



MINISTERO DELL'AMBIENTE  
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE



Commissario di Governo per le Bonifiche e  
la Tutela delle Acque nella Regione Campania



REGIONE CAMPANIA

**ACCORDO DI PROGRAMMA**

Per la definizione degli interventi di messa in sicurezza e bonifica delle aree comprese  
nel Sito di Interesse Nazionale di Napoli Orientale



**INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA E BONIFICA DELLA FALDA  
DEL SIN NAPOLI ORIENTALE E REALIZZAZIONE DELLA PRIMA FASE ATTUATIVA  
PROGETTO DEFINITIVO**

Titolo elaborato						Tavola					
RELAZIONE GEOLOGICA						ED 03					
Redatto da				Redatto da :							
 <b>SOGESID</b> Project Manager : Ing. Rosanna GRADO 				IL DIRETTORE TECNICO Ing. Carlo MESSINA  				Il Responsabile del Procedimento Ing. Pasquale PARENTE 			
Cod. Commessa		Codice				Nome file					
CAM 805		PD	ED	0	0	3	rev. 2				
						CAM805_PDEG003_2					
						Data : Maggio 2016					
Rev.	Data	Descrizione modifica				verificato		approvato			
0	lug/2015	1ª Emissione									
2	mag/2016	3ª Emissione Riunione Tecnica MATM 8/4/2016									

## INDICE

<b>1. PREMESSA</b>	<b>2</b>
<b>2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO</b>	<b>3</b>
<b>3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO GENERALE</b>	<b>5</b>
<b>4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE</b>	<b>8</b>
<b>5. ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO del SIN</b>	<b>14</b>
<b>6. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE</b>	<b>16</b>
<b>6.1 Cenni sull'evoluzione idrogeologica dell'area</b>	<b>21</b>
<b>7. LE INDAGINI INTEGRATIVE del DICEMBRE 2012</b>	<b>27</b>
<b>8. CONSIDERAZIONI DI CARATTERE LITOTECNICO</b>	<b>45</b>
<b>9. IL SITO dell'INTERVENTO di MARGINAMENTO ex IMPIANTO di DEPURAZIONE ACQUE REFLUE di San Giovanni a Teduccio</b>	<b>48</b>
<b>10. IL SITO del TAF (Impianto di Depurazione Napoli Orientale)</b>	<b>51</b>
<b>11. CARATTERIZZAZIONE SISMICA</b>	<b>53</b>
<b>11.1 Categorie di sottosuolo</b>	<b>57</b>
<b>11.2 Condizioni topografiche</b>	<b>59</b>
<b>11.3 Parametri sismici</b>	<b>60</b>
<b>11.4 Caratteri del sottosuolo</b>	<b>62</b>
<b>12. LA PROVA DOWN-HOLE a San Giovanni a Teduccio</b>	<b>69</b>
<b>13. CONCLUSIONI</b>	<b>71</b>

## 1. PREMESSA

Nell'ambito dei possibili interventi di "Messa in Sicurezza e bonifica delle acque di falda nel SIN di Napoli Orientale" il presente studio fornisce le informazioni e i dati geologici, geomorfologici e idrogeologici necessari per una corretta progettazione finalizzata al contenimento della dispersione della contaminazione e generare le condizioni favorevoli per la bonifica dell'area d'interesse.

A tal riguardo la Legge n. 426 del 9 Dicembre 1998 ha inserito, ai sensi dell'ex D.M. 471/99, le aree di Napoli Orientale tra quelle definite "Siti d'Interesse Nazionale" S.I.N. ai fini della messa in sicurezza, della bonifica e del ripristino



Foto 1 – Foto aerea del SIN di Napoli Orientale (area contenuta all'interno del cerchio delimitato in rosso)

ambientale dei siti inquinati (vd. foto 1).

In particolare, il sito in oggetto, delimitato con Ordinanza Commissariale del 29 Dicembre 1999, emanata dal Sindaco di Napoli in qualità di Commissario Delegato, si estende per circa 830 ettari e comprende alcuni quartieri residenziali della città di Napoli (zona orientale con le circoscrizioni di Barra, Ponticelli, Poggioreale – Zona industriale di San Giovanni a Teduccio).

La necessità di determinare e realizzare interventi urgenti per la protezione del territorio nell'area di Napoli Orientale e delle comunità che vi abitano ha determinato, in data 9 dicembre 1998, la necessità di un "Accordo di Programma per la definizione degli interventi di messa in sicurezza d'emergenza e successiva bonifica nel Sito di Interesse Nazionale – Napoli Orientale", tra Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Regione Campania, Provincia di Napoli, Comune di Napoli.

Il citato accordo, in particolare, definisce un programma operativo per l'attuazione, nei modi e nei tempi, degli interventi di messa in sicurezza, bonifica e recupero ambientale delle aree pubbliche del S.I.N. di Napoli Orientale, così da garantire la loro salubrità e fruibilità.

## **2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO**

L'area oggetto di studio, interessa l'intero SIN di Napoli Orientale e ricade integralmente nel territorio amministrativo del Comune di Napoli e come accennato interessano i quartieri orientali della città quali, Barra, Poggioreale, Ponticelli e San Giovanni a Teduccio con un'estensione complessiva di circa 830 ettari (vd. fig. 1).

Nella perimetrazione è compresa anche un'area marina (entro la batimetrica -50 m) prospiciente la fascia costiera, dove insistono le aree portuali e industriali che si spingono nell'entroterra per oltre 3 km dalla linea di costa.

Gran parte di quest'area, fino alla metà del 400, era caratterizzata, morfologicamente, da una depressione paludosa bonificata attraverso la realizzazione del "Fosso Reale" e una rete di canali drenanti minori che restituirono molti ettari alle pratiche agricole.

Di fatto, oggi la rete idrografica sia naturale sia artificiale (canali di bonifica) non esiste più a causa dello sviluppo urbanistico che ha portato alla "tombatura" di tutti i corsi d'acqua esistenti e alla riconfigurazione morfologica dell'area.

In particolare l'unico corso d'acqua a carattere perenne era il fiume Sebeto che in seguito fu privato di ogni fonte di alimentazione.

Oggi il sito (SIN) è caratterizzato dall'insediamento di aree industriali attive, dismesse o in corso di dismissione, di aree con attrezzature portuali e di quartieri popolari.

L'attività d'industrializzazione del territorio iniziata alla fine del settecento è andata crescendo fino a raggiungere il culmine nel periodo compreso tra gli anni '50-'70 con lo sviluppo d'impianti e complessi industriali, termoelettrici, petrolchimici, meccanici, nonché alimentari, tessili, concerie e vetriere. Nel periodo dopo gli anni '90 fino a oggi, di contro, si è avviato un progressivo processo di deindustrializzazione. Di fatto le attività industriali, di conseguenza, durante il loro esercizio hanno causato un generale degrado ambientale (falda freatica, suoli e fascia costiera) dell'intera area di Napoli Orientale.

Così in particolare, al fine di intercettare le acque di falda contaminate e di evitare anche la loro diffusione verso il mare, è in corso un'azione di coordinamento per assicurare la messa in sicurezza e la susseguente bonifica.

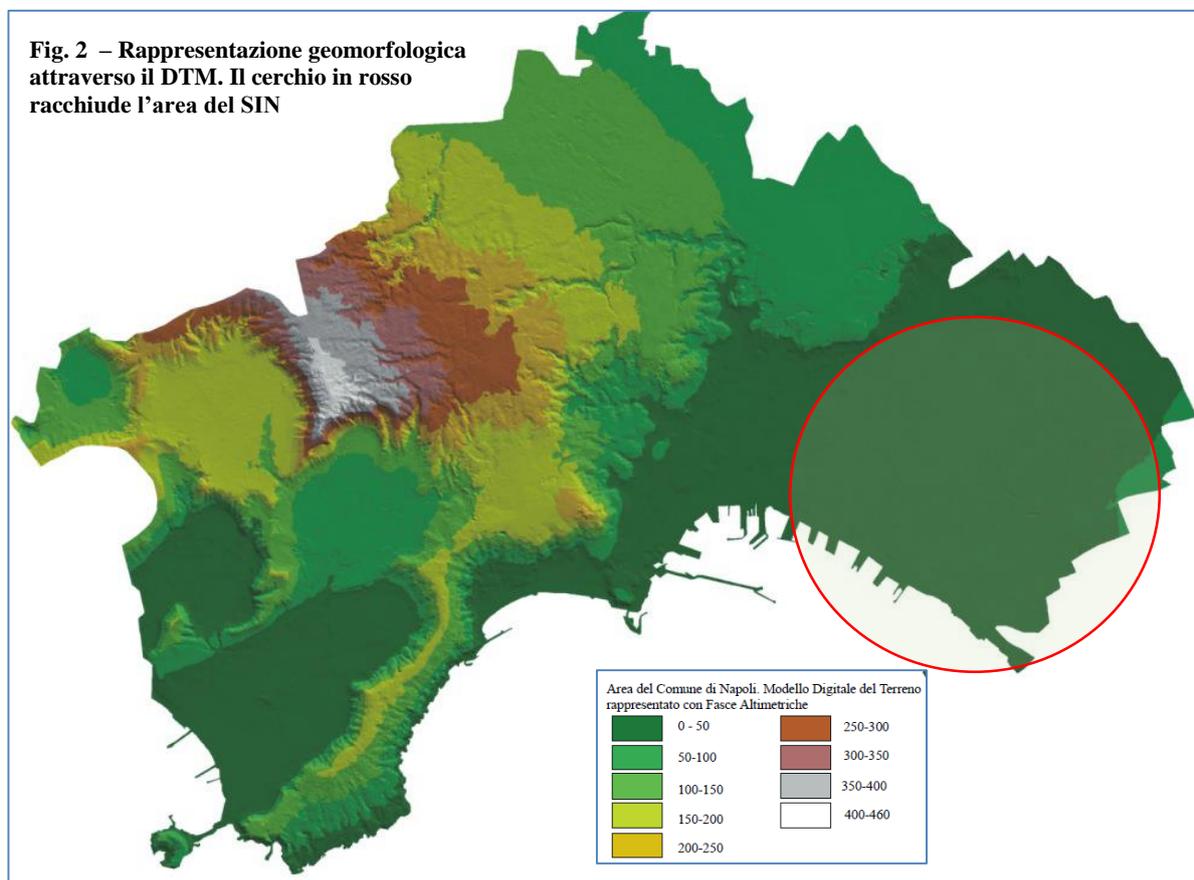
Di fatto, bisogna completare e supportare l'azione delle opere già realizzate quali i tratti di diaframma impermeabili progettati dall'Autorità Portuale di Napoli, dalla Tirreno Power S.p.A. e dal Commissario di Governo per l'Emergenza Bonifiche e della Tutela delle Acque della Regione Campania che coprono già una lunghezza complessiva di circa 2,2 km rispetto un'estensione di circa 5,3 km della linea di costa perimetrata, e prospiciente l'area industriale inclusa nel SIN di Napoli Orientale.



Fig. 1 Stralcio cartografico con la perimetrazione del SIN – Napoli Orientale.

### 3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO GENERALE

La zona a oriente 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'Alvano, 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 (vd. fig. 2).

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.

Essa 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.

In particolare, le ricostruzioni storiche, eseguite attraverso antichi documenti, hanno messo in evidenza che in tempi remoti l'idrografia in questo settore della piana era caratterizzata dalla presenza dei corsi d'acqua del Clanio e del Sebeto (vd. fig.3).

Il naturale deflusso delle acque superficiali dai massicci carbonatici di Avella verso il mare è stato modificato in conseguenza dell'instaurarsi di uno spartiacque superficiale nell'area di

Casalnuovo, per effetto della “Eruzione di Avellino” (detta di Avellino perché i prodotti effusivi del Somma-Vesuvio s’indirizzarono principalmente in quella direzione, è comunque fu preceduta da un periodo d’inattività, testimoniato da un diffuso paleosuolo presente).

Di fatto si depositarono ingenti prodotti effusivi che in seguito con possibili sollevamenti del

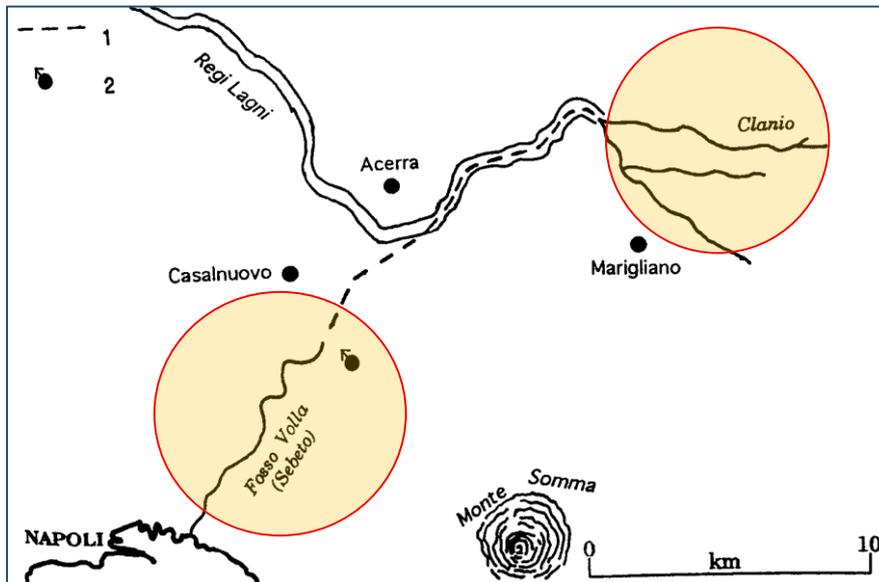


Fig. 3 - Rappresentazione cartografica dei corsi d’acqua Sebeto e Clanio.

suolo avrebbero causato la formazione dello spartiacque superficiale attualmente presente nell’area di Casalnuovo.

Questo limite idrogeologico riuscì a ostacolare il naturale deflusso del corso d’acqua, determinando ristagni d’acqua

nella depressione morfologica formatasi nella zona di Acerra e originando, di conseguenza, delle aree palustri.

Sebbene il corso del Clanio non confluisse più direttamente nell’alveo del Sebeto (vd fig. 3), questo ultimo continuava a essere interessato da portate abbondanti.

Di fatto, è evidente che le sorgenti di Volla da sole non potevano contribuire alle elevate portate del fiume, pertanto, è verosimile presumere che le acque del Clanio, ristagnando nella depressione morfologica di Acerra, s’infiltrassero nel sottosuolo e come ulteriori riemergenze andassero ad alimentare il corso del Sebeto, contribuendo a mantenere le portate (Celico et Alii, ‘95).

L’impoverimento dei deflussi superficiali del fiume Sebeto ha avuto inizio nel 1610 con la costruzione del canale dei Regi Lagni e del Fosso Reale che, con la funzione di bonifica delle paludi, ha ridotto drasticamente i volumi idrici di travaso verso il Fosso Volla (Valle del Sebeto- vd. fig. 4).

In tempi recenti, la contrazione delle portate è proseguita per i ripetuti interventi, tesi alla captazione delle emergenze e al prelievo della risorsa idrica sotterranea mediante pozzi più o meno profondi e alla diffusa impermeabilizzazione superficiale per via dello sviluppo urbano.

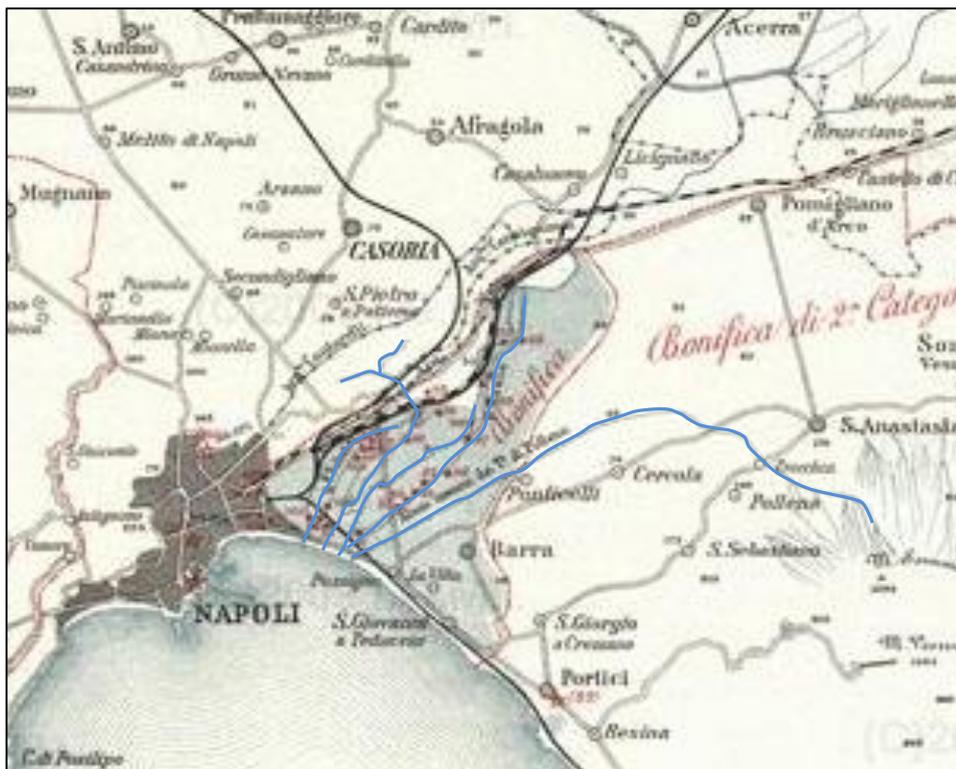


Fig. 4 – In azzurro è rappresentata la valle del Fossa Volla dove scorreva il fiume perenne Sebeto alimentato dalle sorgenti del Volla.



#### 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

La città di Napoli è caratterizzata da un assetto morfologico e litologico peculiare di un territorio interessato da attività vulcaniche e di strutture effusive. Di fatto l'attività effusiva prevalentemente esplosiva ha dato origine a spessi depositi vulcano-clastici quali ceneri, lapilli, scorie e tufi.

La struttura urbana della città è compresa nella Piana Campana che rappresenta un profondo *graben* la cui struttura, di natura carbonatica, è la conseguenza delle fasi tettoniche distensive del Pliocene sup. e del Quaternario.

Il *graben*, in più fasi, è stato colmato da depositi, rimaneggiati a più riprese, piroclastici e alluvionali associati a frequenti depositi di origine marina e palustre; in conseguenza di ciò, l'assetto e la costituzione geolitologica del territorio derivano non solo dai processi tettonici che hanno dato origine alla Piana Campana, ma anche dai successivi eventi vulcanici dei Campi Flegrei e del Somma-Vesuvio.

Tutti i sedimenti che colmarono il *graben* (vd. fig. 5) sono costituiti nella parte basale dai residui della serie cenozoica, quindi dai prodotti effusivi dell'apparato del Roccamonfina e dalla prima attività dei Campi Flegrei, nonché dai prodotti coevi dell'attività erosiva delle acque continentali che avevano sbocco nel braccio di mare che si estendeva tra i monti calcarei e l'attuale edificio del Somma-Vesuvio.

In tempi successivi furono depositati i terreni più superficiali, costituiti da prodotti vulcanici dei Campi Flegrei e del Somma-Vesuvio. Da un punto di vista geologico-strutturale, l'area comunale di Napoli si pone tra il dominio Flegreo e quello Vesuviano.

In particolare l'area orientale, interessata dall'intervento progettuale proposto, è caratterizzata da un profilo topografico contraddistinto da quote variabili tra pochi metri (s.l.m.) delle aree costiere fino a circa 30 metri (s.l.m.) nell'entroterra. L'area è delimitata a ovest dalla congiungente Piazza del Carmine con Piazza Carlo III, a nord-ovest dalla Piana di Terra di Lavoro, a Est dalle pendici del Somma-Vesuvio e a sud dal mare.

Il sistema "fluviale" (torrentizio) è costituito da piccoli impluvi e incisioni, costituenti un reticolo idrografico che è stato stravolto dall'intensa urbanizzazione dell'area. Proprio nella zona orientale della città scorreva, l'unico fiume a carattere perenne, il Sebeto, che nasceva a Tavernanova (Casalnuovo) con le sorgenti del "Bolla" e defluiva fino al mare, sboccando nei pressi del Ponte della Maddalena.

Successivamente, sia l'uso produttivo delle acque (mulini) sia l'emungimento dei pozzi di Lufrano influenzò considerevolmente il livello della falda freatica, determinando una netta riduzione dell'alimentazione del corso d'acqua del Sebeto.



Fig. 5 - Stralcio della Carta geologica scala 1:50.000. Foglio 447 Napoli - ISPRA

**Depositi alluvionali**  
 Depositi sabbioso-ghiaiosi con radi blocchi eterogenei, a struttura laminare o stratoide, affioranti in alveo; blocchi e ciottoli prevalentemente tufacei immersi in matrice sabbiosa di origine piroclastica legati a depositi di tipo torrentizio.  
 OLOCENE RECENTE - ATTUALE

**Depositi di spiaggia attuale e recente**  
 Sabbie da medio fini a grossolane di origine piroclastica contenenti pomice e scorie e ciottoli lavici; ghiaie sabbiose con ciottoli lavici e blocchi prevalentemente tufacei in prossimità delle falesie. Nei litorali flegreo e partenopeo tali sedimenti si presentano a luoghi intercalati a depositi di origine antropica.  
 OLOCENE RECENTE - ATTUALE

**SUBSISTEMA DELL'AGRO NOCERINO-SARNESE**

Il subsistema è compreso tra una superficie di erosione o di non deposizione che interessa il tetto del sottostante subsistema di Scanzano (cfr. Foglio Ercolano) e la superficie topografica. Al suo interno sono riconoscibili i depositi piroclastici distali, medio distali e vulcano-sedimentari presenti nelle parti esterne dell'edificio vulcanico del Somma-Vesuvio ed i depositi fluviali di piana di esondazione, di fondovalle, di conca endoreica e di conoide ad alimentazione mista sia carbonatica che vulcanoclastica (VEF<sub>2a</sub>). Includono limi sabbiosi palustri con livelli di argilla, Patria, Regi Lagni.

**SUBSISTEMA DI CONTRADA ROMANO**

Successione di depositi prevalentemente cineritici finemente stratificati con intercalati livelli di lapilli pomicea da caduta. I depositi poggiano su di uno spesso paleosuolo ocreo ampiamente diffuso sia nei settori interni che esterni alla caldera flegrea, nelle aree di piana circostanti, fino ai contrafforti appenninici o, a luoghi, su depositi marini. Nell'area orientale del foglio tra la città di Napoli e Casoria-Afragola, la parte alta della sequenza comprende depositi piroclastici dell'eruzione vesuviana di Avellino. Tutte le sequenze delle unità litosomatiche o litostratigrafiche sono separate da superfici erosive o paleosuoli. Porzioni di duomi di lava sono riconoscibili nel settore centrale della caldera. Tra le sequenze piroclastiche sono talora visibili depositi epiclastici legati a sedimentazione marina o lacustre-palustre.

**OLOCENE MEDIO - ATTUALE**

Il subsistema è compreso tra una superficie di erosione o di non deposizione che interessa il tetto del sottostante subsistema di Scanzano (cfr. Foglio Ercolano) e la superficie topografica. Al suo interno sono riconoscibili i depositi piroclastici distali, medio distali e vulcano-sedimentari presenti nelle parti esterne dell'edificio vulcanico del Somma-Vesuvio ed i depositi fluviali di piana di esondazione, di fondovalle, di conca endoreica e di conoide ad alimentazione mista sia carbonatica che vulcanoclastica (VEF<sub>2a</sub>). Includono limi sabbiosi palustri con livelli di argilla, Patria, Regi Lagni.

