeon
FF	Fondo Foro

Tabella 5 – Tabella riepilogativa dei prelievi e delle prove in foro. * esplicitato nella tabella successiva

Infine, la tabella 6 riepiloga lo schema dei prelievi e delle indagini ambientali da eseguire nel corso delle perforazioni.

PIANO DI CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE TERRE E ROCCE DA SCAVO									
ID. campione	Tipologia campionamento		OPERA	Profondità prelievo (m) da p.c.		N°campioni ambientali Tab. 4.1 All. 4 D.P.R. 120/17	Analisi caratterizzazione rifiuti solidi (tal quale)	Test cessione	N°campioni acqua sotterranea Tab. 4.1 All. 4 D.P.R. 120/17
	Pozzetto	Sondaggio		da - a	ml	n. campioni prelevati			
SA-01-PZ		X	Parcheggio	0.50 2.50 4.50		3			1
SA-02-PZ		X	Parcheggio	1.00 3.00 4.50		3	1	1	1
SA-03-PZ		X	Parcheggio	0.50 2.50 4.50		3	1	1	1
SA-04-PZ		X	Parcheggio	1.00 3.00 4.50		3	1	1	1
SA-05-PZ		X	Parcheggio	1.50 3.00 4.50		3			1
SA-06-PZ		X	Parcheggio	0.50 2.50 4.50		3	1	1	1
S1-DH*		X	Parcheggio	1.50 4.00 7.00		3			
S2-PZ*		X	Parcheggio	1.00 3.50 8.00		3			1
TOT	4	8				24	4	4	7
<i>Il campionamento eseguito nel sondaggio, dovrà essere eseguito con prelievo di tre incrementi a formare il campione rappresentativo</i>									
<i>Le analisi sul tal quale ed il test di cessione devono essere effettuate su un campione rappresentativo dell'intero scavo</i>									
<i>MATERIALE DI RIPORTO: se il terreno è costituito da materiale di riporto, per classificarlo come sottoprodotto, deve essere effettuato il test di cessione, i cui risultati vanno confrontati con le CSC delle acque sotterranee, di cui alla Tab. 2, All. 5 al titolo 5, Parte IV del D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152, come previsto dall'art. 4, comma 3 del D.P.R. 120 del 2017</i>									
<i>Le analisi chimiche sulle acque sotterranee verranno effettuate utilizzando come limiti di riferimento le concentrazioni soglia di contaminazione (CSC), previste nella tabella 2 dell'allegato 5 al titolo V della parte IV del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii</i>									
<i>I punti di campionamento nominati con asterisco (*) sono coincidenti con le indagini geognostiche (vedi piano indagini geognostiche) e verranno quindi eseguiti contestualmente ed in modalità ambientale al fine di evitare fenomeni di "cross contamination"</i>									

Tabella 6 – Tabella riepilogativa dei prelievi per la caratterizzazione ambientale

La figura 13 mostra l'ubicazione sia delle nuove indagini sia delle indagini eseguite negli anni precedenti.

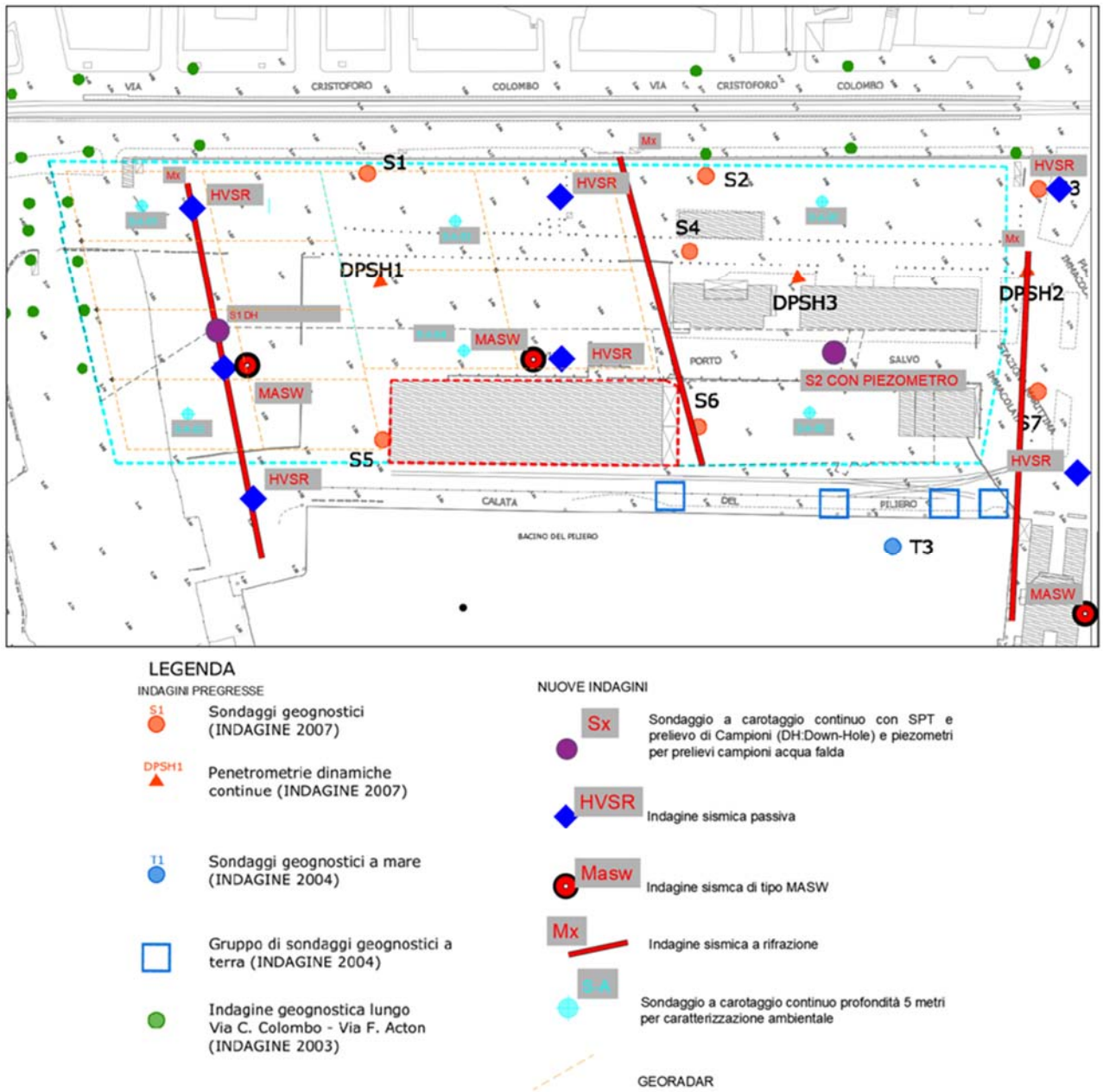


Figura 9 –Stralcio cartografia con ubicazione indagini geognostiche (pregresse e da realizzare)

Il geologo

Dott. Michele Mandaglio