**PIROCLASTITI DI SAN GIUSEPPE VESUVIANO (piroclastiti del 1631 Auctt.)**

Banchi massivi di spessore metrico, a matrice cineritica grossolana ricca in cristalli di leucite e biotite di colore grigio-rosato, contenente lapilli scoriacei fortemente porfirici a leucite, sanidino e biotite e abbondanti litici lavici, riferibili alla deposizione di colate piroclastiche. Nel settore orientale del vulcano è riconoscibile un banco di spessore pluridecimetrico di lapilli scoriacei, porfirici a leucite, di colore grigio chiaro alla base e grigio scuro al tetto, con abbondanti litici lavici, carbonatici, di skam e di cumuliti (deposito piroclastico da caduta a dispersione regionale che costituisce un marker stratigrafico). Composizione da tefritica a tefri-fonolitica. Età 1631 d. C.



Fino a qualche anno fa l'alveo del corso d'acqua era utilizzato impropriamente come collettore fognario; oggi in parte tombato contiene un collettore fognario.

In origine, il corso d'acqua impostò il suo alveo nella depressione che si venne a formare per l'abbassamento della zona orientale, rispetto alla retrostante Terra di Lavoro, probabilmente per un'attività tettonica successiva alla deposizione del Tufo Giallo Napoletano (TGN).

Tale attività abbassò il TGN di circa 90 metri, formando il Golfo del Sebeto, che, circa 10.000 anni b.p. occupava tutta l'area orientale e via via andò interrandosi per l'accumulo di depositi marini (sabbie) e per l'apporto di materiali dalle zone più interne, come dimostrato dai livelli di argille e ghiaie provenienti dalle aree appenniniche retrostanti e anche per l'accumulo di materiale vulcanico (pozzolane, pomici, lapilli) di origine Flegrea e del Somma-Vesuvio.

La presenza del gradino di faglia che ha originato la depressione è ben evidente avvicinandosi alla zona di Poggioreale (Santa Maria del Pianto) dove il rigetto è di circa 70 metri e resta completamente invisibile alla sorgente del "Volla".

La presenza di corsi d'acqua ha determinato il rimaneggiamento dei livelli piroclastico-alluvionali superficiali presenti e ha permesso il deposito di livelli torbosi e paleosuoli. Nel sottosuolo, i livelli torbosi sono depositi in lenti e lembi, più o meno estesi, e dallo spessore variabile. L'orizzonte torboso più superficiale si rinviene tra 5 m e 20 m (s.l.m.) e copre l'area tra Lufrano, Volla e Ponticelli.

Un altro orizzonte torboso si ritrova tra 25 m e 0,0 m (s.l.m.) e si sviluppa in parte nella zona di Lufrano e in parte lungo l'area di costa nella zona della stazione ferroviaria.

Alcuni campioni di torbe superficiali appartenenti a tale orizzonte hanno un'età calcolata con metodi radiometrici ( $^{14}\text{C}$ ) di 5800 anni b.p. e di 4200 anni b.p.

L'orizzonte torboso più profondo si rinviene a - 50 m e a - 30 m (s.l.m.) nella zona costiera, più a sud della precedente, corrispondenti, all'incirca, alla zona di San Giovanni a Teduccio, con un'età ( $^{14}\text{C}$ ) di circa 14.000 anni b.p.

Schematicamente, l'area di interesse si sviluppa a valle del bordo calderico dell'Ignimbrite Campana (I.C. o Tufo Giallo Campano - 37.000 anni b.p.) ed è costituita da depositi recenti di origine antropica, vulcanici, marino lacustri e torbiferi. L'assetto lito-stratigrafico dell'area in esame è stato ricostruito sulla base dei dati acquisiti sia con le indagini geognostiche eseguite sia presso Enti e/o letteratura scientifica.

Tali dati, anche se diffusamente distribuiti sul territorio d'interesse, sono molto eterogenei e il loro grado di dettaglio è molto variabile.

Essi derivano da:

- i risultati dei Piani di Caratterizzazione e di Messa in sicurezza dei singoli siti. Di fatto sono state consultate numerose stratigrafie ricavate dai sondaggi geognostici effettuati all'interno del SIN anche se le profondità prevalentemente non superano i 10 metri dal p.c.;
- le sezioni stratigrafiche riportate su pubblicazioni scientifiche e da altri progetti di Messa in sicurezza delle acque di falda all'interno del SIN.

Sulla base dei dati analizzati, i primi 50 – 100 metri di sottosuolo nell'area del SIN, sono caratterizzati dall'alto verso il basso, dai seguenti tipi litologici (vd. fig. 6 e 6b - sezioni geologiche):

- ✓ *terreni di riporto*. Sono materiali e rocce estremamente variabili per granulometria e tipologia, riposti principalmente alle opere di colmata dei canali e alla generale omogeneizzazione della superficie topografica. Spessori medi intorno a 1 – 3 metri con spessori massimi che variano tra i 5 – 7 metri.
- ✓ *depositi piroclastico-alluvionali sciolti*. Si tratta di piroclastiti di provenienza “flegrea” e “vesuviana” rimaneggiate in ambiente fluviale, lacustre e costiero. La granulometria varia da media a fine (da sabbie a limi sabbiosi) e le variazioni granulometriche sono frequenti sia arealmente sia lungo le verticali, così come il grado di “addensamento” dei depositi. Questa successione costituisce l'acquifero principale dell'area presentando una permeabilità da bassa a media per porosità e spessori generalmente superiori a 20 metri fino a oltre 80-100 metri come osservato in perforazioni in alcuni punti. Lungo lo sviluppo litostratigrafico sono intercalati paleosuoli e livelli di torba più o meno spessi e continui.

All'interno della successione dei depositi piroclastico-alluvionali ora descritta sono presenti livelli più o meno continui delle seguenti formazioni geologiche:

- *lave del Vesuvio*. Si tratta di lave di epoca storica presenti solo nel settore sud orientale dell'area di studio ove affiorano con spessori dell'ordine dei 10 m; sono litotipi molto permeabili per fatturazione;
- *tufi dell'attività del Somma-Vesuvio*. La messa in posto di questi tufi è attribuibile a eventi esplosivi di età inferiore ai 17.000 anni fa, nell'ambito della deposizione di prodotti piroclastici sciolti del Somma-Vesuvio. Sono caratterizzati dalla presenza d'inclusi carbonatici e lavici con leucite. È segnalata una facies incoerente, talora, sottoposta a quella lapidea sede di un corpo acquifero. Si riscontrano nel settore centrale e orientale dell'area in esame con spessori che raggiungono un massimo di 43 metri;
- *Tufo Giallo Napoletano (TGN)*. La messa in posto è dovuta a un evento effusivo di circa 12.000 anni fa. Si presenta sia in facies litoide (tufo in s.s.) sia incoerente (pozzolana) e nell'area in oggetto, è presente nel sottosuolo nella sua facies litoide di colore giallo ma nella

depressione del Volla l'erosione ne ha determinato un graduale assottigliamento. Poggia in prevalenza sulle lave del Somma e gli spessori medi riscontrati in sondaggio nell'area e nelle sue immediate vicinanze sono di circa 30 metri, con minimi di 10 m e massimi di oltre 50 m anche se generalmente è presente a profondità comprese tra 12 e 50 metri dal p.c. Nella città di Napoli il TGN litoide costituisce un elemento di separazione a bassa permeabilità tra la falda freatica superficiale e quella più profonda in pressione;

- *lave del Somma*. Sono presenti nel settore orientale della depressione del Volla dove il TGN poggia su lave di età compresa tra 14.000 e 25.000 anni fa riferibili all'attività del Somma. Nell'area in esame sono presenti a partire dai 40 – 50 m di profondità con spessori, indagati, che raggiungono i 30 m. Sono permeabili per fatturazione.

Gli aspetti geologici più significativi dell'area in esame, emersi dallo studio dei dati

stratigrafici e dall'evoluzione geologico morfologica, si possono così riassumere:

- presenza al letto e al tetto dei banchi tufacei, di orizzonti torbosi di ambiente palustre;
- diffusione di depositi addizionati e in genere dei fenomeni di rimaneggiamento indotti dalle attività antropiche (le varie opere di bonifica e l'intensa urbanizzazione recente) che ha profondamente alterato anche l'impianto dell'antico reticolo idrografico presente.

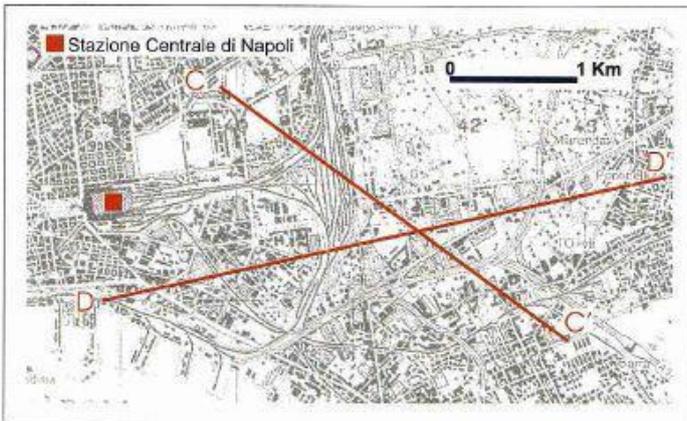
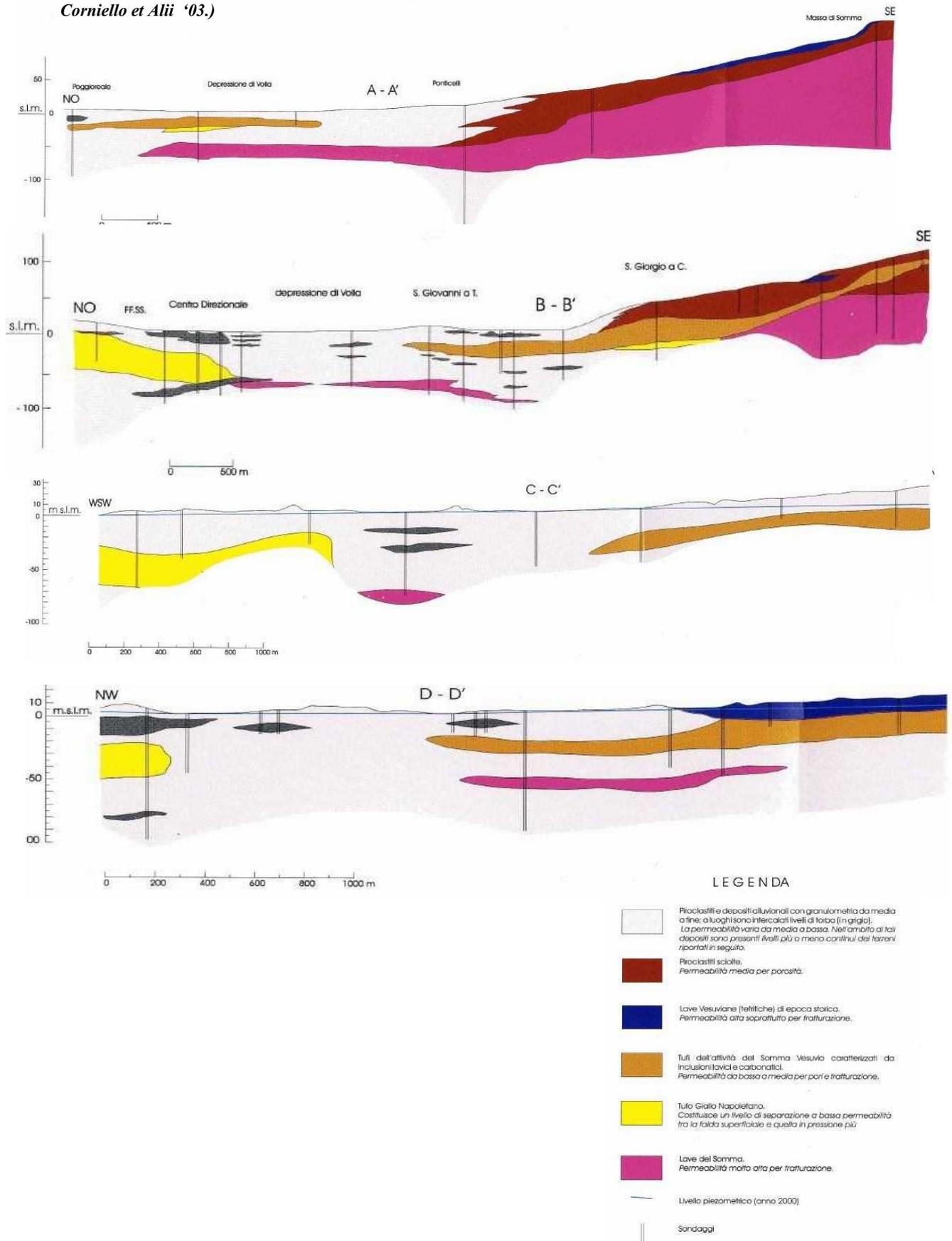


Fig. 6 - Tracce delle sezioni geologiche (vd. fig. 6) ricadenti in area SIN. (da Corniello et Alii '03.)

**Fig. 6b - Sezioni geologiche in parte ricadenti in area SIN (da Corniello et Alii '03.)**



## 5. ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO del SIN

L'area orientale di Napoli, dove si sviluppa l'area del SIN, ricade all'interno della Piana del Volla che, dal punto di vista geologico, corrisponde a una depressione strutturale in cui si possono distinguere i tipi litologici, qui appresso descritti (vd. fig. 7), appartenenti a più formazioni diverse per la loro evoluzione deposizionale e di messa in posto. In particolare, dall'alto verso il basso si distinguono:

### ***Materiali addizionati***

Sono costituiti e raggruppano terre di riporto eterogenee ed eterometriche, poco addensate, rappresentate da livelli sabbio-limosi alternati a livelli sabbiosi, con intercalazioni di trovanti tufacei, pozzolane e laterizi. Lo spessore è variabile da pochi decimetri a oltre 10 m.

### ***Depositi alluvionali***

Si tratta di sedimenti sciolti costituiti da piroclastiti di provenienza flegrea e/o vesuviana, a luoghi rimaneggiati e dilavati dall'azione fluviale e depositati in ambienti fluvio-palustri e costieri. Sono caratterizzati da stratificazioni identificabili solo in base alla granulometria. Essa è variabile, con prevalenza della grana media e fine e in subordine, della grossolana. Nella fascia retrocostiera sono possibili livelli commisti con limi e argille; a più altezze stratigrafiche sono presenti livelli torbosi e limi con sabbia. Verso la linea di costa sono presenti depositi prettamente sabbiosi di origine marina. Gli spessori sono variabili da 10 a oltre gli 50 m.

### ***Cineriti***

Si tratta di sabbie sciolte prevalentemente a grana fine, di colore grigio plumbeo passanti a limi sabbiosi o debolmente sabbiosi. Lo spessore è variabile da pochi metri a oltre 5 m.

### ***Piroclastiti***

S'interdigitano con i livelli alluvionali verso est. Si tratta di sabbie a grana medio fine di colore biancastro talora ben stratificate con intercalazioni di pomici e a luoghi paleosuoli. Spessore di pochi metri a oltre 10 metri.

### ***Tufo Giallo Napoletano (TNG)***

Si presenta sia in facies litoide (tufo in s.s.) sia incoerente (pozzolana) e nell'area in oggetto è presente nel sottosuolo nella sua facies litoide di colore giallo. La messa in posto è dovuta a un evento effusivo flegreo di circa 12.000 anni fa. Nella depressione del Volla l'erosione fluviale ne ha determinato un graduale assottigliamento o la sparizione. Poggia di sovente sulle lave del Somma ed è generalmente presente a profondità comprese tra 10 e 50 metri dal p.c.

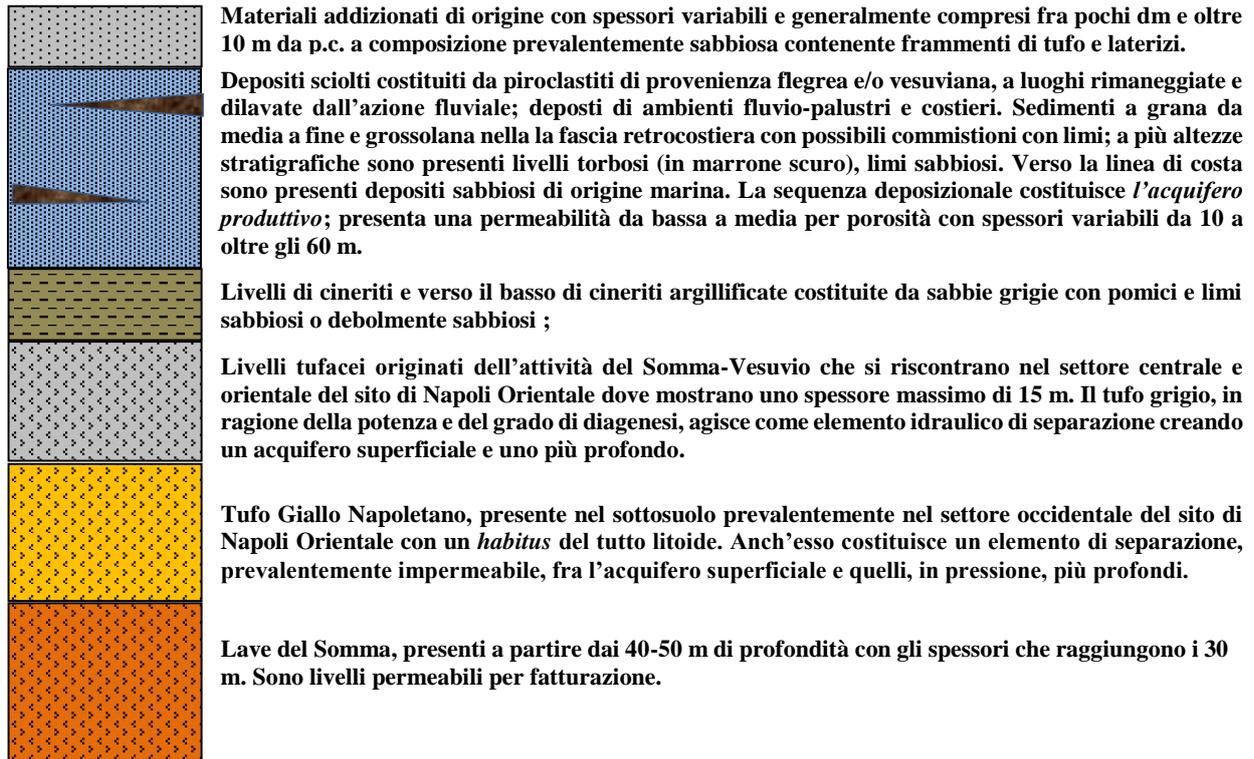
Gli spessori medi riscontrati nel sondaggio geognostici effettuati nell'area del SIN e nelle sue immediate vicinanze sono di circa 30 metri, con minimi di 10 m e massimi di 50 m.

Il TGN litoide costituisce un elemento di separazione a bassa permeabilità tra la falda freatica superficiale e quella in pressione più profonda.

### **Tufi (Somma-Vesuvio)**

Livelli tufacei originati dell'attività del Somma-Vesuvio che si riscontrano nel settore centrale e orientale del sito di Napoli Orientale dove mostrano uno spessore massimo di oltre 30 m.

Fig. 7 – Schema stratigrafico “tipo” dell’area di Napoli Orientale.





## 6. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE

Schematizzando il livello delle conoscenze idrogeologiche relative alla zona orientale è indispensabile (così come in letteratura) distinguere tre zone idrogeologicamente omogenee:

- zona Occidentale-Flegrea;
- zona Centrale Alluvionale;
- zona Orientale-Vesuviana.

L'area Occidentale-Flegrea rappresenta una struttura vulcanica molto eterogenea con un assetto stratigrafico variabile dovuto alla giacitura, potenza e granulometria dei terreni sciolti, dal grado di fessurazione nei termini lapidei e per la presenza di numerose discontinuità di genesi -tetto vulcanica.

Da ciò deriva un modello idrogeologico a *falde sovrapposte* o *multifalda* interconnesse tra loro per l'alternanza e l'interdigitazione dei depositi coinvolti e per i flussi verticali di "drenanza".

Con ciò è ipotizzabile ricondurre la struttura dell'acquifero a una struttura semplice e di grande volume assimilabile a un *monofalda* equivalente e identificato dallo spessore e volume utile del suo serbatoio.

La superficie piezometrica e il *chimismo* delle acque, ben differenziate da quelle delle altre zone della città, suggeriscono una certa originalità per quanto attiene al settore "Occidentale-Flegreo".

Nell'area che ricade all'interno del bacino "Fosso Volla", zona Centrale Alluvionale, l'acquifero è costituito principalmente dalla sovrapposizione delle piroclastiti flegree e vesuviane, più o meno rimaneggiate da un ambiente alluvionale, con intercalati, localmente, sedimenti marini e palustri. Tale dominio idrogeologico rappresenta il recapito preferenziale di una parte delle acque afferenti alle aree "Occidentale-flegrea" e "Orientale-vesuviana". Anche qui è presente una circolazione idrica sotterranea articolata in più falde freatiche sovrapposte, idraulicamente interconnesse, anche attraverso i moltissimi pozzi realizzati nel corso del tempo e non ben condizionati.

Nell'area "Orientale-vesuviana" lungo le pendici sud-occidentali del Somma-Vesuvio, la circolazione idrica si sviluppa nel complesso delle lave e dei depositi piroclastici. Se si pone l'attenzione sull'area del bacino del Volla (*Centrale-Alluvionale Auct.*) si evidenzia che tale dominio idrogeologico, mostra un andamento della superficie piezometrica della falda che in taluni casi supera il piano di campagna. Si osserva che, nel corso del tempo, la piezometria della zona d'interesse ha subito numerose escursioni connesse soprattutto alle attività industriali.

Ancora oggi, la "forma" della superficie piezometrica è soggetta a variazioni indotte dall'azione dell'uomo in un equilibrio tra gli apporti idrici pluviometrici e gli emungimenti che, a vario titolo, interessano i pozzi dell'area.

Per svariati anni, la falda della zona orientale di Napoli ha subito emungimenti che hanno avuto come conseguenza un abbassamento generalizzato del livello piezometrico. Tale livello è stato, in passato, assunto come livello "statico" (livello di base, di riferimento) e le scelte urbanistiche, edilizie, infrastrutturali sono state fatte in funzione di tale valore.

Un fattore che ha verosimilmente inciso sulla risalita piezometrica (almeno da 20 anni), in atto nella zona est di Napoli, è stato la notevole diminuzione degli emungimenti idrici a uso industriale proprio nell'area del Volla (Napoli Est).

La rilevante riduzione dei prelievi è dovuta alla deindustrializzazione che ha interessato la periferia della città, specie nella zona orientale, storicamente vocata alle pratiche agricole prima (vd. foto 2) e agli insediamenti industriali produttivi dopo (vd. foto 3).

La conseguenza di questi fatti è, come evidente, la parziale risalita della superficie piezometrica falda che in taluni casi (Poggioreale, Stazione Circumvesuviana) interessa gli spazi sotterranei delle strutture e infrastrutture pubbliche e private.



**Foto 2 – Ripresa aerea del 1943 dell'area di Napoli Orientale. Si nota il primo l'insediamento della Raffineria Mobil (attuale Q8) al di sopra l'A1 con la maggior parte delle aree libere da insediamenti.**



Comunque, la presenza di alternanze di livelli a varia litologia e granulometria con giacitura sub-orizzontale determina un diverso grado di permeabilità condizionando la circolazione idrica nel sottosuolo e determinando una struttura a "falde sovrapposte" contenute, ovviamente, nei livelli a granulometria più grossolana.

Di fatto, la presenza, nei primi 100 metri di profondità dal piano campagna, di vulcaniti relativamente poco permeabili (tufo) consente di individuare nell'area di Napoli Orientale due acquiferi produttivi e sovrapposti. Essi sono rispettivamente dall'alto verso il basso:

- il più superficiale contenuto nei depositi piroclastico-alluvionali con base il tetto del tufo giallo;
- il più profondo, in condizioni di semiconfinamento e/o confinamento, nelle piroclastiti grossolane sciolte ubicate a letto della formazione tufacea.

Tale contesto è intuibile anche dall'esame della carta tematica rappresentata in fig. 8, che riporta la "zonazione" del territorio del sito Napoli Orientale in funzione della presenza di banchi tufacei nel sottosuolo.

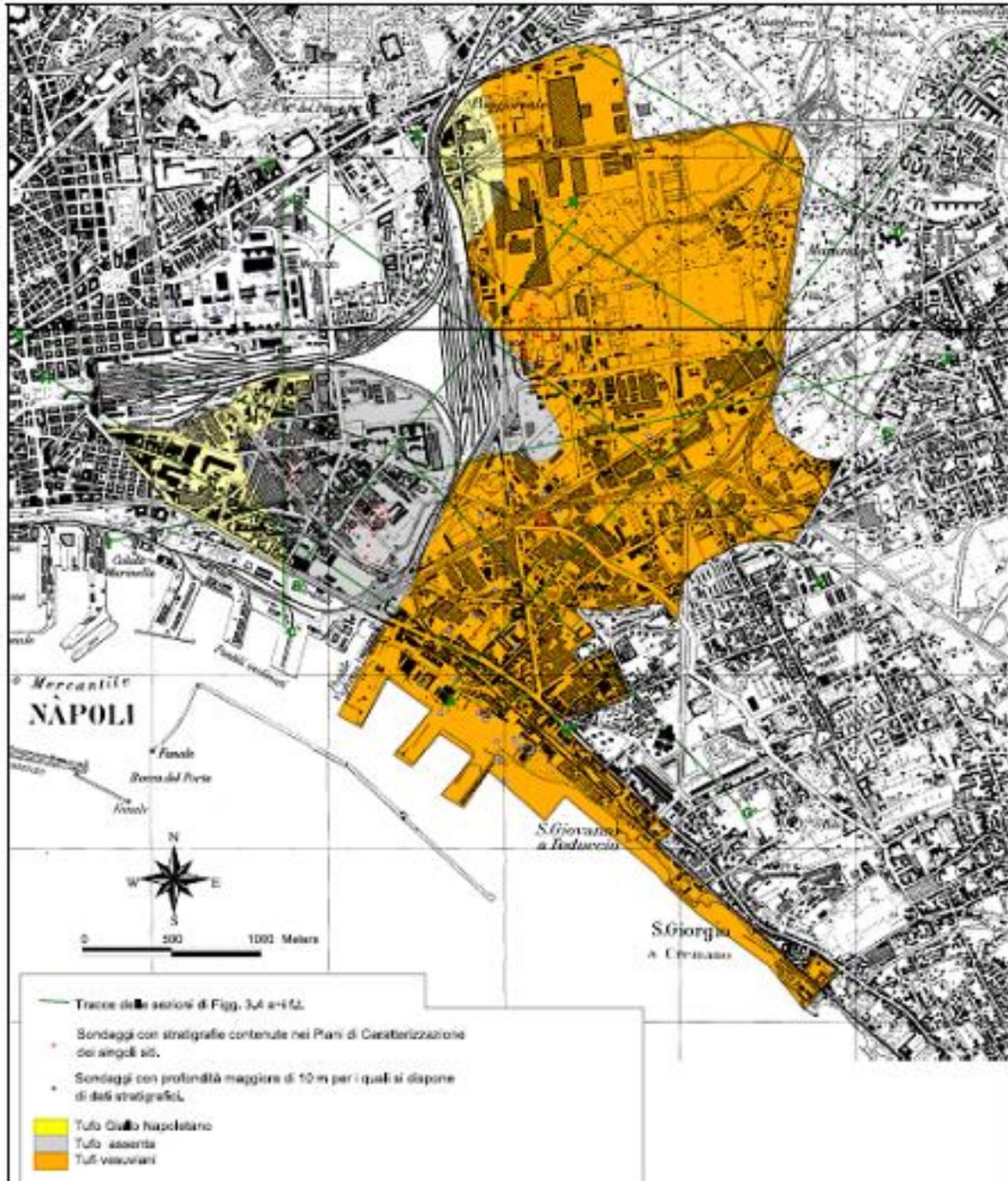
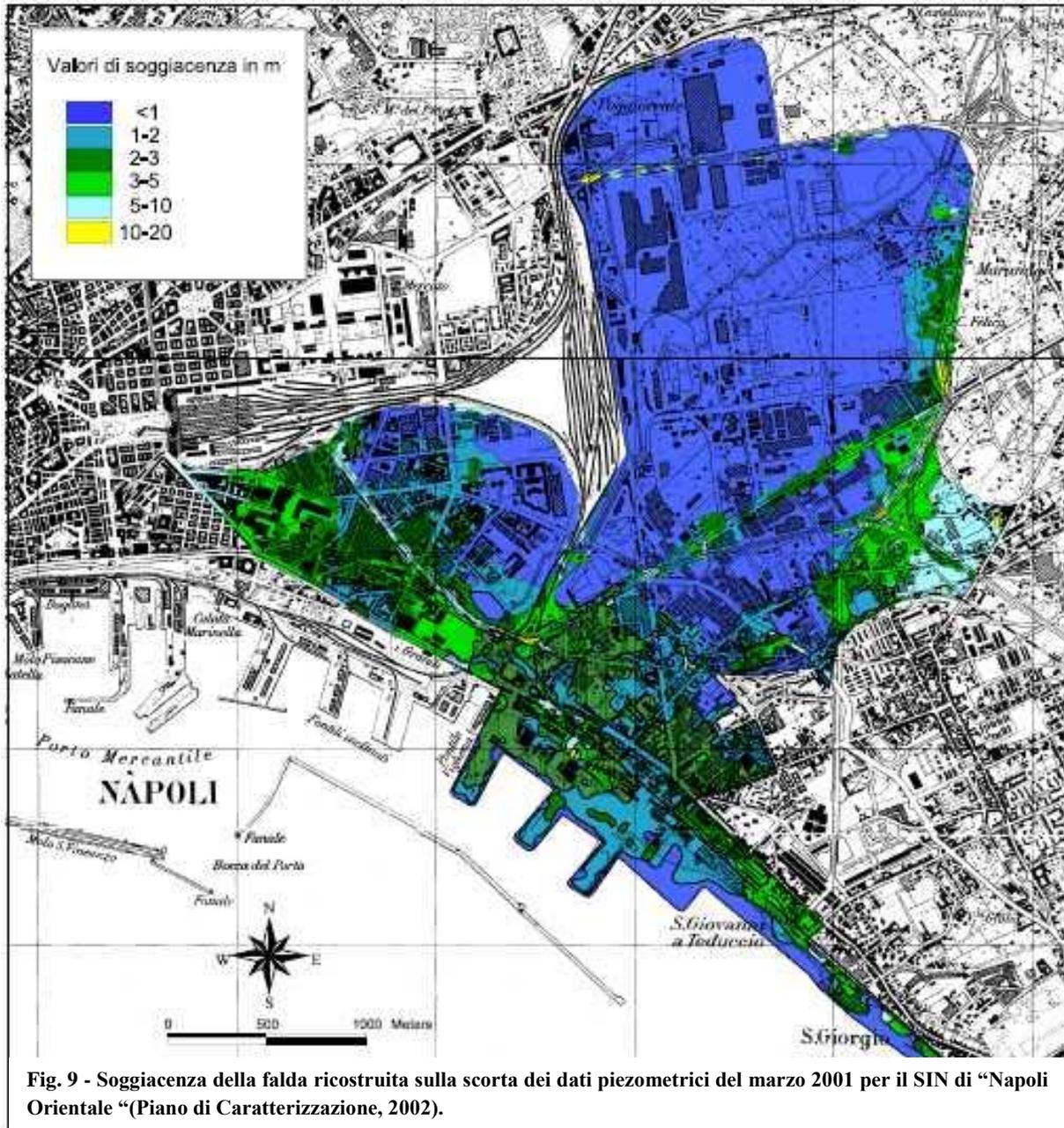


Fig. 8 – Zonazione del territorio del SIN di “Napoli Orientale” sulla base dell’andamento presunto nel sottosuolo dei banchi tufacei. (Piano di Caratterizzazione di NAPOLI ORIENTALE, 2002).

La soggiacenza della falda in tutto il *SIN di Napoli Orientale* è inferiore ai 2-5 m, anche se spostandosi verso il mare, risulta essere in prevalenza compresa tra 1 e 3 m circa (vd. fig. 9). Questi valori dovrebbero rappresentare il limite ultimo anche perché attualmente, rispetto ai dati della piezometria storica, sulla falda influiscono emungimenti da pozzi di privati e industrie.

Di fatto, i sondaggi effettuati dall'Istituto IAMC - CNR nel 2004, nella zona a terra adiacente alla Darsena di Levante, spinti fino a una profondità di - 50 m dal p.c., dimostrano una soggiacenza della falda compresa fra -1,80 e -2,20 m dal p.c.



## 6.1 Cenni sull'evoluzione idrogeologica dell'area

L'andamento delle curve isopiezometriche e le quote di livellamento della falda evidenziano che la piana riceve un importante contributo idrico, per travaso laterale, dal versante settentrionale del Somma-Vesuvio e dai vicini rilievi carbonatici dei Monti di Avella e Pizzo d'Alvano.

In epoca recente, *Civita et Alii '73* rileva quote piezometriche variabili da 15-17 m (s.l.m.), per la zona di Lufrano, a circa 2 m (s.l.m.) nei settori prossimi alla fascia costiera e in accordo con *Fiorelli '26* segnalano la presenza sia di una zona di drenaggio preferenziale coincidente con il fosso Volla sia di sorgenti nella zona di Casalnuovo. Sulla base di un rilevamento piezometrico effettuato (feb. '78 - lug. '79) da P. Celico nell'83, si definisce, per la prima volta, uno schema di

deflusso idrico sotterraneo dell'intero bacino idrogeologico della piana a Oriente di Napoli (vd. fig. 10).

La ricostruzione della morfologia della superficie piezometrica evidenzia, innanzitutto, la presenza di un importante asse di drenaggio preferenziale che, dalla base dei Monti di Avella, si di-rige verso la costa per-correndo l'intera piana.

Anche lungo il Fosso Volla s'individua una ulteriore zona di convergenza delle direttrici di flusso, in accordo con quanto evidenziato da *Fiorelli '26* e *Civita et Alii '73*. Inoltre, si rileva

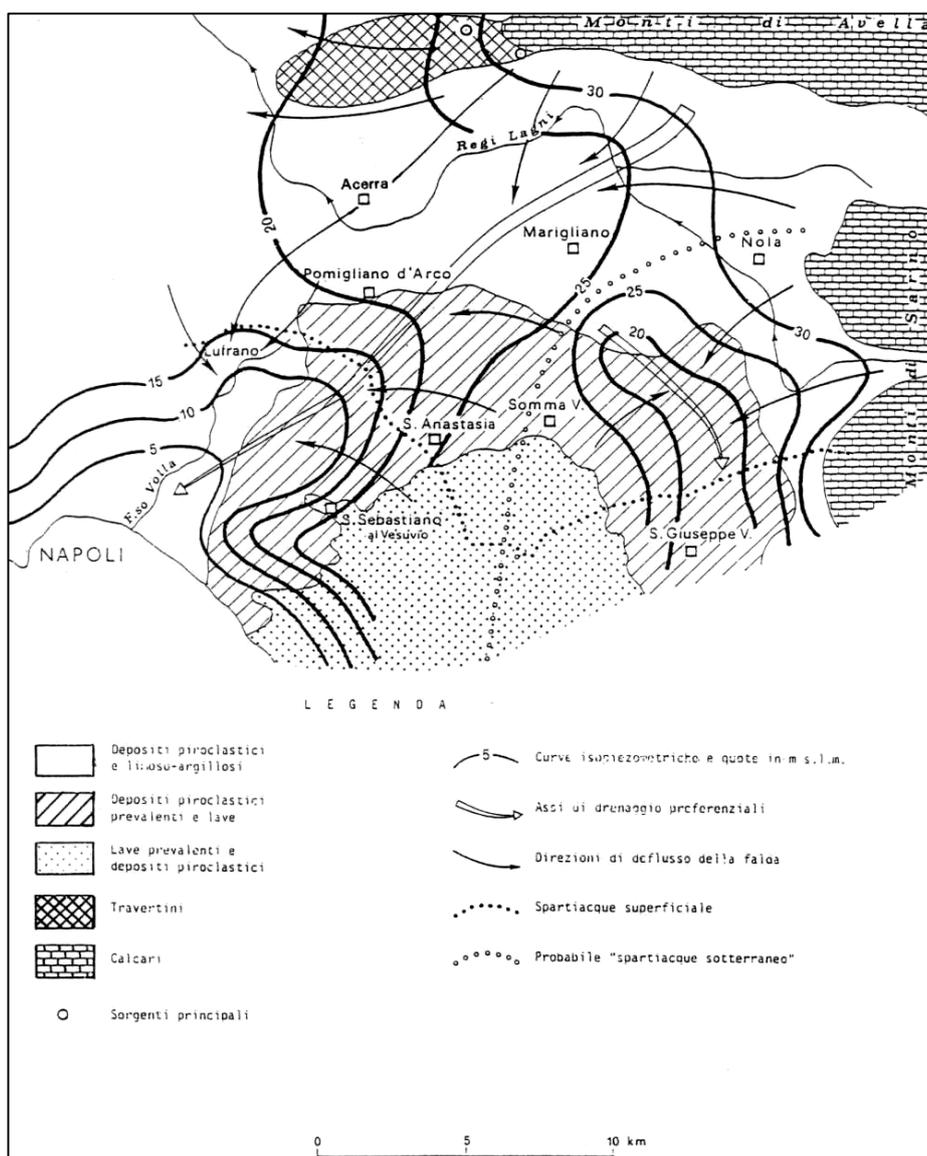


Figura 10 – Rappresentazione a curve isopiezometriche della piana a Oriente di Napoli relativa al periodo 1978÷1979 (Celico '83).

lungo il margine settentrionale e sud-orientale della piana, la presenza d'importanti spartiacque

sotterranei che rappresentano, localmente, i limiti del bacino idrogeologico della piana; a partire da essi, due fasce di drenaggio preferenziale indirizzano il flusso della falda verso i bacini dei Regi Lagni e del fiume Sarno. Inoltre, in accordo con quanto evidenziato da *Viparelli '67 e Civita et*

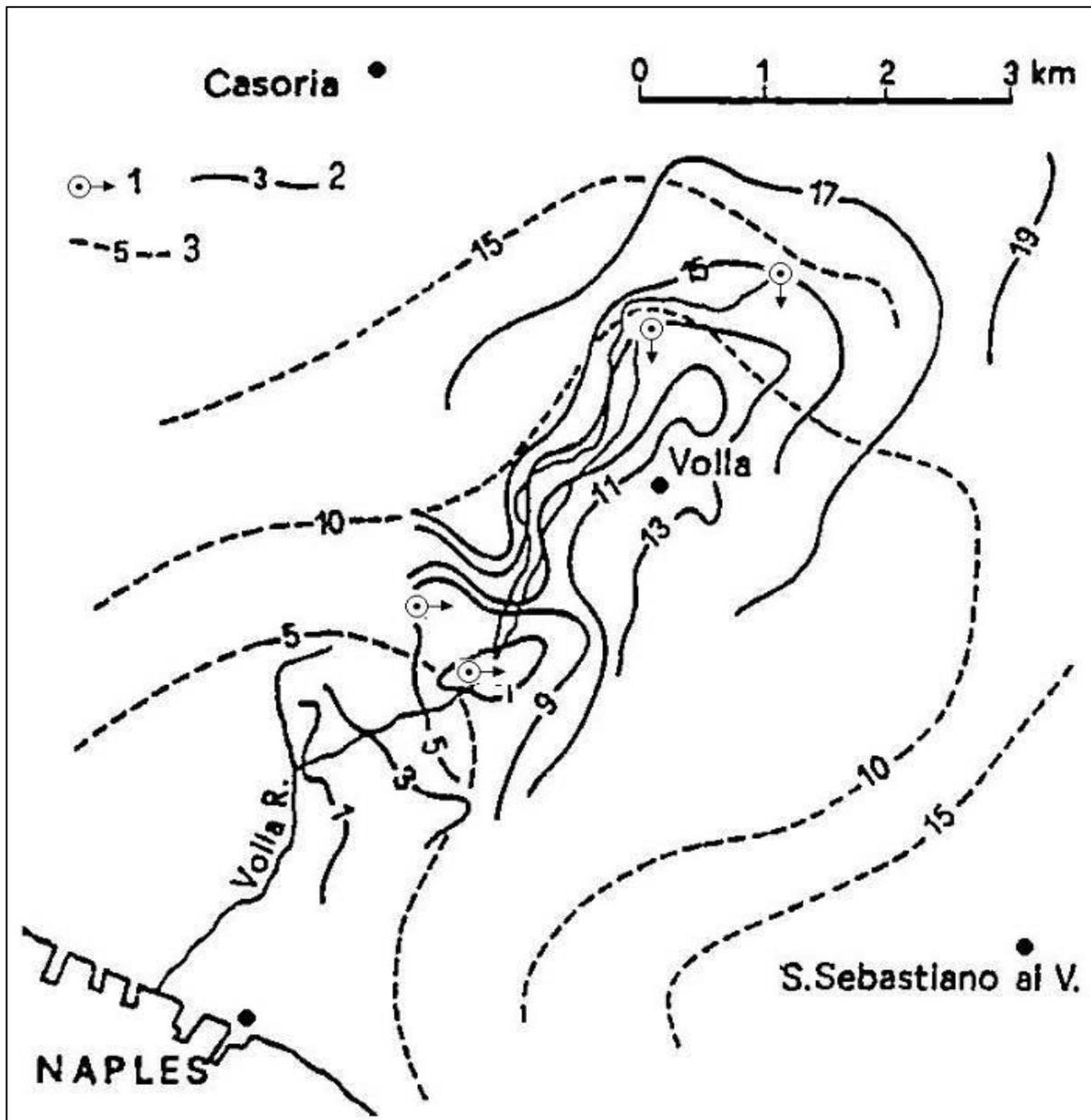


Figura 11 - Confronto tra la piezometria del '78 -'79 (P. Celico, '83, modificato) e del '24 (Fiorelli '26, modificato) (Esposito & Piscopo, '97, modificata) (da Allocca & Celico, '08). Legenda: 1) Sorgenti del Volla; 2) Curve isopiezometriche e relativa quota in m (s.l.m.) anno di riferimento '24; 3) Curve isopiezometriche e relativa quota in m (s.l.m.) - periodo di riferimento '78 - '79

*Alii '73*, le quote piezometriche variano da circa 30 m (s.l.m.), in prossimità dei rilievi carbonatici, a circa 15÷16 m (s.l.m.), nella zona di Lufrano, fino a 5 m circa (s.l.m.), nella zona più prossima al settore costiero.

Confrontando la ricostruzione della superficie piezometrica effettuata nel periodo '78÷'79 da P. Celico '83 con quella realizzata nell'agosto del '24 (Fiorelli, '26) si osserva che le quote della

falda, per il settore del fosso Volla, sembrano essere pressoché identiche, ovvero a luoghi più basse di 1-1,5 m circa (Esposito & Piscopo, 1997) (vd. fig. 11).

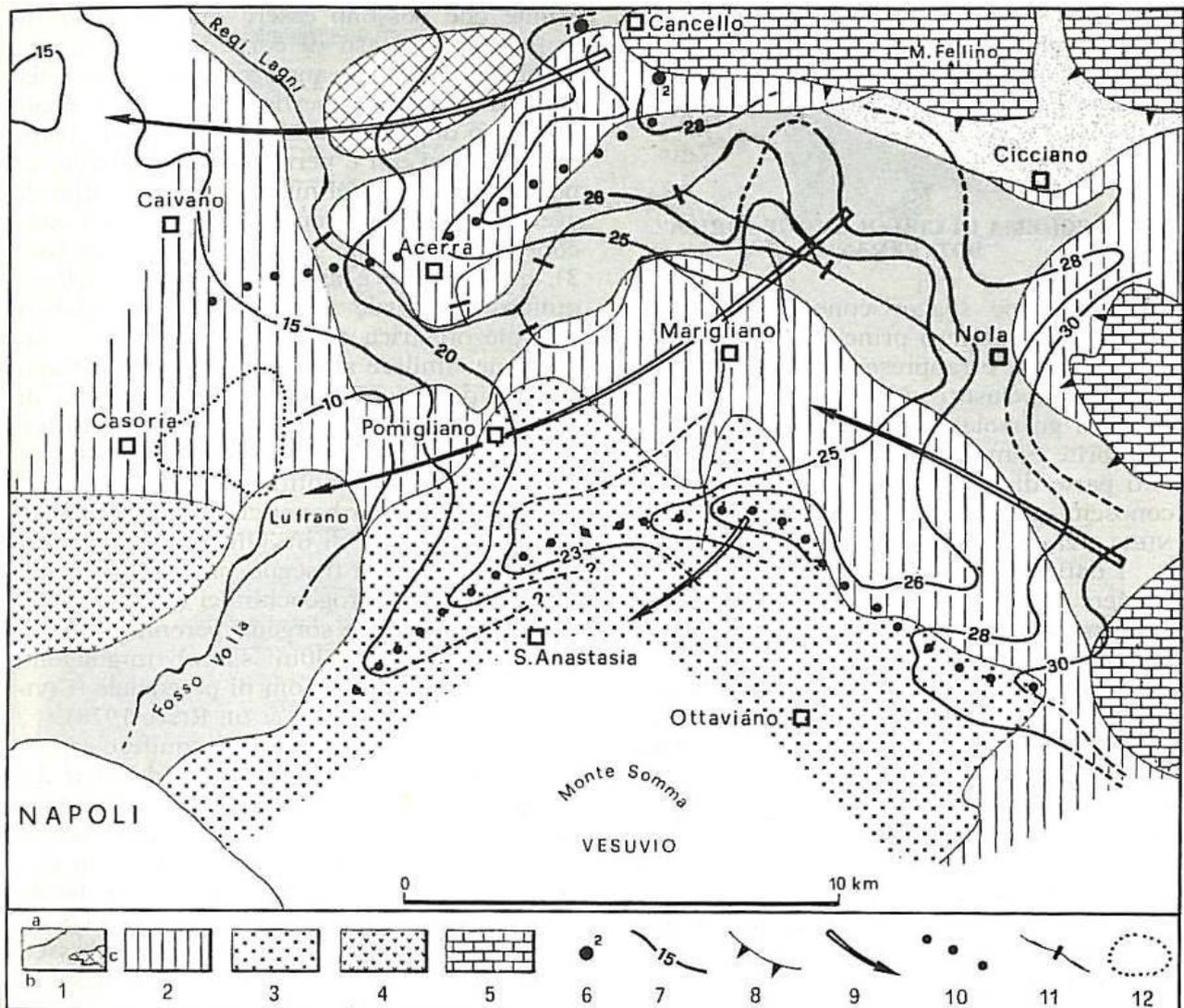


Figura 12 - Carta idrogeologica della piana a NE di Napoli (Bellucci et Alii '90) Legenda: 1) Detrito di falda: a); depositi limo-sabbioso-torboso-fluvio-palustri: b); banchi di travertino; c); 2) Piroclastiti sciolte flegree e vesuviane; 3) Colate laviche del Somma-Vesuvio coperte da forti spessori di piroclastiti; 4) Unità tufacee dei Campi Flegrei; 5) Calcari e calcari dolomitici; 6) Sorgenti: 1. Calabricito; 2. Mefito; 7) Curve isopiezometriche (aprile 1988 - dati ASMEZ) e quote in m s.l.m.; 8) Travasi idrici sotterranei dai rilievi carbonatici; 9) Direzione e verso di flusso delle acque sotterranei; 10) Probabile andamento di spartiacque sotterranei; 11) Sezione di misura in alveo; 12) Limite dell'area interessata dal campo-pozzi di Lufrano.

In epoca più recente, Bellucci et Alii '90 ricostruiscono, per il settore di piana compreso tra l'abitato di Pomigliano d'Arco e i rilievi carbonatici del Nolano, la morfologia della superficie piezometrica della falda, con dati rilevati nell'apr. '88 (vd. fig.12).

La ricostruzione, sebbene mostri ancora, lungo la congiungente Cannello-Caivano, la presenza dello spartiacque sotterraneo rilevato nel periodo '78-'79 (P. Celico, '83), evidenzia un abbassamento generale della falda (dell'ordine di diversi m), connesso verosimilmente con i cospicui emungimenti, nel frattempo, ripresi (con portate medie, per il biennio 1987÷1988, di 2,10



m<sup>3</sup>/s e portate di punta di 3,10 m<sup>3</sup>/s) nella zona di Lufrano (Tagliatela, Molino '87; Esposito, Piscopo '97; comunicazione ARIN S.p.A. - Comune di Napoli-C.U.G.RI. '01).

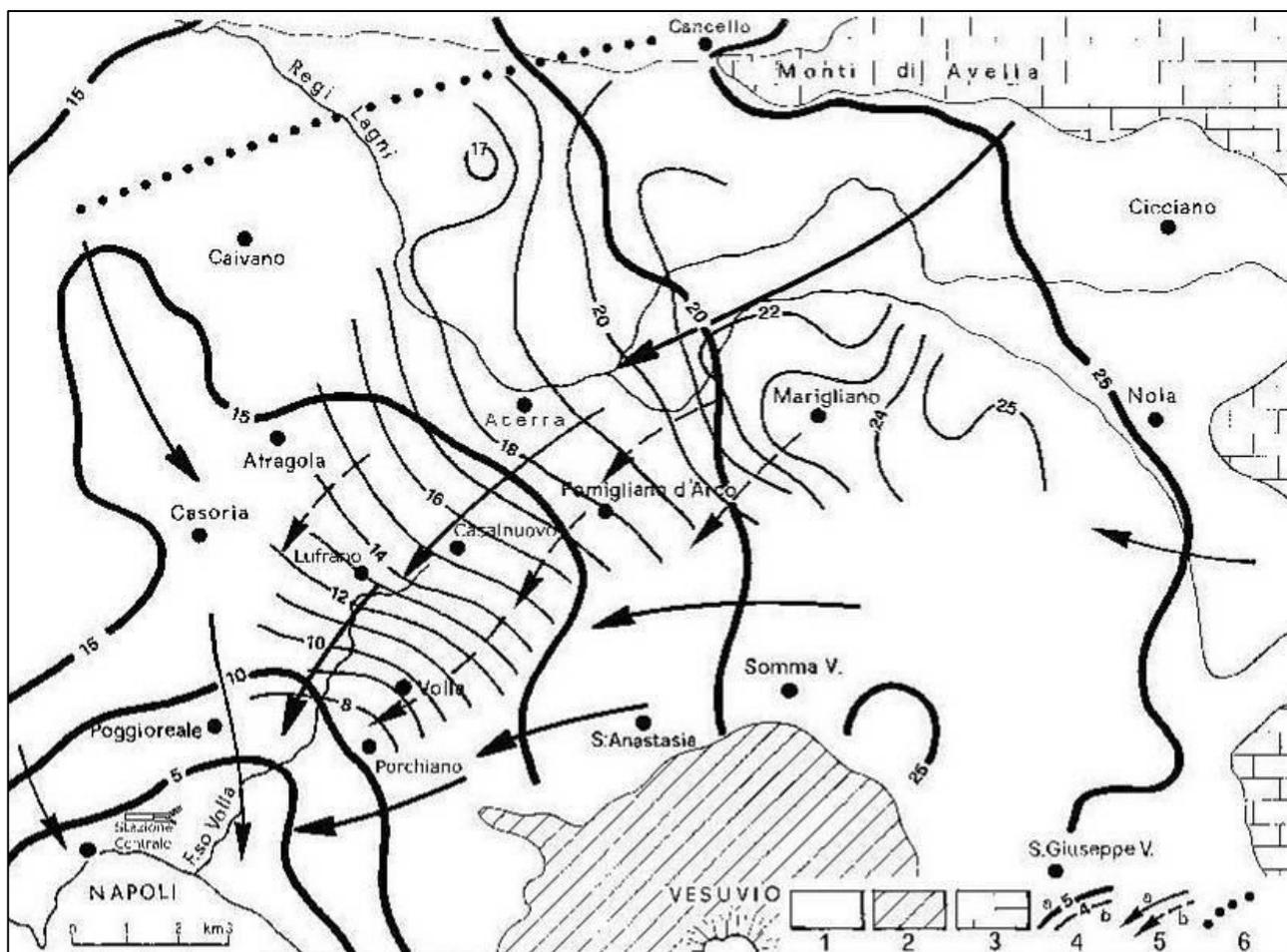


Figura 13 - Carta a curve isopiezometriche della piana a Oriente di Napoli nel periodo ott. - nov. 2002 (Autorità di Bacino Nord Occidentale della Campania, 2004, modificata e integrata) (da Allocca & Celico, 2008). Legenda: 1) Depositi piroclastico-alluvionali; 2) Lave prevalenti e depositi piroclastici; 3) Rocce carbonatiche; 4) Curve isopiezometriche e quote in m (s.l.m.): a) relative alla falda profonda; b) relative alla falda superficiale; 5) Direttrici di flusso idrico sotterraneo: a) relative alla falda profonda; b) relative alla falda superficiale; 6) Spartiacque sotterraneo.

Nel periodo ottobre-novembre 2002 (vd. fig. 13) le quote piezometriche più elevate rilevate sono di 5 m (s.l.m.), nella zona più prossima alla stazione centrale di Napoli, e di 14-18 m (s.l.m.), nella zona compresa tra Lufrano, Casalnuovo e Pomigliano d'Arco.

I livelli idrici, coerenti con quanto osservato nel 2004 (Regione Campania, 2006), sembrano essere molto simili a quelli registrati nel periodo 1978÷1979 e nel 1924 a testimonianza del quasi totale recupero dei livelli piezometrici precedenti.

In figura 14 è schematizzato l'excursus evolutivo idrogeologico osservato dall'analisi effettuata nell'ultimo secolo in alcune zone della piana (Allocca & Celico, 2008).

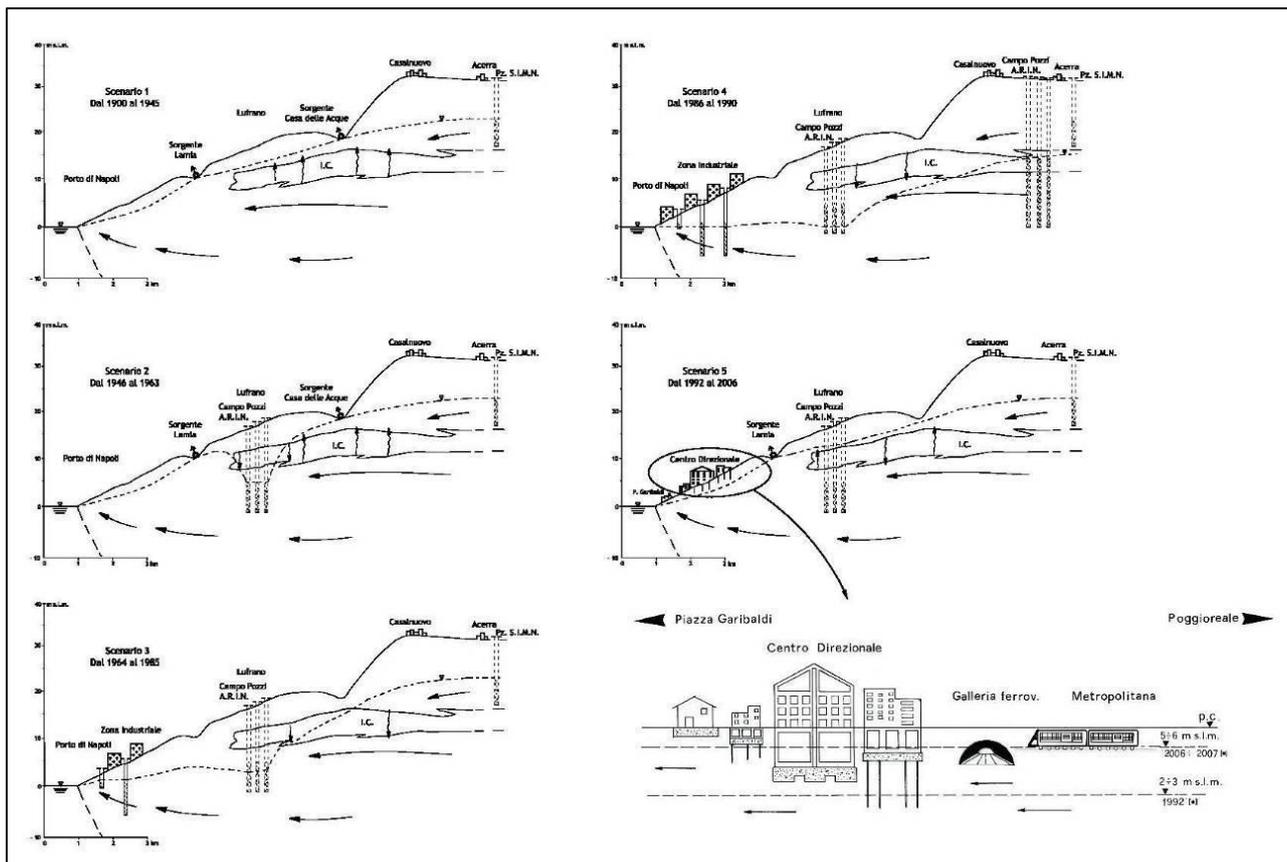


Figura 14 - Schema concettuale dei principali scenari idrodinamici registrati nella piana a Oriente di Napoli, nell'ultimo secolo (da Allocca & Celico, 2008).

Nel dettaglio si rappresenta l'analisi evolutiva attraverso tappe storiche così descritte:

- I. rappresentazione idrodinamica della falda (dal 1900 al 1945) che si presenta indisturbata con la presenza di emergenze sorgentizie;
- II. gli emungimenti dal campo-pozzi di Lufrano (dal 1946 al 1963) determinano una situazione di locale disturbo della falda freatica, con inversione dei locali rapporti tra la falda superficiale e quella profonda;
- III. il continuo incremento dei prelievi dal campo-pozzi di Lufrano (dal 1964 al 1985) e lo sviluppo di attività industriali idroesigenti, determinano una significativa modificazione della superficie della falda freatica senza tuttavia interessare le zone più interne della piana;
- IV. l'ulteriore incremento dei prelievi dal campo-pozzi di Lufrano (dal 1986 al 1990), l'attivazione del campo-pozzi di Acerra nonché l'uso sempre più intenso e incontrollato, a scopo industriale e irriguo delle acque sotterranee, determina uno scenario profondamente modificato, anche per le aree più interne della piana.

- V. risalita dei livelli di falda (dal 1992 al 2006) e conseguente impatto sul sistema infrastrutturale locale (con la sigla I.C. la presenza dell'orizzonte ignimbrico). Le frecce indicano il verso del flusso di drenanza tra la falda superficiale e quella profonda nella zona di Lufrano; per motivi grafici, dato il limitato dislivello fra le due falde (dell'ordine di decimetri o al massimo di un metro), è stato rappresentato un unico profilo piezometrico, anche laddove c'è la presenza di falde sovrapposte.

Per un dettaglio specifico e puntuale si rimanda all'elaborato descrittivo (PDED005\_0 – *Modello Idrogeologico di Falda*), allegato al progetto, che affronta in maniera analitica il deflusso della falda freatica.

## 7. LE INDAGINI INTEGRATIVE del DICEMBRE 2012

Sono stati realizzati n. 15 sondaggi a carotaggio continuo (vd. tab. 1 e fig. 15) aventi profondità variabile tra i 30 e 40 m da p.c., mediante una sonda meccanica a rotazione, senza l'uso di fluidi di perforazione, con carotiere in acciaio del diametro di 101 mm. Le carote catalogate hanno

Denominazione	Profondità (m)	Coordinate UTM Est	Coordinate UTM Nord
S1	30	439067.454	4522016.431
S2	30	439357.242	4521832.829
S3	30	439673.943	4521638.140
S4	30	440799.593	4521762.677
S5	40	440379.319	4521279.294
S6	40	440526.103	4522135.406
S7	40	440397.944	4521136.705
S8	30	441267.099	4522029.816
S9	30	441703.230	4522766.534
S10	30	440778.850	4523955.713
S11	30	441846.166	4519996.461
S12	30	441963.984	4519876.331
S13	30	440143.365	4521388.491
S14	30	440799.969	4520851.113
S15	30	440933.670	4522711.936

Tab. 1 – Ubicazione dei sondaggi geognostici.

permesso la redazione della litostratigrafia.

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state eseguite a profondità quasi regolare, n. 2 prove a circa -5.0 e -10.0 m. dal p.c., delle prove per ricavare il coefficiente di permeabilità medio (K) dei terreni al di sopra o al di sotto del livello della falda.

Si riporta qui di seguito la tabella con l'ubicazione dei sondaggi realizzati. Durante le attività di

perforazione, al fine di individuare le caratteristiche geotecniche e idrogeologiche del sottosuolo investigato, sono state eseguite le seguenti prove:

- Prova di permeabilità tipo Lefranc;
- Standard Penetration Test (SPT).

Le prove in esame sono state a carico idraulico variabile, misurando la variazione nel tempo del livello dell'acqua nel foro, dopo aver creato un innalzamento del livello della falda, riempiendo il foro d'acqua. Qui accanto si riporta una tabella riassuntiva con le indicazioni delle profondità di esecuzione delle prove Lefranc, con i rispettivi coefficienti di permeabilità.

Denominazione	Numero prova	Profondità prova (m)	Coefficiente di permeabilità media Km (m/s)
S1	1	5,50 - 6,0	8,83E-05
	2	9,50 - 10,50	1,09E-05
S2	1	5,0 - 6,0	4,25E-05
	2	9,50 - 10,50	2,06E-05
S3	1	5,0 - 6,0	4,01E-05
	2	9,50 - 10,50	1,85E-05
S4	1	6,50 - 7,50	4,22E-06
	2	10,70 - 11,70	2,64E-06
S5	1	5,50 - 6,0	2,22E-05
	2	10,0 - 10,50	8,75E-06
S6	1	5,0 - 6,0	4,67E-06
	2	9,0 - 10,50	1,84E-07
S7	1	5,50 - 6,0	2,40E-05
	2	10,0 - 10,50	1,07E-05
S8	1	5,50 - 6,50	2,11E-05
	2	9,50 - 10,50	7,05E-06
S9	1	4,0 - 4,50	2,88E-05
	2	9,50 - 10,50	3,90E-06
S10	1	5,0 - 6,0	7,50E-06
	2	10,0 - 11,0	1,15E-06
S11	1	4,0 - 5,0	4,50E-05
	2	10,0 - 10,50	1,19E-05
S12	1	6,0 - 7,50	1,56E-05
	2	9,0 - 10,50	1,36E-07
S13	1	5,50 - 6,0	7,16E-05
	2	10,0 - 10,50	8,31E-06
S14	1	5,50 - 6,0	6,69E-05
	2	10,0 - 10,50	2,57E-05
S15	1	5,0 - 6,0	1,91E-05
	2	11,0 - 12,0	9,60E-06

Tab. 2 – Elenco delle prove di permeabilità

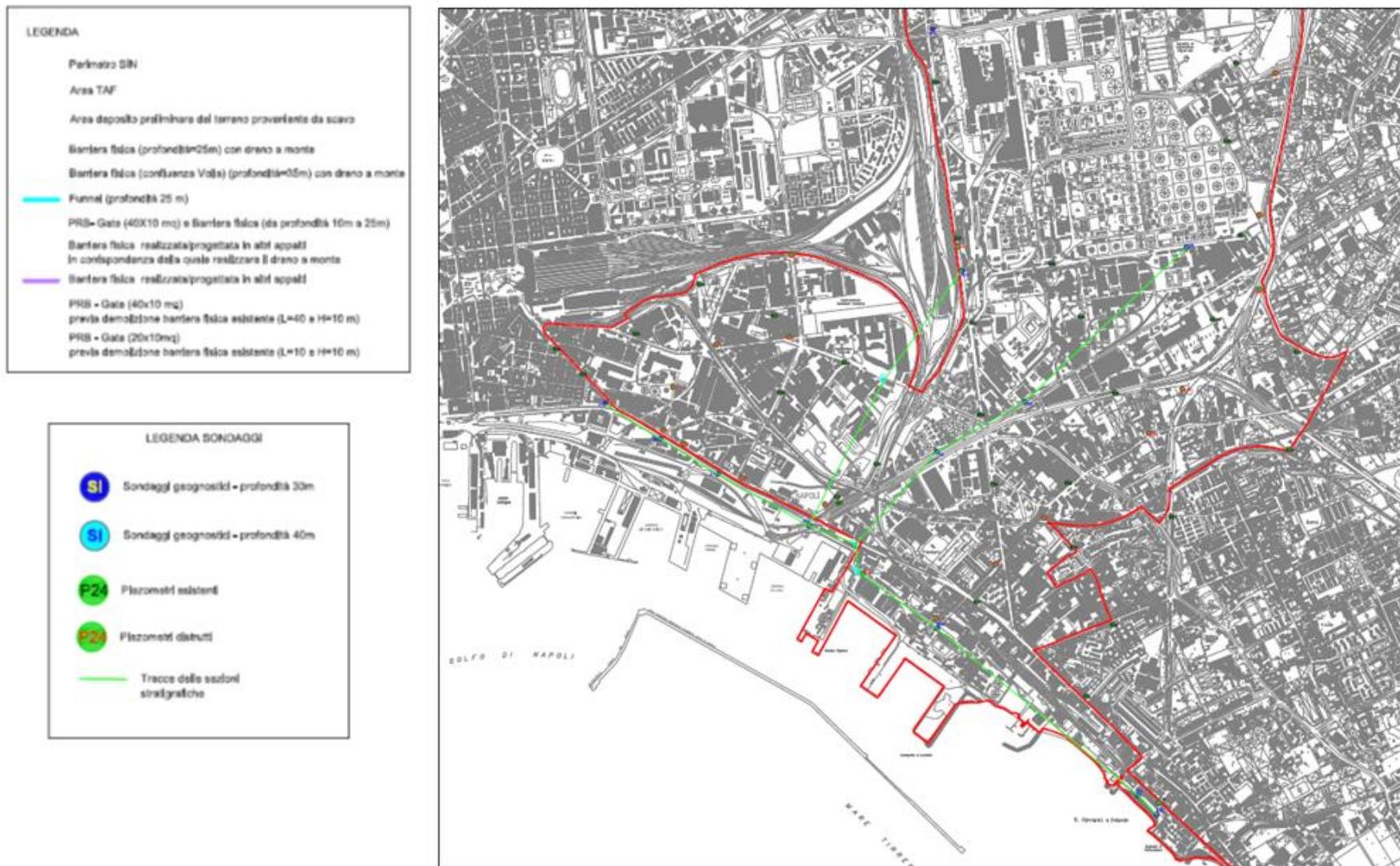


Fig. 15 – Stralcio planimetrico del SIN di Napoli Orientale (linea in rosso perimetro) con l'ubicazione delle indagini svolte.

Di seguito, si riassumono in forma tabellare (vd. tab. 3) i risultati ottenuti dall'esecuzione delle prove in campo (STP); i valori della resistenza alla punta e dell'angolo di attrito sono stati valutati con l'ausilio di un software specialistico utilizzando le opportune correlazioni.

Denominazione sondaggio	Profondità prova m da p.c.	Numero di colpi N <sub>c</sub>
S1	6.50/6.95	5-12-22
	18.50/19.95	11-22-26
	26.50/27.00	14-18-21
	29.50-30.00	12-17-23
S2	5.00/5.45	6-9-12
	15.50/15.95	7-12-15
	25.00/25.45	8-15-17
S3	5.50/5.95	7-10-15
	15.50/15.95	6-13-16
	25.00/25.50	9-16-18
S4	3.50/4.00	5-8-15
	15.50/15.80	18-25-32
	25.00/25.50	50/13 cm
S5	4.00/4.45	9-13-18
	8.00/8.45	12-24-20
	15.50/15.95	9-12-15
	23.00/23.45	15/21/28
	29.50/29.95	50/11 cm
	37.50/37.95	37-42-50/6 cm
S6	4.00/4.50	2-2-5
	9.00/9.45	15-21-24
	18.00/18.45	4-6-8
	29.00/29.45	12-25-36
	35.00/35.45	18-45-50/11 cm
S7	3.50/4.00	3-5-6
	8.00/8.50	7-15-17
	15.50/15.95	8-17-26
	26.00/26.50	50/12 cm
	30.50/31.00	50/4 cm
S8	37.00/37.50	50/15 cm
	2.50/2.95	4-5-5
	14.00/14.45	12-18-26
S9	25.00/25.50	50/4 cm
	9.00/9.45	9-14-25
	19.00/19.20	33-50/6 cm
S10	25.00/25.50	50/3 cm
	3.50/3.95	2-3-3
	9.50/9.95	8-11-15
	17.00/17.50	10-19-20
S11	25.00/25.45	7-9-12
	3.50/4.00	24-38-50/8 cm
	15.00/15.50	40-43-50/6 cm
S12	25.00/25.50	45-48-50/ 2 cm
	5.50/6.00	26-17-17
	14.50/15.00	38-43-50/12 cm
	25.00/25.50	30-38-50/5 cm

**Tab. 3 – Elenco delle prove STP eseguite nei sondaggi (S1-12) con i relativi dati ricavati.**

Al fine di definire al meglio i caratteri fisici e idraulici dell'acquifero, sono stati realizzati sui n.32 piezometri ARPA (vd. fig. 17), esistenti nell'area SIN, gli *slug test*.

Tali prove sono state eseguite producendo una variazione del livello statico nel piezometro e misurando, in funzione del tempo, il conseguente "ristabilirsi" del livello piezometrico originario.

Si tratta, perciò, di una prova eseguita in regime transitorio la cui finalità consiste nella determinazione della conducibilità idraulica dell'acquifero nelle immediate vicinanze del piezometro di controllo.

ID	Indirizzo	Coord_X	Coord_Y	Permeabilità relativa Kr (cm/s)
P02	Strada Comunale Olivo	442684,392	4522265,99	5.71x10 <sup>-4</sup>
P03	Pasquale Ciccarelli	442644,094	4521757,48	7.67x10 <sup>-5</sup>
P06	Stefano Barbato	441735,091	4522052,79	8.06x10 <sup>-5</sup>
P07	Delle Repubbliche Marinare	442032,026	4521411,46	8.06x10 <sup>-5</sup>
P08	Luigi Volpicella	441489,078	4521585,31	1.22x10 <sup>-4</sup>
P09	Ferrante Imparato	441100,621	4521579,41	1.01x10 <sup>-4</sup>
P11	Francesco Parrillo	440295,751	4521480,08	5.22x10 <sup>-4</sup>
P13	Via Sorrento	441517,405	4521251,57	1.44x10 <sup>-4</sup>
P14	Corso Nicolangelo Protopisani	441727,069	4520849,28	7.86x10 <sup>-5</sup>
P15	Corso San Giovanni a Teduccio	441014,253	4520968,19	2.08x10 <sup>-5</sup>
P18	Corso San Giovanni a Teduccio	441585,538	4520479,85	6.05x10 <sup>-4</sup>
P19	Arenile di San Giovanni a Teduccio	441962,791	4519935,25	7.63x10 <sup>-5</sup>
P20	Brecce a Sant'Erasmo	440324,508	4522208,67	4.83x10 <sup>-4</sup>
P22	Taverna delle Brecce	440284,601	4521511,59	5.22x10 <sup>-4</sup>
P24	Emanuele Gianturco	439988,95	4522053,25	7.88x10 <sup>-5</sup>
P26	S. Maria di Costantinopoli alle Moschee	439568,104	4522612,42	5.24x10 <sup>-4</sup>
P27	Molise	439957,67	4522451,3	2.02x10 <sup>-5</sup>
P29	Corso Arnaldo Lucci	438817,029	4522277,18	1.47x10 <sup>-4</sup>
P30	Incrocio: Via Carlo Celano/Via Sebeto.	438958,386	4522147,86	1.76x10 <sup>-4</sup>
P34	Galileo Ferraris	439234,261	4522356,57	3.77x10 <sup>-4</sup>
P36	Nuova delle Brecce	441403,007	4522720,46	1.25x10 <sup>-5</sup>
P37	Francesco Sponzillo	440494,848	4521682,64	5.43x10 <sup>-4</sup>
P38	Ferrante Imparato	441031,393	4521937,52	8.06x10 <sup>-5</sup>
P39	Traversa Fossitelli	442247,039	4522433,38	1.81x10 <sup>-4</sup>
P40	Delle Industrie	441558,428	4522446,09	1.44x10 <sup>-4</sup>
P41	Nuova delle Brecce	442394,561	4522866,37	1.04x10 <sup>-5</sup>
P42	Ferrante Imparato	440992,031	4522415,72	1.23x10 <sup>-4</sup>
P43	Ferrante Imparato	440912,996	4522853,53	1.46x10 <sup>-6</sup>
P44	Traccia a Poggioreale	440706,974	4524177,3	6.32x10 <sup>-5</sup>
P45	Traccia a Poggioreale	440797,388	4523659,06	4.20x10 <sup>-5</sup>
P46	Strada Vicinale Molino Vetere	442369,034	4523757,63	3.54x10 <sup>-4</sup>
P48	Strada Comunale Tierzo	442318,674	4523354,25	1.19x10 <sup>-4</sup>

Tab. 4 – Elenco e ubicazione dei piezometri su cui si sono eseguite le prove di permeabilità relativa (Kr).

La prova è stata eseguita, producendo una brusca diminuzione di livello per sottrazione immediata di uno “slug” e registrando la conseguente risalita che si determina per il ri-equilibrio idrodinamico.

Si riportano nella tabella 4 i dati identificativi dei piezometri sui quali sono state eseguite le prove con i rispettivi valori di permeabilità relativa.

Sono, inoltre, stati prelevati n. 77 campioni di terreno che opportunamente sigillati ed etichettati sono stati inviati in laboratorio per le analisi geotecniche; del totale di campioni n. 47 sono stati prelevati in

condizioni indisturbate mediante fustella *Shelby* per le analisi e prove consistenti in:

- analisi granulometrica per vagliatura e sedimentazione;
- contenuto d'acqua;
- peso unità di volume;
- determinazione dei limiti di Atterberg;
- prova di compressione edometrica;
- prova di compressione triassiale; laddove il materiale è risultato troppo fine per l'esecuzione di tale prova è stata effettuata una prova di taglio.

I restanti 30 campioni sono stati prelevati, in condizioni disturbate, per:

- analisi granulometrica per vagliatura e sedimentazione;

- contenuto d'acqua;
- peso unità di volume;
- determinazione dei limiti di Atterberg;
- prova di permeabilità a carico costante.

Dalle analisi granulometriche eseguite sui campioni prelevati risulta che il sottosuolo investigato è costituito prevalentemente da *sabbia, limosa e/o ghiaiosa, a volte con intercalazioni argillose*. Di seguito, si riportano le caratteristiche geotecniche determinate mediante analisi di laboratorio eseguite sui campioni di terreno prelevati in condizioni indisturbate, mediante fustella Shelby. Qui di seguito si riportano le stratigrafie (S11 e S12) e i certificati di laboratorio dei campioni prelevati nel sondaggio (S11) prossimo all'impianto di sollevamento da realizzare al posto dell'impianto di depurazione di San Giovanni a Teduccio e inseriti nel cap.. Inoltre, con l'obiettivo di intercettare il bed-rock tufaceo sono state eseguite delle indagini geofisiche (sismiche e geoelettriche) al fine di potere intercettare il bed-rock tufaceo. In tutto le indagini sono state così ripartite:

- n. 7 prospezioni elettriche;
- n. 2 prospezioni sismiche a rifrazione.

I dati ricavati hanno permesso di delineare una interfaccia superiore del tufo variabile tra i 40 e i 25 metri dal p.c. nelle aree di via Reggia di Portici, via Brin e corso A. Lucci mentre verso la linea di costa come sul litorale di San Giovanni a Teduccio si attesta tra 20 e i 30 metri dal p.c.

Qui di seguito si propongono i dati ricavati dalle indagini geognostiche (vd. fig.17-18 e foto 5-6) svolte a San Giovanni a Teduccio nonché i dati delle indagini geofisiche (vd. foto 4 e fig. 16) e i dati contenuti nei certificati di prove di laboratorio geotecnico.





Foto 4 – Rappresentazione dello stendimento geofisico lungo l'arenile di San Giovanni a Teduccio prossimo all'impianto di depurazione (in basso a dx).

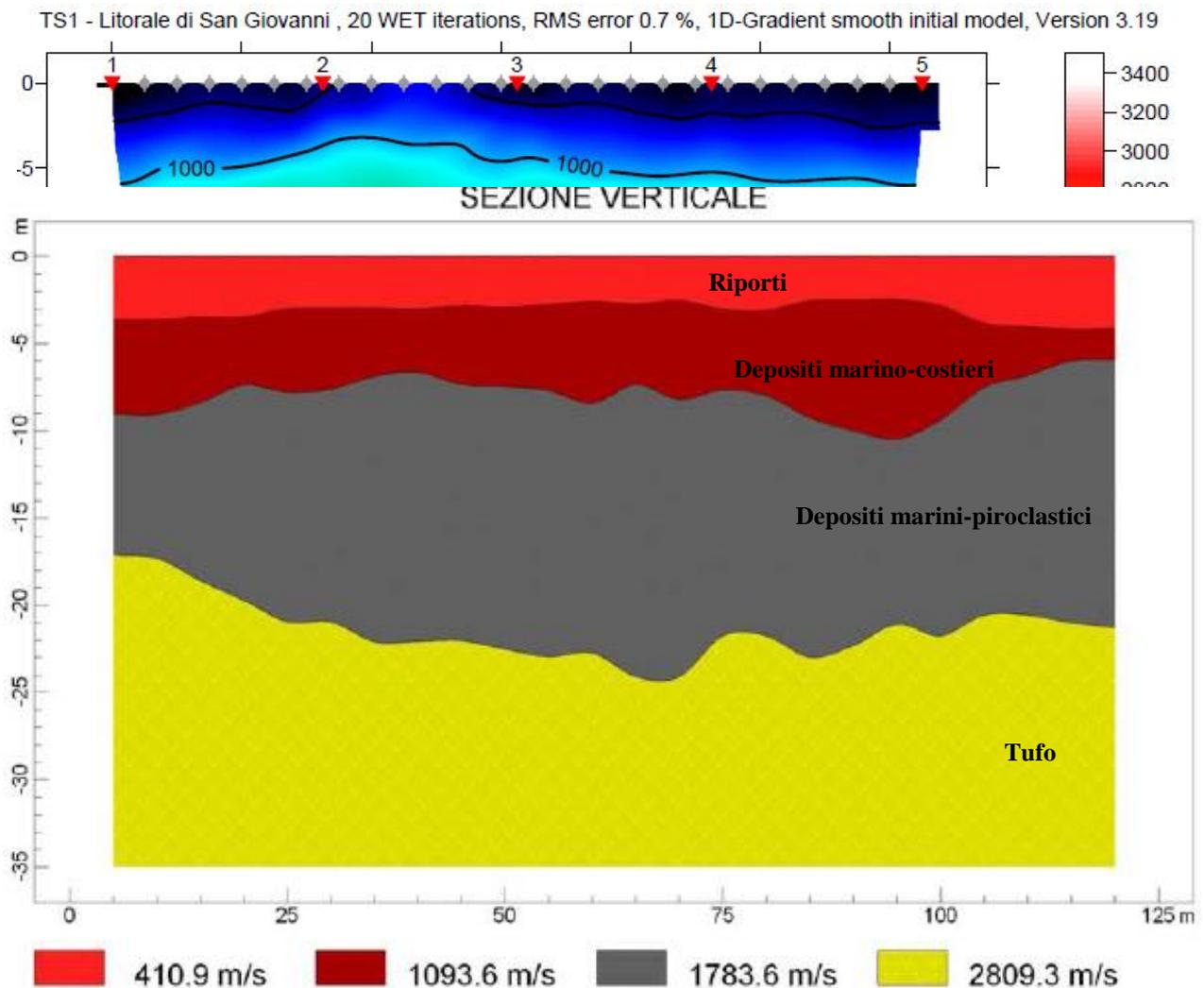


Fig. 16 – Restituzione e ricostruzione del sottosuolo in base ai dati geofisici

## STRATIGRAFIA - S11

SCALA 1: 125 Pagina 1/1

Riferimento: SOGESID S.p.A.										Sondaggio: S11			
Località: San Giovanni a Teduccio (NA)										Quota: 2,70 m s.l.m.			
Impresa esecutrice: Getea Italia s.r.l. - S.I.T.E. s.r.l.										Data: 31/07/2012			
Coordinate: 441846.166 4519996.461										Redattore: Giovanni Caggiano			
Perforazione: Carotaggio continuo													
#	R	A	Pr	metri	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. %	S.P.T.	RQD %	prof.	DESCRIZIONE
mm	V	S		tot					0-100	S.P.T.	0-100	m	
				1									Sabbia marina, medio grossa, incoerente, passante da asciutta ad umida, di colore grigio.
				2									
				3		1) Sha + 3,00						3,0	
				4						24-38-50/8cm RI			Sabbia marina, grossa, mista a materiale di riporto costituito da frammenti di terracotta, satura, di colore grigio.
				5									
				6								6,6	
				7									Sabbia marina, medio grossa, passante a debolmente limosa, incoerente, satura, di colore grigio
				8		2) Sha + 6,00							
				9									
				10									Sabbia marina, medio grossa, incoerente, satura, di colore grigio.
				11									
				12									
				13								13,0	
				14								14,0	Pomici e scorie vulcaniche, miste a sabbia, incoerenti, sature, di colore grigio-nocciola.
				15						40-43-50/6cm RI		15,3	Tufo alterato, costituito da scorie vulcaniche, miste a sabbia pomicea debolmente limosa, poco coerente, satura, di colore nocciola.
				16									Tufo giallo napoletano, coerente, di colore giallo giallo nocciola
				17		3) Sha + 17,00						17,0	
				18									Tufo grigio, frantumato, costituito da pomici e scorie miste a sabbia tufacea, incoerente, saturo, di colore grigio.
				19									
				20									
				21									
				22									
				23									
				24									
				25		4) Sha + 24,00				45-48-50/2cm RI			
				26									
				27									
				28									
				29									
				30		5) Sha + 29,00						30,0	

Fig. 17 – Colonna litostratigrafica del sondaggio S11



COMMITTENTE: GETEA ITALIA s.r.l. per conto di SOGESID S.p.A.		
RIFERIMENTO: SIN Napoli Orientale		
SONDAGGIO: S11	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 3,00 - 3,50

**MODULO RIASSUNTIVO**

**CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI**

Umidità naturale	6,51	%
Peso di volume	16,49	KN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	15,48	KN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	19,72	KN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	27,24	KN/m <sup>3</sup>
Indice dei vuoti	0,76	adim
Porosità	43,15	%
Grado di saturazione	23,81	%

**LIMITI DI ATTERBERG**

Limite di liquidità	15,41	%
Limite di plasticità	11,03	%
Indice di plasticità	4,38	%
Limite di ritiro	n.d.	%

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Ghiaia	28,1	%
Sabbia	61,8	%
Limo	4,7	%
Argilla	5,4	%
D 10	0,05105	mm
D 50	0,67902	mm
D 60	1,06387	mm
D 90	9,85649	mm
Passante set. 10	71,9	%
Passante set. 40	37,5	%
Passante set. 200	10,1	%

**PERMEABILITA'**

Coefficiente k		cm/sec
----------------	--	--------

**PROCTOR**

Umidità ottimale		%
Peso di volume secco		kPa

**INDICE C.B.R.**

Indice saturo		%
Indice non saturo		%

**DESCRIZIONE**

Definizione: Sabbia con ghiaia debolmente argillosa.

**COMPRESSIONE**

$\sigma$		kPa	$\sigma_{Rim}$		kPa
----------	--	-----	----------------	--	-----

**SCISSOMETRO**

$\tau$		kPa	$\tau$		kPa
--------	--	-----	--------	--	-----

**TAGLIO DIRETTO**

Prova consolidata-lenta					
c	2,9	kPa	$\phi$	38,9	°
c <sub>Res</sub>		kPa	$\phi_{Res}$		°

**COMPRESSIONE TRIASSIALE**

C.D.	c <sub>d</sub>		kPa	$\phi_d$		°
C.U.	c' <sub>cu</sub>		kPa	$\phi'_{cu}$		°
	c <sub>cu</sub>		kPa	$\phi_{cu}$		°
U.U.	c <sub>u</sub>		kPa	$\phi_u$		°

**PROVA EDOMETRICA**

$\sigma$ kPa	E kPa	Cv cm <sup>2</sup> /sec
12.5		
25.0	2841	0,005211
50.0	3846	0,001037
100.0	3937	0,001112
200.0	9174	0,002835
400.0	14286	0,001640
800.0	24390	0,002899
1600.0	33195	0,004758
400.0		
100.0		
25.0		
Pressione di preconsolidazione (kPa)		204,1

DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE FISICHE								
Verbale di Accettazione N°	003/12	del	03/08/2012	Certificato di Prova N°	0009CFG	Data di emissione	10/09/2012	
Committente:	GETEA ITALIA s.r.l. per conto di SOGESID S.p.A.			Campione:	S11 C1			
Cantiere:	"SIN" Napoli Orientale			Quota:	3,00 - 3,50			
Stato del Campione:	Rimaneggiato							
Dimensione del campione	Lunghezza:	0,50 m	Diametro:	0,08 m				
Descrizione del campione:	Materiale di riporto, di colore marrone. Presenza di clasti eterometrici ( $d_{max} = 2$ cm) di origine sia vulcanica, (clasti lavici e pomici) che laterizi ed inerti di scarti edili. Il tutto incluso in una matrice sabbiosa.							
Peso specifico dei grani (ASTM D854-92)	$\gamma_s$	27,24						$\text{KN/m}^3$
Contenuto d'acqua (ASTM D2216-92)	w	6,51						%
Peso dell'unità di volume umido (BS 1377-90)	$\gamma$	16,49						$\text{KN/m}^3$
Peso dell'unità di volume secco (BS 1377-90)	$\gamma_d$	15,48						$\text{KN/m}^3$
Peso dell'unità di volume saturo (BS 1377-90)	$\gamma_{sat}$	19,72						$\text{KN/m}^3$
Porosità	n	43,15						%
Indice di porosità	e	0,76						--
Grado di saturazione	$S_r$	23,61						%

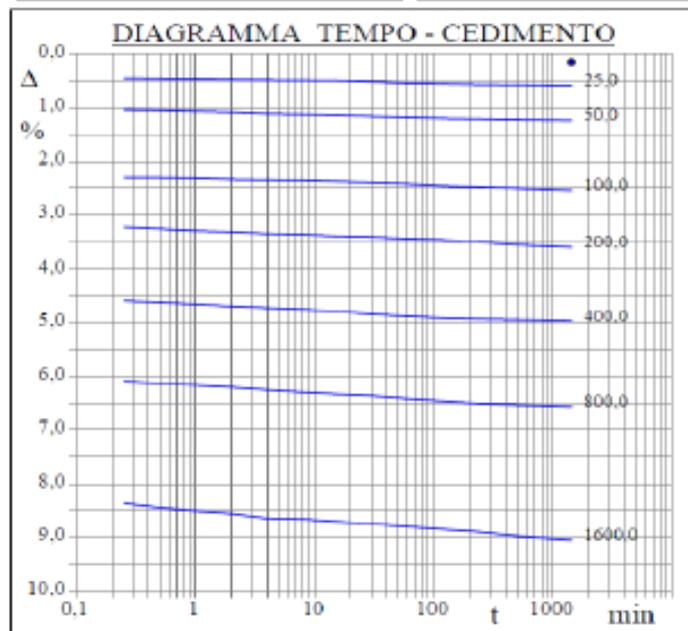
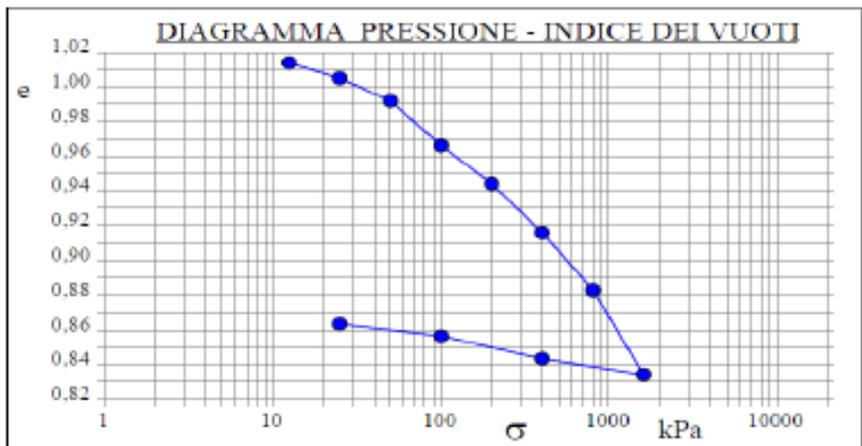
CERTIFICATO DI PROVA N°: 0009EDM      Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 10/09/12
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 003/12 del 03/08/12	Inizio analisi: 06/08/12      Fine analisi: 20/08/12

COMMITTENTE: GETEA ITALIA s.r.l. per conto di SOGESID S.p.A.		
RIFERIMENTO: SIN Napoli Orientale		
SONDAGGIO: S11	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 3,00 - 3,50

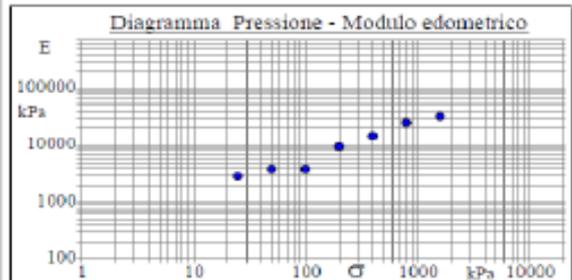
## PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435

Caratteristiche del campione	
Peso di volume (kN/m³)	16,49
Umidità (%)	6,5
Peso specifico (kN/m³)	27,20
Volume dei vuoti (cm³)	17,24
Porosità (%)	43,09
Indice dei vuoti	0,76
Altezza provino (cm)	2,00
Volume provino (cm³)	40,01
Saturazione (%)	23,8



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Ce	Modulo kPa
12.5	3.0	1.014		
25.0	11.8	1.005	0,029	2841
50.0	24.8	0.992	0,044	3846
100.0	50.9	0.966	0,085	3836
200.0	72.0	0.944	0,073	9464
400.0	99.5	0.916	0,094	14545
800.0	131.4	0.883	0,110	25091
1600.0	181.0	0.834	0,161	32247
400.0	171.8	0.844		
100.0	159.0	0.857		
25.0	152.0	0.864		



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 0009EDM	Pagina 2/2	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 10/09/12
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:</b> 003/12 del 03/08/12		<b>Inizio analisi:</b> 06/08/12 <b>Fine analisi:</b> 20/08/12
<b>COMMITTENTE:</b> GETEA ITALIA s.r.l. per conto di SOGESID S.p.A.		
<b>RIFERIMENTO:</b> SIN Napoli Orientale		
<b>SONDAGGIO:</b> S11	<b>CAMPIONE:</b> C1	<b>PROFONDITA':</b> m 3,00 - 3,50
<b>PROVA EDOMETRICA</b>		
Modalità di prova: Norma ASTM D 2435		

**LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE**

Pressione 25,0 kPa		Pressione 50,0 kPa		Pressione 100,0 kPa		Pressione 200,0 kPa	
Tempo minuti	Cedimento mm/100	Tempo minuti	Cedimento mm/100	Tempo minuti	Cedimento mm/100	Tempo minuti	Cedimento mm/100
0,00	3,0	0,00	11,8	0,00	24,8	0,00	50,9
0,25	9,0	0,25	20,8	0,25	46,0	0,25	64,3
0,50	9,2	0,50	21,0	0,50	46,1	0,50	65,0
1,00	9,3	1,00	21,4	1,00	46,3	1,00	65,8
2,00	9,5	2,00	21,7	2,00	46,8	2,00	66,2
4,00	9,7	4,00	22,3	4,00	47,0	4,00	66,9
8,00	9,8	8,00	22,5	8,00	47,1	8,00	67,2
15,00	9,9	15,00	22,8	15,00	47,5	15,00	67,8
30,00	10,3	30,00	23,2	30,00	47,9	30,00	68,1
60,00	10,9	60,00	23,6	60,00	48,4	60,00	68,8
120,00	11,1	120,00	23,9	120,00	49,2	120,00	69,2
240,00	11,4	240,00	24,2	240,00	49,5	240,00	70,0
480,00	11,5	480,00	24,5	480,00	50,0	480,00	71,0
1440,00	11,8	1440,00	24,8	1440,00	50,9	1440,00	72,0

Pressione 400,0 kPa		Pressione 800,0 kPa		Pressione 1600,0 kPa		Pressione -- kPa	
Tempo minuti	Cedimento mm/100	Tempo minuti	Cedimento mm/100	Tempo minuti	Cedimento mm/100	Tempo minuti	Cedimento mm/100
0,00	72,0	0,00	99,5	0,00	131,4		
0,25	91,8	0,25	121,8	0,25	167,2		
0,50	92,4	0,50	122,6	0,50	168,9		
1,00	93,1	1,00	123,3	1,00	170,1		
2,00	93,9	2,00	124,1	2,00	171,1		
4,00	94,5	4,00	125,1	4,00	172,9		
8,00	95,1	8,00	126,0	8,00	173,2		
15,00	95,8	15,00	126,7	15,00	174,1		
30,00	96,8	30,00	127,3	30,00	175,0		
60,00	97,7	60,00	128,4	60,00	176,0		
120,00	98,3	120,00	129,3	120,00	177,0		
240,00	98,8	240,00	130,2	240,00	178,0		
480,00	99,0	480,00	130,6	480,00	179,5		
1440,00	99,5	1440,00	131,4	1440,00	181,0		

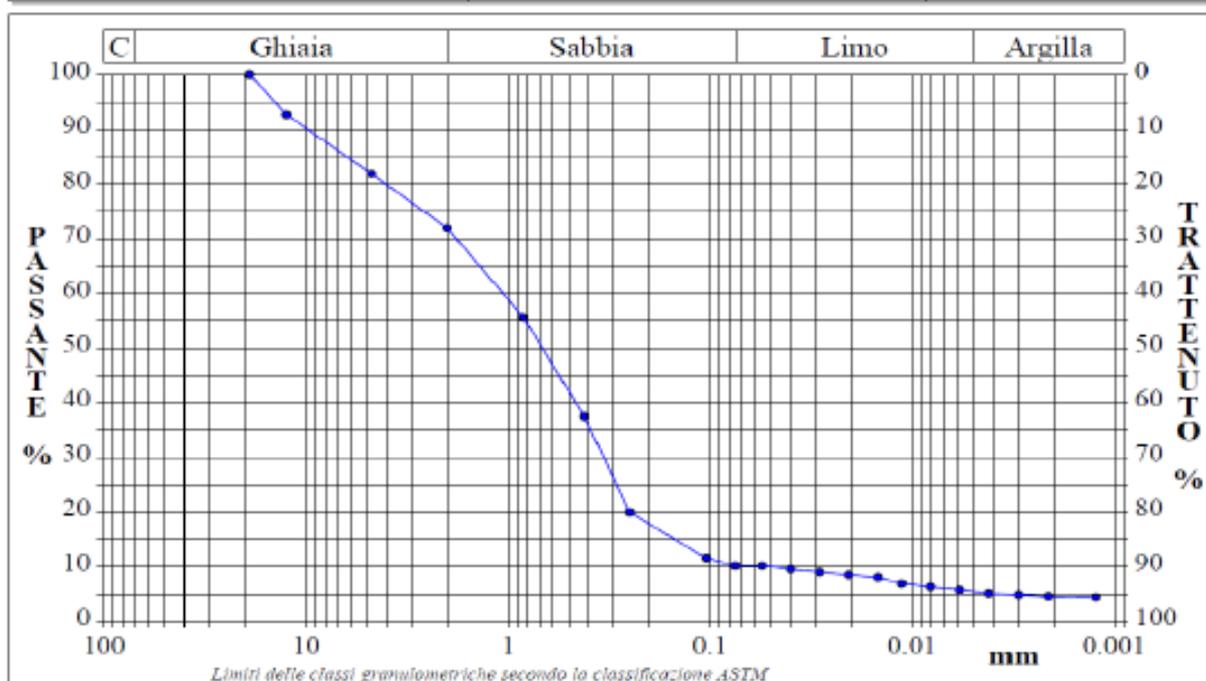
CERTIFICATO DI PROVA N°: 0009GRN	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 10/09/12
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 003/12 del 03/08/12		Inizio analisi: 06/08/12 Fine analisi: 08/08/12

COMMITTENTE: GETEA ITALIA s.r.l. per conto di SOGESID S.p.A.
RIFERIMENTO: SIN Napoli Orientale
SONDAGGIO: S11                      CAMPIONE: C1                      PROFONDITA': m 3,00 - 3,50

### ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D422

Ghiaia	28,1 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	71,9 %	D10	0,05105 mm	
Sabbia	61,8 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	37,5 %	D30	0,33657 mm	
Limo	4,7 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	10,1 %	D50	0,67902 mm	
Argilla	5,4 %			D60	1,06387 mm	
Coefficiente di uniformità		20,84	Coefficiente di curvatura	2,09	D90	9,85649 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
19,0000	100,00	0,4200	37,51	0,0398	9,55	0,0081	6,30	0,0012	4,38
12,5000	92,66	0,2500	19,92	0,0288	8,96	0,0058	5,71		
4,7500	81,83	0,1050	11,58	0,0207	8,52	0,0042	5,12		
2,0000	71,91	0,0750	10,14	0,0148	8,07	0,0030	4,83		
0,8410	55,56	0,0551	10,14	0,0112	6,89	0,0021	4,53		

Definizione: Sabbia con ghiaia debolmente argillosa.

m



### DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI ATTERBERG

Verbale di Accettazione N°	003/12	del	03/08/2012	Certificato di Prova N°	0009LIM	Data di emissione	10/09/2012
----------------------------	--------	-----	------------	-------------------------	---------	-------------------	------------

Committente:	GETEA ITALIA s.r.l. per conto di SOGESID S.p.A.	Campione:	SI 1 C1
--------------	----------------------------------------------------	-----------	---------

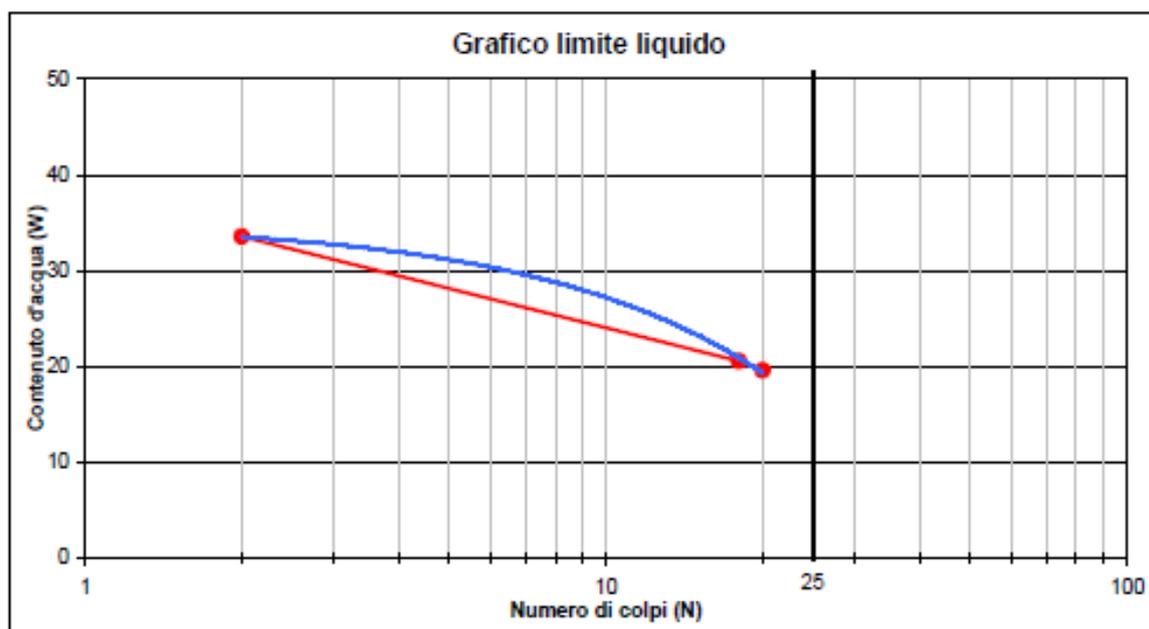
Cantiere:	"SIN" Napoli Orientale	Quota:	3,00 - 3,50
-----------	------------------------	--------	-------------

Stato del Campione:	Indisturbato
---------------------	--------------

Dimensione del campione	Lunghezza:	0,50 m	Diametro:	0,08 m
-------------------------	------------	--------	-----------	--------

Descrizione del campione:	Materiale di riporto, di colore marrone. Presenza di clasti eterometrici ( $d_{max} = 2$ cm) di origine sia vulcanica, (clasti lavici e pomici) che laterizi ed inerti di scarti edili. Il tutto incluso in una matrice sabbiosa.
---------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Limite di liquidità (ASTM D4318-84)	$W_L$	15,41	%
Limite di Plasticità (ASTM D4318-84)	$W_P$	11,03	%
Indice di Plasticità	$I_P$	4,38	%
Limite di ritiro (ASTM D427-83; D4943-89)	$W_R$	n.d.	%



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 0009TD	Pagina 1/2	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 10/09/12
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:</b> 003/12 del 03/08/12		<b>Inizio analisi:</b> 06/08/12 <b>Fine analisi:</b> 07/08/12

<b>COMMITTENTE:</b> GETEA ITALIA s.r.l. per conto di SOGESID S.p.A.		
<b>RIFERIMENTO:</b> SIN Napoli Orientale		
<b>SONDAGGIO:</b> S11	<b>CAMPIONE:</b> C1	<b>PROFONDITA':</b> m 3,00 - 3,50

### PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Ricostituito	Ricostituito	Ricostituito
Tempo di consolidazione (ore):	24	24	24
Pressione verticale (kPa):	100	200	300
Tensione a rottura (kPa):	83	164	244
Deformazione verticale a rottura (mm):	-0,30	-0,39	-0,44
Umidità iniziale e umidità finale (%):	6,5 21,0	6,5 20,3	6,5 20,9
Peso di volume (kN/m³):	16,5	16,5	16,5

#### DIAGRAMMA Tensione - Pressione verticale

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,080 mm / min

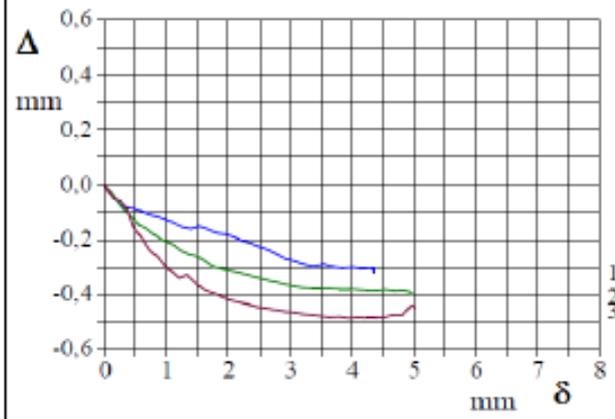
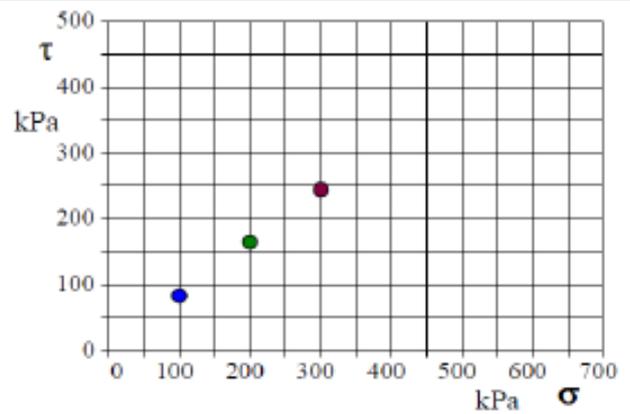


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

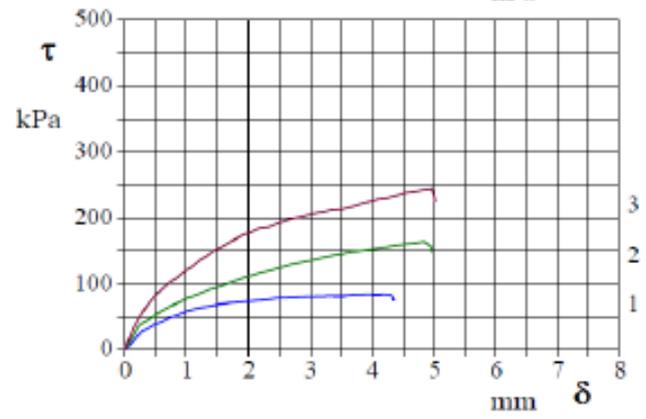


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

id

CERTIFICATO DI PROVA N°: 0009TD	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 10/09/12
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 003/12 del 03/08/12		Inizio analisi: 06/08/12 Fine analisi: 07/08/12
COMMITTENTE: GETEA ITALIA s.r.l. per conto di SOGESID S.p.A.		
RIFERIMENTO: SIN Napoli Orientale		
SONDAGGIO: S11	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 3,00 - 3,50

### PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0,100	8	-0,03	0,116	18	-0,03	0,137	33	-0,05
0,198	19	-0,06	0,226	36	-0,07	0,262	53	-0,06
0,295	28	-0,08	0,353	45	-0,10	0,350	66	-0,09
0,375	33	-0,08	0,457	50	-0,12	0,461	77	-0,15
0,477	38	-0,09	0,562	57	-0,15	0,591	91	-0,19
0,592	42	-0,10	0,666	62	-0,16	0,730	101	-0,24
0,718	48	-0,11	0,803	68	-0,18	0,862	110	-0,26
0,851	53	-0,12	0,911	73	-0,20	0,988	120	-0,30
0,972	57	-0,13	1,021	78	-0,21	1,103	127	-0,32
1,093	61	-0,14	1,118	81	-0,22	1,211	135	-0,34
1,255	64	-0,16	1,221	84	-0,24	1,327	143	-0,33
1,387	66	-0,16	1,344	90	-0,25	1,466	152	-0,36
1,532	69	-0,15	1,492	94	-0,26	1,607	159	-0,38
1,669	70	-0,16	1,631	99	-0,28	1,747	165	-0,40
1,814	72	-0,18	1,773	104	-0,30	1,883	172	-0,41
1,955	73	-0,18	1,914	108	-0,31	2,029	177	-0,42
2,094	74	-0,19	2,053	112	-0,32	2,174	183	-0,43
2,217	75	-0,20	2,199	117	-0,32	2,328	185	-0,44
2,377	77	-0,21	2,347	120	-0,33	2,474	191	-0,45
2,504	78	-0,22	2,481	124	-0,34	2,617	196	-0,45
2,656	78	-0,24	2,621	128	-0,35	2,764	199	-0,46
2,797	79	-0,25	2,779	131	-0,36	2,913	202	-0,46
2,933	80	-0,27	2,921	134	-0,36	3,059	206	-0,46
3,087	80	-0,28	3,071	137	-0,37	3,206	209	-0,47
3,247	80	-0,29	3,219	140	-0,38	3,356	212	-0,47
3,381	81	-0,30	3,363	143	-0,38	3,492	213	-0,48
3,547	81	-0,29	3,506	145	-0,38	3,641	216	-0,48
3,692	82	-0,30	3,646	148	-0,38	3,791	220	-0,48
3,850	83	-0,30	3,800	150	-0,38	3,941	224	-0,48
4,008	83	-0,30	3,951	152	-0,38	4,095	228	-0,48
4,153	83	-0,30	4,103	154	-0,38	4,233	230	-0,48
4,308	82	-0,30	4,248	156	-0,39	4,378	233	-0,48
4,344	77	-0,30	4,395	159	-0,39	4,517	238	-0,48
4,348	76	-0,31	4,542	160	-0,38	4,666	240	-0,47
4,350	76	-0,31	4,693	162	-0,39	4,815	242	-0,47
4,350	75	-0,30	4,843	164	-0,39	4,958	244	-0,44
4,351	75	-0,30	4,948	156	-0,39	5,003	232	-0,44
4,351	75	-0,31	4,955	152	-0,40	5,009	229	-0,45
4,352	75	-0,32	4,952	150	-0,40	5,013	227	-0,44
4,356	75	-0,31	4,955	149	-0,40	5,015	226	-0,45

d

## STRATIGRAFIA - S12

SCALA 1 : 125 Pagina 1/1

Riferimento: SOGESID S.p.A.										Sondaggio: S12					
Località: San Giovanni a Teduccio (NA)										Quota: 3,20 m s.l.m.					
Impresa esecutrice: Getea Italia s.r.l. - S.I.T.E. s.r.l.										Data: 01/08/2012					
Coordinate: X: 441963.984 Y: 4519876.331										Redattore: Giovanni Cagliano					
Perforazione: Carotaggio continuo															
#	R	A	Pz	metri	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prol. % 0-100	SPT	N	RQD % 0-100	prof. m	DESCRIZIONE	
1					[Pattern: coarse sand with clay fragments]									Sabbia marina, medio grossa, incoerente, con presenza di frammenti lateritici, passante da asciutta ad umida, di colore grigio.	
2															
3														3,0	
4					[Pattern: grey tuff]									Blocco di tufo grigio, derivante da attività di riporto	
5						1) Dite = 5,00 5,00					26-17-17	34		4,8	Sabbia marina, medio grossa, incoerente, satura, di colore grigio.
6					[Pattern: coarse sand]										
7															
8						2) Dite = 8,00 8,50									
9					[Pattern: coarse sand]										
10															
11					[Pattern: coarse sand]										
12														12,0	
13					[Pattern: coarse sand]										
14														13,3	
15					[Pattern: volcanic ash and sand]										
16											38-43-50/12cm Rf			14,8	
17					[Pattern: yellow tuff]										
18						3) Dite = 15,50 16,00								15,2	Tufo giallo napoletano, coerente, di colore giallo nocciola
19					[Pattern: altered yellow tuff]										
20															Tufo giallo napoletano, alterato, costituito da scorie vulcaniche, poco coerente, satura, di colore nocciola.
21					[Pattern: yellow tuff]										
22															
23					[Pattern: surface tuff]										
24															Coitre superficiale del tufo grigio, costituita da scorie e pomici vulcaniche, poco coerente, satura, di colore grigio.
25					[Pattern: yellow tuff]										
26						4) Dite = 24,50 25,00					30-38-50/5cm Rf				
27					[Pattern: yellow tuff]										
28															
29					[Pattern: compact grey tuff]										
30						5) Dite = 29,50 30,00								29,5	Tufo grigio compatto
													29,3	Tufo grigio, frantumato, costituito da pomici e scorie tufacée, incoerente, saturo, di colore grigio.	
													30,0		

Fig. 18 – Colonna litostratigrafica del sondaggio S12



Foto 6 – Sequenza fotografica relativa la S12 con le cassette catalogatrici.

## 8. CONSIDERAZIONI DI CARATTERE LITOTECNICO

I depositi presenti all'interno del SIN sono rappresentati da litotipi vulcanici e vulcano-clastici rimaneggiati in parte dall'attività fluviale e in parte da quella marina.

Essi sono caratterizzati da una notevole differenziazione del comportamento fisico-meccanico, in relazione alle diverse modalità della loro messa in posto (piroclastiti di ricaduta, di colata piroclastica, di colata lavica, ecc. - *Funicello & Giordano, 2008*) nonché dell'attività di rimaneggiamento (erosione/trasporto/rideposizione) operata dai corsi d'acqua e/o dall'azione del mare.

Nell'ambito della progettazione della messa in sicurezza della falda freatica del SIN di Napoli Orientale la caratterizzazione meccanica dei terreni riguarda quelle aree, dove insisteranno degli interventi infrastrutturali quali pozzi di emungimento ovvero barriere idrauliche, condotte, strutture per impianti di sollevamento e il marginamento fisico-palancolato previsto a S. Giovanni a Teduccio (vd. successivo parag. 9).

In particolare, lungo lo sviluppo della condotta i termini litologici che s'incontreranno saranno prevalentemente i depositi addizionati costituiti da terreni di riporto di vario genere.

I dati meccanici per questo tipo di materiale possono essere ovviamente del tutto indicativi vista l'estrema eterogeneità dei depositi detritici presenti nell'area in esame.

Essi costituiscono la porzione più superficiale del sottosuolo dell'area in esame e si comportano come materiale sciolto scarsamente addensato essendo inglobato in un'abbondante matrice sabbioso-limosa di natura piroclastica con scarse qualità meccaniche.

Verosimilmente questi materiali, provenienti da vicini scavi, furono utilizzati per livellare l'originaria superficie topografica del sito e sono considerati e classificati, da un punto di vista geotecnico, come molto terreni dalle caratteristiche scadenti.

In sintesi, qui di seguito si rappresentano i vari tipi litologici che s'incontrano nel contesto progettuale (vedi sezioni e profili allegati al progetto) e di questi si valutano i principali parametri geotecnici, ricavati da indagini eseguite nell'area del SIN, da utilizzare ai fini progettuali:

### **Depositi addizionati (Riporto, terre da scavo, ecc.)**

Si tratta di terre di riporto eterogenee ed eterometriche, poco addensate, costituite da livelli sabbio-limosi alternati a livelli sabbiosi, con intercalazioni di trovanti tufacei, pozzolane e laterizi. Lo spessore è estremamente variabile da pochi decimetri a oltre 10 m. Basandosi sui risultati di precedenti campagne d'indagine eseguite sempre nell'ambito del SIN di Napoli e considerata la loro inevitabile dispersione, possono assumersi i seguenti valori medi prudenziali:

Peso unità di volume  $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$

Angolo d'attrito	$\varphi = 22-26^\circ$
Coesione	$C_u = 0 \text{ kN/m}^2$

Superato il pacco di terreni addizionati laddove questi ultimi, si riducono nello spessore (0,5-1,0 m) i livelli che verosimilmente si possono incontrare immediatamente sotto, o in passaggio laterale, sono:

### **Sabbie fini debolmente limose**

Alla luce di quanto sopra, per il complesso dei terreni in esame ossia *sabbie debolmente limose* si ritengono opportuno fare riferimento ai seguenti valori medi prudenziali:

Peso dell'unità di volume	$\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$ ;
Angolo di attrito	$\varphi = 30-35^\circ$ ;
Coesione	$C_u = 0$ ;

### **Sabbie e ghiaie (Depositi a prevalenza sabbiosa/depositi a prevalenza ghiaiosa)**

Per il primo tipo si tratta di sabbie sciolte prevalentemente a grana medio-fine, di colore grigio chiaro e/o paglierino.

Lo spessore è variabile da pochi metri a oltre 20 m. Si presentano essenzialmente costituiti da *sabbie ben addensate*. Dai risultati delle prove geotecniche, granulometricamente, si tratta di sabbie addensate che riportano questi valori medi delle seguenti caratteristiche fisico-meccaniche:

Peso unità di volume	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
Angolo d'attrito	$\varphi = 24-28^\circ$
Coesione	$C_u = 0 \text{ kN/m}^2$

Per il secondo tipo si tratta di *ghiaie sciolte* a luoghi con una matrice sabbiosa. I parametri tipo sono:

Peso unità di volume	$\gamma = 17-18 \text{ kN/m}^3$
Angolo d'attrito	$\varphi = 25-28^\circ$
Coesione	$C_u = 0 \text{ kN/m}^2$

### **Limi debolmente sabbiosi**

Si tratta di pozzolane e lapilli e sulle caratteristiche granulometriche questi terreni possono essere classificati *come limi debolmente sabbiosi* poco addensati. Il contenuto di pomice è sempre esiguo.

I dati ricavate da prove geotecniche su terreni uguali in aree limitrofe presentano le seguenti caratteristiche fisiche:

Peso unità di volume	$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$
Angolo d'attrito	$\varphi = 25-28^\circ$

Coesione	$C_u = 0 \text{ kN/m}^2$
Velocità delle onde S	$V_s = 130 \text{ m/s}$

### **Cinerite**

Sono essenzialmente costituite da pomice sub centimetriche autoctone alterate e frammenti litici moderatamente addensate di colore marrone scuro eruttati dai complessi vulcanici con uno spessore di circa 20 m fino alla profondità indagata.

Nella parte bassa del banco, si rinvengono livelli “*umificati e argillificati*” che testimoniano la presenza di paleosuoli. Si tratta prevalentemente di terreni molto addensati con questi valori medi delle seguenti caratteristiche fisico-meccaniche:

Peso unità di volume	$\gamma = 16-20 \text{ kN/m}^3$
Angolo d'attrito	$\varphi = 30-32^\circ$
Coesione	$C_u = 0 \text{ kN/m}^2$
Velocità delle onde S	$V_s = 268 \text{ m/s}$

### **Piroclastiti**

Si tratta di litotipi composti per la loro natura effusiva caratterizzati da una matrice prevalentemente fina (cenere) con uno scheletro pomiceo-litico e un cemento zeolitico. In funzione del tipo di processo diagenetico subito possono dar luogo a rocce lapidee più o meno tenere ovvero pozzolane debolmente cementate o pozzolane incoerenti.

I parametri meccanici caratteristici sono:

Peso unità di volume	$\gamma = 10-23 \text{ kN/m}^3$
Angolo d'attrito	$\varphi = 32-40^\circ$
Coesione	$C_u = 0- 1 \text{ kN/m}^2$
Velocità delle onde S	$V_s = 260/326 \text{ m/s}$

### **Tufo**

Si tratta di depositi piroclastici tufacei e pomicei a vario grado di cementazione e litificazione.

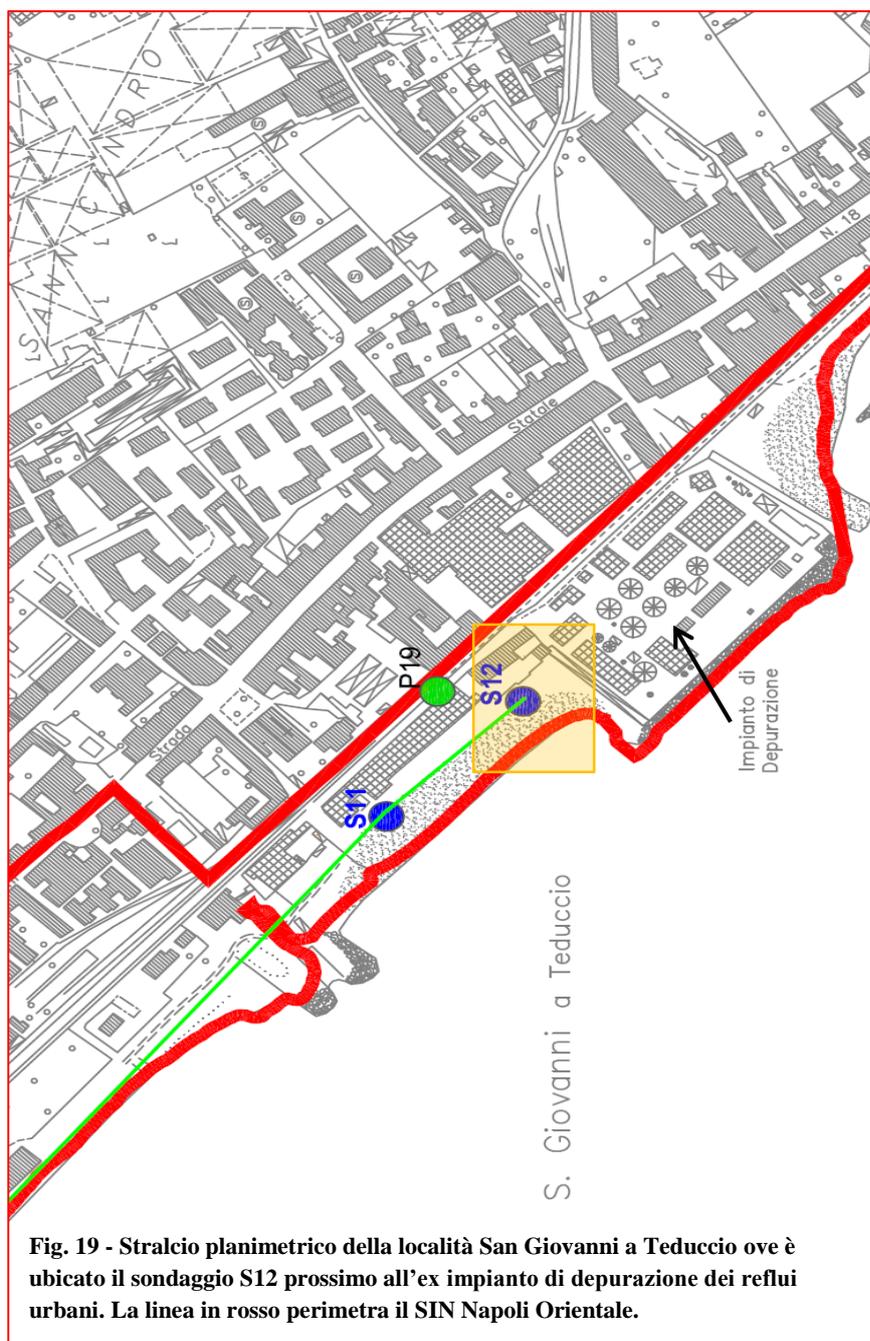
Peso unità di volume	$\gamma = 24-26 \text{ kN/m}^3$
Angolo d'attrito	$\varphi = 28-32^\circ$
Coesione	$C_u = 0- 1 \text{ kN/m}^2$



## 9. Il SITO dell'INTERVENTO di MARGINAMENTO ex IMPIANTO di DEPURAZIONE ACQUE REFLUE di San Giovanni a Teduccio.

In questo luogo è previsto un marginamento fisico, attraverso un palancoato da infiggere su tre lati compreso quello “*lato mare*”, dell'ex impianto di depurazione reflui urbani di San Giovanni a Teduccio al fine di bloccare la contaminazione trasportata dall'acqua di falda prima del suo arrivo in mare.

I terreni che saranno interessati dai lavori di marginamento sono rappresentati nella stratigrafia ricavata da una perforazione geognostica (S12 vd. fig.19 e 20) eseguita in prossimità dell'impianto.



## STRATIGRAFIA - S12

SCALA 1 : 125 Pagina 1/1

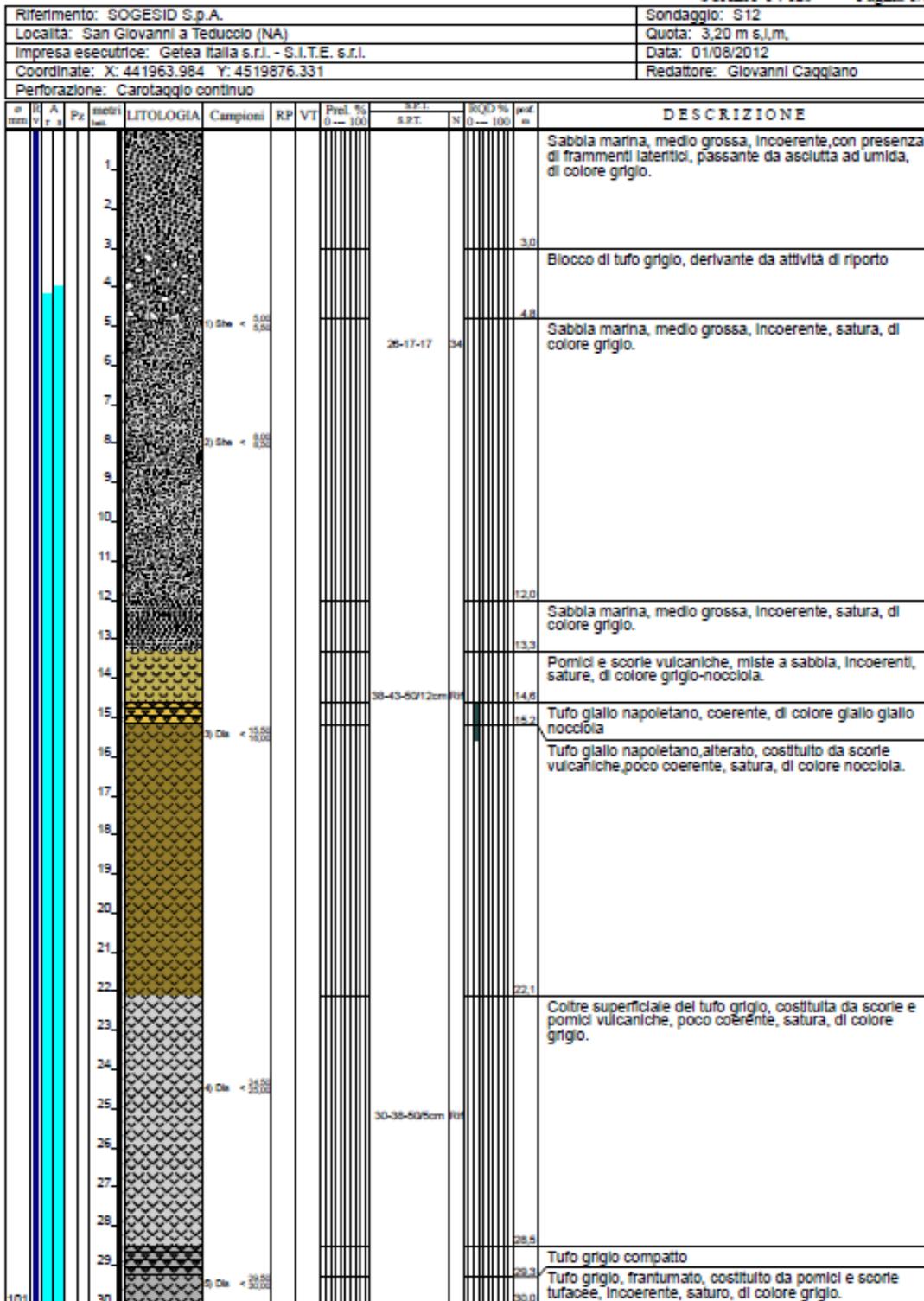


Fig. 20 – Colonna stratigrafica del S12.

Inoltre, si rappresentano i risultati delle indagini in situ (SPT) e di laboratorio geotecniche sui campioni indisturbati prelevati durante le fasi di perforazione del sondaggio.

Qui di seguito si elencano le schede sintetiche di parametri geotecnici investigati con prove in situ (STP) e indagini di laboratorio.

In particolare le prove (vd. tab. 5) in situ hanno avuta la seguente cadenza d'ecuzione: la prima tra - 5,50 e -6,00 m dal p.c., la seconda tra -14,50 e -15,00 e la terza tra -25,00 e -25,50 m dal p.c.

I campioni indisturbati sono stati prelevati a tre quote diverse lungo la verticale, così come riportato nella sottostante tab. 6.

Denominazione sondaggio	Profondità prova m da p.c.	Numero di colpi $N_c$
S12	5.50/6.00	26-17-17
	14.50/15.00	38-43-50/12 cm
	25.00/25.50	30-38-50/5 cm

Sabbie

Tufo (TGN)

Tufo fratturato e alterato

Tabella 5

Campioni indisturbati

Campione disturbati

ID campione		S11 C1	S11 C2	S11 C3
profondità di prelievo in m dal p.c.		3.00-3.50	8.00-8.50	17.00-17.50
Granulometria		Sabbia con ghiaia deb. argillosa	Sabbia limosa	Sabbia con limo e ghiaia
Umidità naturale	%	6.51	30.22	22.15
Peso di volume	KN/m <sup>3</sup>	16.49	17.59	20.41
Peso dell'unità di volume secco $\gamma_d$	KN/m <sup>3</sup>	15.48	13.51	16.71
Peso dell'unità di volume umido $\gamma$	KN/m <sup>3</sup>	19.72	18.18	19.96
Peso specifico	KN/m <sup>3</sup>	27.24	25.75	24.99
Indice dei vuoti		0.76	0.91	0.50
Porosità $n$	%	43.15	47.54	33.16
Grado di Saturazione $S_r$	%	23.81	87.56	100
Compressione edometrica	KPa	204.1	220.1	
Compressione triassiale/taglio diretto	KPa	c=2.9 KPa; $\phi=38.9$	c=6.2 KPa; $\phi=34.7$	
LIMITI DI ATTERBERG				$3.05 \times 10^{-4}$
Limite di liquidità	%	15.41	24.18	24.24
Limite di plasticità	%	11.03	13.63	19.02
Indice di plasticità	%	4.38	10.55	5.22
Limite di ritiro	%	n.d.	6.66	10.53

Tabella 6

## 10. IL SITO del TAF (Impianto di Depurazione Napoli Orientale)

In questo sito è prevista la realizzazione dell'impianto TAF a servizio delle barriere idrauliche da realizzare per intercettare i "plumes" inquinanti presenti nella falda freatica. L'area identificata per la realizzazione dell'impianto TAF sia il depuratore Napoli Est sia la Motorizzazione Civile di Napoli (vd. foto 7).



Foto n. 7 – Ripresa aerea della zona dell'impianto di depurazione di Napoli Orientale. Il cerchio in rosso indica l'area per la realizzazione del TAF

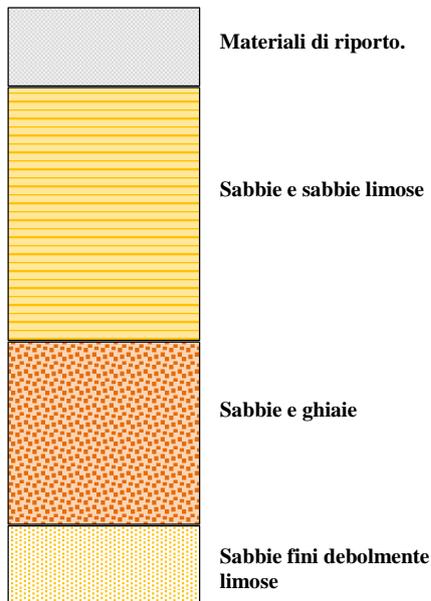
Dal punto di vista geologico si è potuto costruire un modello litostratigrafico attraverso i sondaggi eseguiti per la caratterizzazione dell'area (Rif.: Progetto di Caratterizzazione SIN4- ATI :TEI – Georingegneria S.r.l. - Chelab) fino alla profondità di -10 dal p.c.

Infatti, in quasi tutti i sondaggi geognostici sono stati trovati dei livelli litologici riconducibili prevalentemente alle formazioni dei depositi sabbio-limosi di origine alluvionale e subordinatamente a livelli di sabbie e ghiaie, comprendenti verso il basso anche i livelli di torba.

In particolare la sequenza può essere sintetizzata secondo la successione che qui di seguito si rappresenta (vd. fig. 21):

- *terreni di riporto* di varia origine e pezzatura immersi in una matrice sabbio-limosa o di terreno vegetale. Lo spessore è variabile compreso tra 0,40 e oltre 2,20 metri;
- *sabbie e sabbie limose* di colore variabile da grigio scuro a marrone. A livelli sono presenti straterelli pomicei. Lo spessore è variabile compreso tra 4,00 e 10,0 metri. All'interno di questa formazione si rinviene la falda idrica superficiale;

- *sabbie e ghiaie* in matrice limosa, ricche di frammenti litici e pomici generalmente sparse o a luoghi in livelli e lenti (pozzolane), spesso rimaneggiate. Lo spessore è compreso tra 2,50 e i 4,00 metri;
- *sabbie fini* in matrice limo-sabbiosa di colore grigio e grigio scuro. Lo spessore è contenuto entro i 2,00 metri.



**Fig. 21 – Costruzione litostratigrafica dell'area dell'Impianto di depurazione di Napoli Est.**

Per la caratterizzazione geotecnica dei litotipi identificati si rimanda al cap. 7 “*Considerazioni litotecniche*”.

## 11. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Nel panorama tecnico-scientifico sulla caratterizzazione dell'area SIN si è consultato, tra l'altro, lo studio (redatto ai fini della stesura del P.R.G. di Napoli) macrosismico della sismicità recente ('80 – '92) e storica (1000 - 1980) e sull'attenuazione degli effetti dalla sorgente al sito.

La sequenza storica degli eventi sismici registrati nelle aree campano-lucane ha permesso, in prima analisi, di discriminare tre zone potenzialmente sismogenetiche:

- un'area molisana;
- un'area beneventana;
- un'area irpino-lucana.

Da ciò è stato analizzato in dettaglio il campo macrosismico e i relativi effetti sulla città di Napoli di 5 dei principali terremoti dell'Appennino Meridionale originatisi nelle su citate aree sismogenetiche. In particolare sono stati analizzati i terremoti del dicembre 1456, il terremoto del 1688, il terremoto del 1694, il terremoto del 1805 e quello del 1980. Attraverso lo studio sui campi macrosismici, delle analisi statistiche sul territorio e della risposta sismica locale è stato possibile caratterizzare l'ambito comunale suddividendolo in ventitre zone omogenee (eseguite 68 prove geofisiche in foro *cross-hole* e *down-hole* e 116 *profili sismici a rifrazione*) dal punto di vista geofisico.

Tutto ciò ha consentito di individuare ventisette aree omogenee dal punto di vista della risposta locale.

Nel prospetto, qui di seguito riprodotto, si rappresentano i valori del: coefficiente di fondazione (f), coefficiente d'irregolarità topografica (i), grado di sismicità (S), l'accelerazione (G). Di fatto si evidenzia che, anche nelle condizioni più sfavorevoli nei valori dei coefficienti di fondazione e delle irregolarità topografiche, l'accelerazione del suolo è molto prossima al valore caratteristico delle zone di III categoria.

Appresso si descrivono le caratteristiche geosismiche delle aree interessate dal progetto definitivo (da Relazione geologica Comune di Napoli 1999).

**Area 2a.** In quest'area ricadono i quartieri di Barra, S. Giovanni a Teduccio e dalla parte meridionale di Ponticelli.

Si presenta sub-pianeggiante con quote variabili tra 1 m (prossimità della costa) e 30-35 m (s.l.m.), caratterizzata da un substrato litoide con velocità delle onde S di 850 m/s a profondità di oltre 20 m.

Al di sopra è presente una successione di terreni piroclastici sciolti di spessore intorno ai 10 m con velocità delle onde S, variabile con la profondità.

Di fatto intorno a valori di 200 m/s in prossimità del p.c. (10 metri) e di 330 m/s a una profondità di oltre 10 m; un secondo strato costituito da piroclastiti +/-cementati con valori di velocità di 500 m/s.

Area	f (Coeff. di fondazione)	i (Coeff. di irregolarità topografica)	S (Grado di simicità)	G (accelerazione)
2a	1,00	1,00	4,48	0,025

**Area 2b** (pro parte del SIN-Zona industriale, Ponticelli, S. Rocco).

E' un'area caratterizzata dalla presenza di un substrato litoide, tufo giallo, a una profondità di circa -55 m dal p.c. Questo strato è caratterizzato da una velocità delle onde S di 700 m/s.

Sopra la formazione litoide si trovano delle piroclastiti sciolte caratterizzate da una velocità delle onde S di circa 200 m/s nella parte più superficiale e di 400 m/s intorno a profondità di 15 m.

Area	f (Coeff. di fondazione)	i (Coeff. di irregolarità topografica)	S (Grado di simicità)	G (accelerazione)
2b	1,00	1,00	4,48	0,025

### 11.1 Classificazione sismica – aree di San Giovanni a Teduccio e del Depuratore Napoli est

Dal punto di vista sismico, sulla base della Deliberazione di Giunta Regionale della Campania n° 5447 del 07 novembre 2002, l'area in esame ricade in “zona II”.

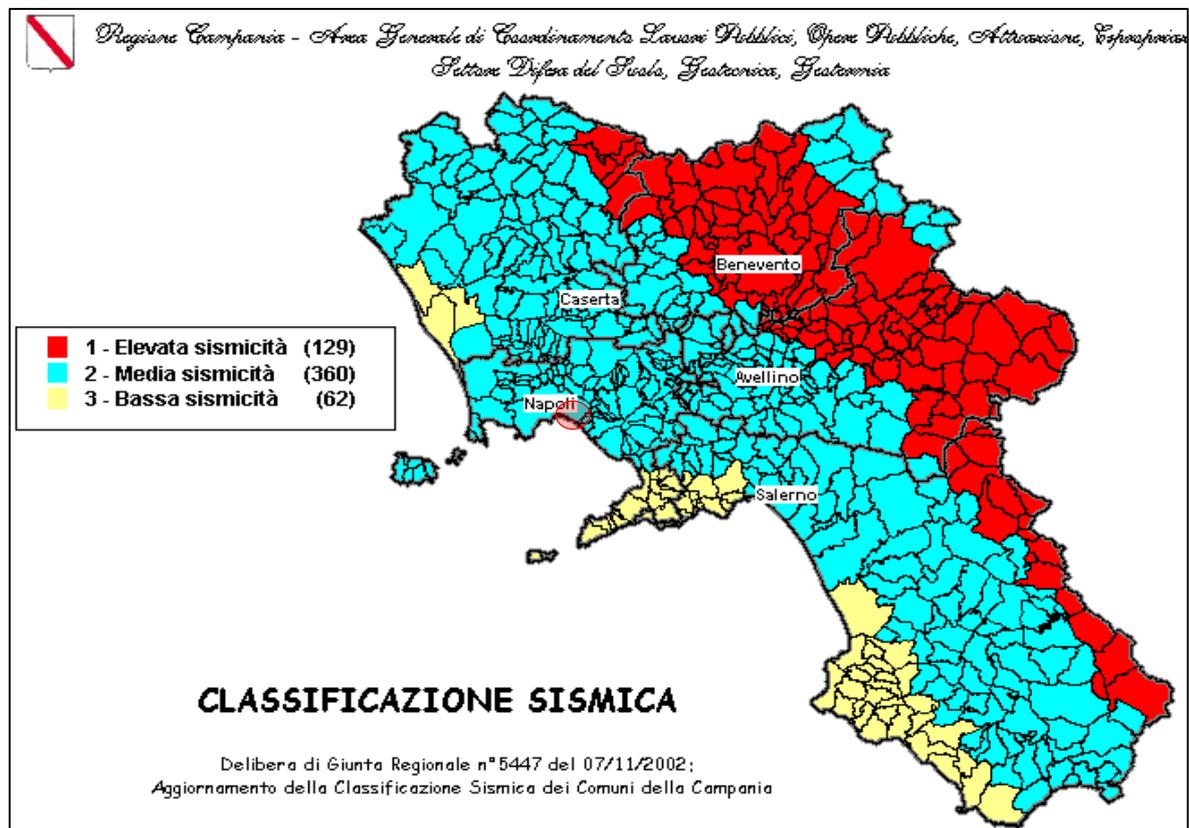


Fig. 22 - Classificazione sismica del 2002 dei Comuni della Regione Campania.

La pericolosità sismica di un territorio è rappresentata dalla frequenza e dalla forza dei terremoti che lo interessano, ovvero dalla sua sismicità ed è definita come *la probabilità che in una data area e in un certo intervallo di tempo accada un terremoto che superi una soglia d'intensità, magnitudo o accelerazione di picco (Pga) di nostro interesse.*

Per la determinazione dei valori della pericolosità sismica, il territorio nazionale è stato suddiviso in molteplici griglie aventi passo di 0.05°.

Ai sensi della Normativa Sismica OPCM 20/03/03 n. 3274 il Comune di Napoli è inserito in zona 2, in cui il valore di accelerazione sismica orizzontale al suolo da assumere per il calcolo del coefficiente sismico e  $ag = 0.25$  g.

La zona 2 è caratterizzata da una copertura di prodotti piroclastici recenti e di materiale di riporto poggianti sulla formazione del tufo giallo napoletano.

Secondo la Delibera di Giunta Regionale n. 5447 del 7/11/2002 - Aggiornamento della Classificazione Sismica dei Comuni della Campania – l'area d'interesse è caratterizzata da una "media sismicità" (vd. Fig. 22).

Per quanto riguarda la mappa di pericolosità sismica elaborata dall'I.N.G.V. (vd. fig. 23) nella Regione Campania sono presenti otto classi di accelerazione massima (a) con valori che variano gradualmente tra 0.075 g, lungo la costa, a 0,275 g nell'area dell'Irpinia, a meno delle aree

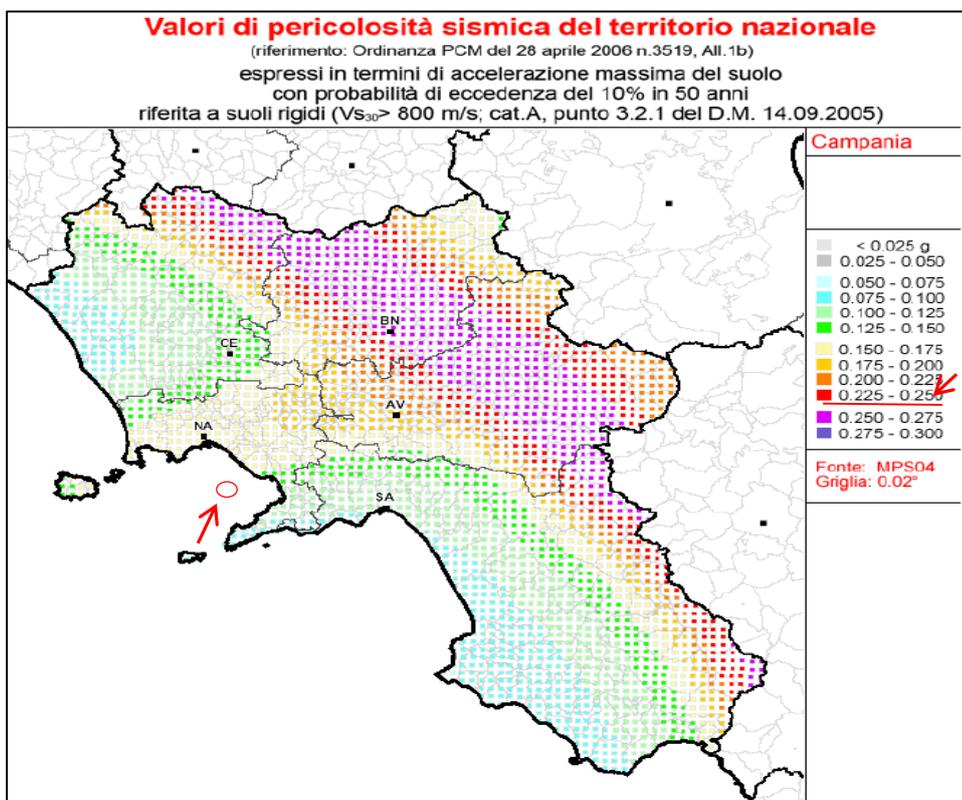


Fig. 23 - Zone sismiche Regione Campania con recepimento delle variazioni operate dalle singole Regioni (marzo '04).

vulcaniche Vesuvio-Ischia-Campi Flegrei dove si hanno valori mediamente compresi tra 0,175 g e 0,200 g (Secomandi, 2004).

L'area di interesse è caratterizzata da valori di a compresi tra 0,15 e 0,175 g.

Secondo la nuova classificazione sismica del 2003, il territorio nazionale



e suddiviso in quattro zone omogenee cui corrisponde un'accelerazione di riferimento variabile da meno di 0,05 g nella quarta zona fino a 0,35 g nella prima zona (vd. tab. 7).

	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni AG/G	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (NT) AG/G
<b>1</b>	<b>&gt;50</b>	<b>0,35</b>
<b>2</b>	<b>0,15 – 0,25</b>	<b>0,25</b>
<b>3</b>	<b>0,05 – 0,15</b>	<b>0,15</b>
<b>4</b>	<b>&lt;0,05</b>	<b>0,05</b>

**Tabella 7 - Livelli energetici delle azioni sismiche previste dall'OPCM 3274/03 per le varie Zone.**

Nella prima colonna è riportato il valore di picco orizzontale del suolo espresso in percentuale di “g” (accelerazione di gravità) mentre nella seconda colonna sono riportati i valori dell'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico nelle norme tecniche sulle costruzioni.

I valori sono tutti riferiti alle accelerazioni che sono attese a seguito di un evento sismico laddove il sottosuolo interessato è costituito da formazioni litoidi o rigide definite quali suoli di fondazione di Categoria A ( $V_s \geq 800$  m/s).

Nell'ambito della zona 4 sono inclusi tutti quei territori che sono stati esclusi sino a oggi da ogni classificazione sismica.

Si sottolinea, quindi, che in base al nuovo elenco, tutto il territorio nazionale in pratica è considerato potenzialmente sismico (Cfr. Recepimento da parte delle Regioni e delle Province autonome dell'ordinanza PCM 20/03/2003, n. 3274).

## 11.1 Categorie di sottosuolo

Ai fini della nuova normativa tecnica per le costruzioni del 2008, le forme spettrali sono definite per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima;
- $F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T^*C$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio sia ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni dell'opera da costruire nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

- *Stato Limite di Operatività (SLO)*: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni e interruzioni d'uso significativi;
- *Stato Limite di Danno (SLD)*: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- *Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)*: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali e impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva, invece, una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- *Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)*: a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli degli elementi non strutturali e impiantistici e danni molto gravi degli elementi strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali e un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Nel nostro caso specifico si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento riportate nella tabella 8 di seguito rappresentata.

Categoria	Descrizione	Tabella 8
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di <math>V_{s,30}</math> superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>	

Categoria	Descrizione	Tabella 9
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.	

D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s,30}</math> inferiori a 180 m/s (ovvero <math>N_{SPT,30} &lt; 15</math> nei terreni a grana grossa e <math>c_{u,30} &lt; 70</math> kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con <math>V_s &gt; 800</math> m/s).</i>

In aggiunta a queste categorie se ne definiscono altre due per le quali sono richiesti studi speciali allo scopo di meglio caratterizzare l'azione sismica.

Queste ulteriori categorie sono di riportate in tabella 9.

## 11.2 Condizioni topografiche

Per configurazioni superficiali semplici, come il caso in oggetto, si può adottare la seguente classificazione così come descritta in tabella 10.

Le categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica	Tabella 10
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	

### 11.3 Parametri sismici

Dal grado di approfondimento del presente studio, acquisito attraverso il rilevamento geologico, geomorfologico e stratigrafico dell'area, nonché attraverso i dati forniti da una prova sismica, è stato possibile stabilire quanto segue:

- dal punto di vista morfologico, l'area in esame si colloca su un'area pianeggiante appartenente morfologicamente alla pianura costiera. Secondo le nuove normative sismiche NTC 2008, la categoria topografica da attribuire al sito è di tipo T1 (aree pianeggianti, pendii e rilievi isolati con pendenze inferiori a 15°);
- la categoria di suolo è stata definita attraverso la conoscenza sismostratigrafica del sito con la determinazione del VS30; valutata attraverso una prova sismica, pari a 275-290 m/sec.(prova effettuata nelle prossime vicinanze di San Giovanni a Teduccio). Il tipo di suolo che scaturisce è quello di tipo "C" (Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT30 < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < cu,30 < 250$  kPa nei terreni a grana fina), secondo quanto riportato nella tabella 3.2.II (Norme Tecniche Costruzioni 2008) – Categorie di sottosuolo;
- dopo aver acquisito le caratteristiche del sito e dell'opera, si valutano i parametri sismici caratteristici e si elaborano gli spettri di risposta agli stati limite SLO, SLD, SLV e SLC. Gli stati limite definiscono le condizioni sismiche del sito cui il progettista deve far riferimento per la progettazione in sicurezza dell'opera.

Per poter definire i livelli di sicurezza attesi dall'opera, richiesti dalle norme (cap. 2 delle NTC) è necessario definire, la "Vita Nominale" (cfr. punto 2.4.1 delle NTC) e "Classe d'Uso" (cfr. punto 2.4.2 delle NTC).

Considerato il carattere temporaneo dell'opera in progetto, legata ai tempi della bonifica, si prevede che la funzionalità deve coprire un arco temporale di circa per 30 anni.

Pertanto, si definisce una Vita Nominale ( $V_n$ ) pari a 50 anni, che è di non molto superiore all'intervallo di tempo per cui è richiesta la completa funzionalità, come contemplato dalla tabella 2.4.I estratta dalle NTC e qui riportata per completezza.

Tabella 11	TIPI DI COSTRUZIONE	Vita Nominale $V_N$ (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva <sup>1</sup>	$\leq 10$
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	$\geq 50$
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	$\geq 100$

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

- *Classe I:* Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- *Classe II:* Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso *III* o in Classe d'uso *IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- *Classe III:* Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso *IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- *Classe IV:* Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti a itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie d'importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

La classe d'uso identificata è la III "Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso".

Poiché nell'elenco B del D.C.D.P.C. n. 3685 del 21 ottobre 2003, al punto 2 sono inserite "strutture il cui collasso può comportare gravi conseguenze in termini di danni ambientali", nonché nell'elenco B della D.G.R. Campania n. 3573 dello 05/12/03, al punto 8 sono inserite "strutture di stoccaggio di prodotti insalubri o pericolosi", si può ritenere che le opere in progetto sono da intendersi come "rilevanti" in relazione alle conseguenze di un loro eventuale collasso.

Pertanto, le opere in esame possono classificarsi in Classe III, definita in funzione delle possibili conseguenze dovute a un'interruzione di operatività, o eventuale collasso.

In definitiva (cfr. punto 2.4.3 delle NTC) il periodo di riferimento dell'azione sismica vale:

$$V_R = V_N * C_U$$

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

e

pertanto  $V_R = 75$  anni.

## 11.4 Caratteri del sottosuolo

Come può meglio rilevarsi dalla relazione geologica, sulla base dei dati acquisiti si è ricostruito l'andamento del sottosuolo dell'area prospiciente la linea di costa che è interessata dal progetto di messa in sicurezza e bonifica delle acque di falda di cui la presente relazione fa parte. La stratigrafia ricavata può essere così sintetizzata:

- materiale di riporto estremamente variabile per tipologia e granulometria con spessori variabili compresi tra 2 m fino a 6 -7 m;
- depositi sciolti piroclastico – alluvionale di provenienza flegrea e vesuviana rimaneggiati in ambiente fluviale. La granulometria varia dalle sabbie a sabbie limose con presenza di ghiaia. Tali depositi hanno spessori compresi tra 8 e 15 m;
- piroclastiti costituiti da pomici a grana fine, scorie vulcani e sabbie, incoerenti con spessori variabili tra 2 e 4 metri circa;
- Tufo Giallo Napoletano (presente nel settore ovest del SIN) nella sua facies litoide di colore giallo. Si rinviene a profondità variabili comprese tra 18 e 22 metri dal p.c. con spessori fino a qualche metro;
- Tufo grigio del Somma Vesuvio (presente nel settore orientale del SIN), posto a profondità compresa tra 13 e 16 metri al di sotto del p.c. con spessori variabili, ma di oltre 10 m. È presente sia in facies coerente sia incoerente con inclusi carbonatici e lavici.

L'allegato "A" delle NTC prevede che l'azione sismica di riferimento per la progettazione (paragrafo 3.2.3) sia definita sulla base dei valori di pericolosità sismica derivata da studi condotti a livello nazionale, su dati aggiornati, con procedure trasparenti e metodologie validate.

I dati utilizzati per le valutazioni devono essere resi pubblici, in modo che sia possibile la riproduzione dell'intero processo.

La pericolosità sismica è descritta :

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima  $a_g$  e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle **NTC**, nelle condizioni di sito di riferimento rigido;
- in corrispondenza dei punti di un reticolo (*reticolo di riferimento*) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km);
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno  $T_R$  ricadenti in un *intervallo di riferimento* compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi;

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, nei modi precisati al paragrafo 3.2.2.-“Categorie di suolo e condizioni topografiche”, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie.

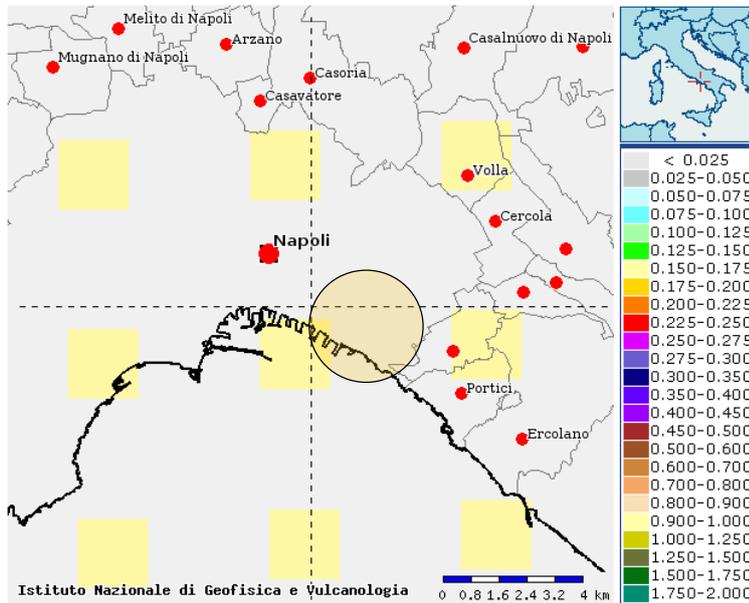


Fig. 24- Mappa di pericolosità sismica redatta a cura dell'INGV di Milano secondo le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008) - Punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento  $a_g$ ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50

Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica (vd. fig. 24) su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito web: <http://essel.mi.ingv.it/> al Progetto INGV-DPC S1.

Ai fini dell'individuazione della pericolosità del sito di ubicazione delle opere in progetto si è utilizzata un'applicazione che può essere scaricata dal sito del Consiglio

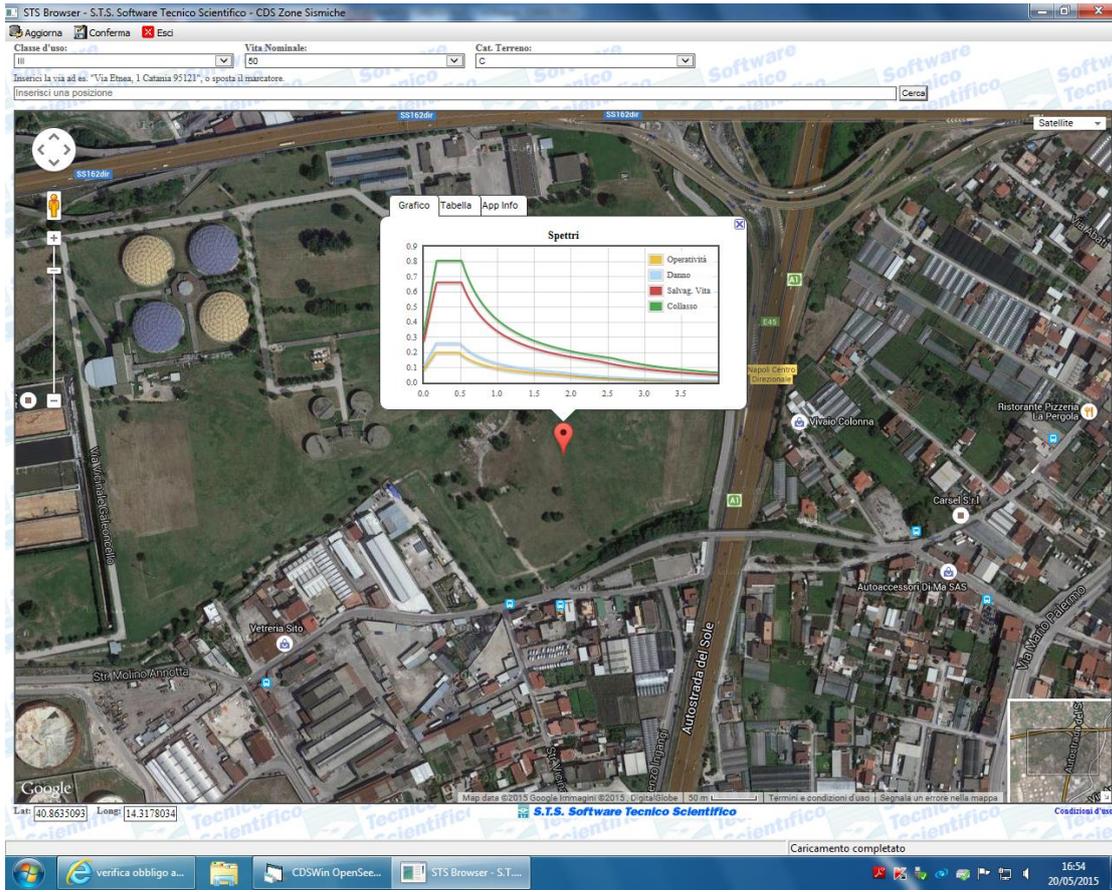
Superiore dei Lavori Pubblici all'indirizzo: <http://www.infrastrutture.gov.it/consuplp>.

Detta applicazione fornisce, le PGA in funzione del periodo di ritorno per un'assegnata località individuabile dalle proprie coordinate geografiche.

Per la precisione l'applicazione fornisce, tra l'altro, anche la forma spettrale relativa al sito individuato.

In definitiva, i parametri utili per la caratterizzazione sismica del sito in cui sorgono le opere del presente progetto, vengono, nelle pagine di seguito, riportati gli stati limiti di cui al punto 3.2.1 delle NTC.





## FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

Ricerca per comune

LONGITUDINE  
14,31780

LATITUDINE  
40,86350

REGIONE  
Campania

PROVINCIA  
Napoli

COMUNE  
Napoli

**Elaborazioni grafiche**

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

**Elaborazioni numeriche**

Tabella parametri

**Reticolo di riferimento**

Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione

superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

Nodi del reticolo intorno al sito

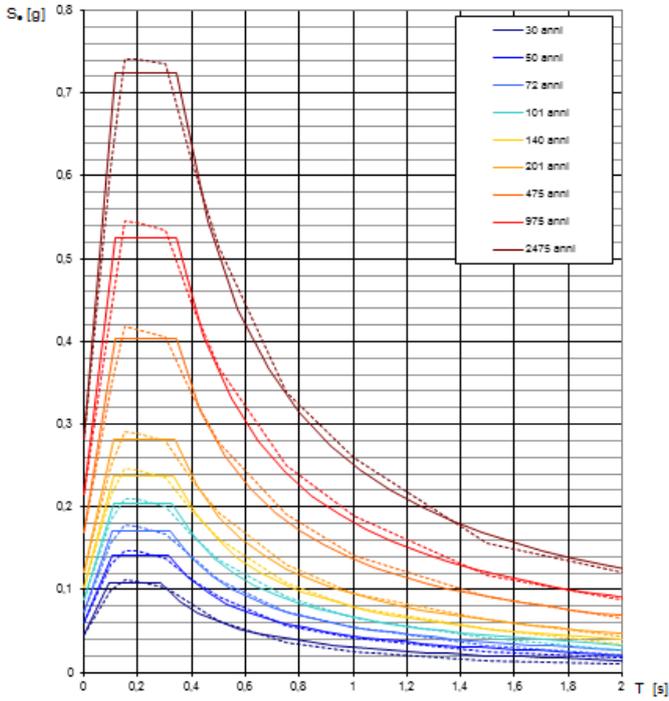
INTRO

FASE 1

FASE 2

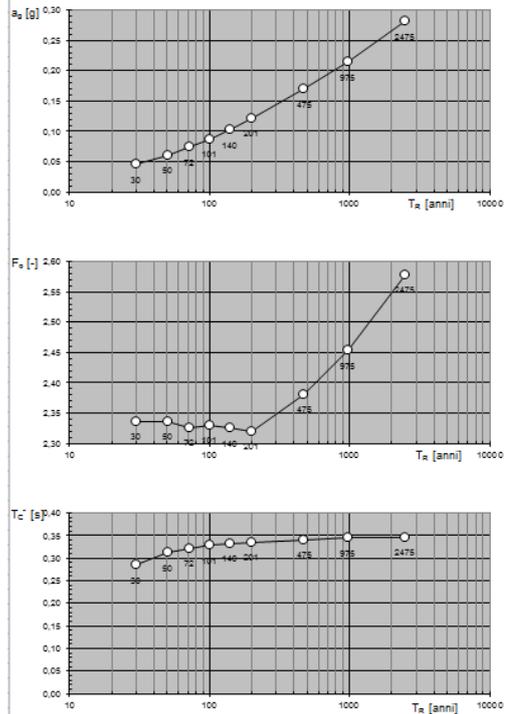
FASE 3

**Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento**



NOTA:  
 Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_d$ ,  $T_C$ : variabilità col periodo di ritorno  $T_R$**



**FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE**

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$   info  
 Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$   info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$   info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

Stati limite di esercizio - SLE { SLO -  $P_{VR} = 81\%$    
 SLD -  $P_{VR} = 63\%$    
 Stati limite ultimi - SLU { SLV -  $P_{VR} = 10\%$    
 SLC -  $P_{VR} = 5\%$

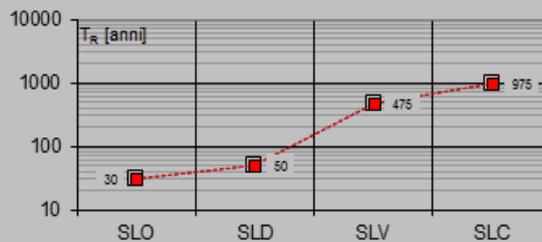
Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

Strategia di progettazione



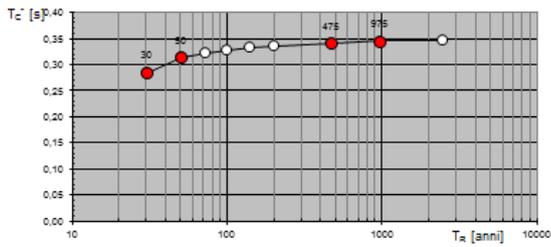
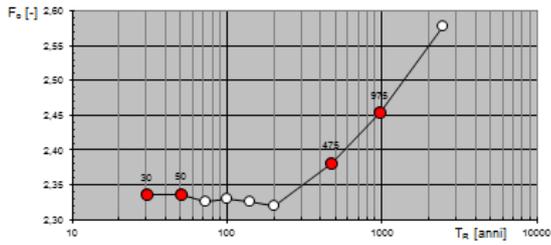
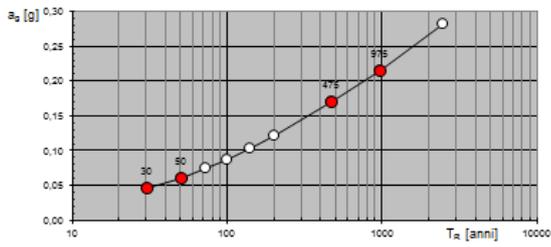
INTRO

FASE 1

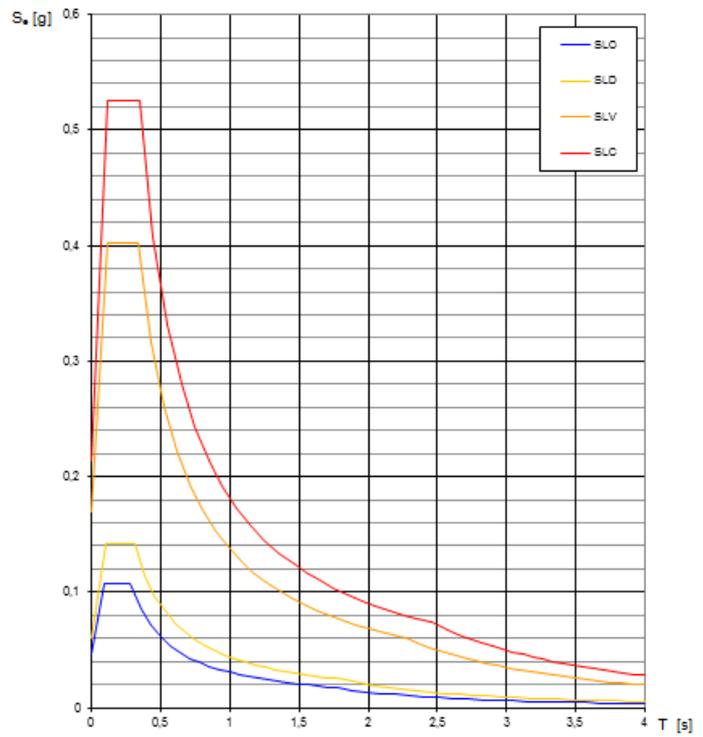
**FASE 2**

Asse orizzontale (Categorie)

**Valori di progetto dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  in funzione del periodo di ritorno**



**Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite**



**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a cias**

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	30	0,046	2,336	0,285
SLD	50	0,061	2,337	0,312
SLV	475	0,163	2,381	0,341
SLC	975	0,214	2,453	0,345

### FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

**Stato Limite**  
 Stato Limite considerato **SLV** info

---

**Risposta sismica locale**  
 Categoria di sottosuolo **C** info       $S_B = 1,458$        $C_C = 1,497$  info  
 Categoria topografica **T1** info       $h/H = 0,000$        $S_T = 1,000$  info  
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

---

**Compon. orizzontale**  
 Spettro di progetto elastico (SLE)      Smorzamento  $\xi$  (%) **5**       $\eta = 1,000$  info  
 Spettro di progetto inelastico (SLU)      Fattore  $q_0$  **3**      Regol. in altezza **no** info

---

**Compon. verticale**  
 Spettro di progetto      Fattore  $q$  **1,5**       $\eta = 0,667$  info

---

**Elaborazioni**  
 Grafici spettri di risposta ▶▶▶  
 Parametri e punti spettri di risposta ▶▶▶

— Spettro di progetto - componente orizzontale

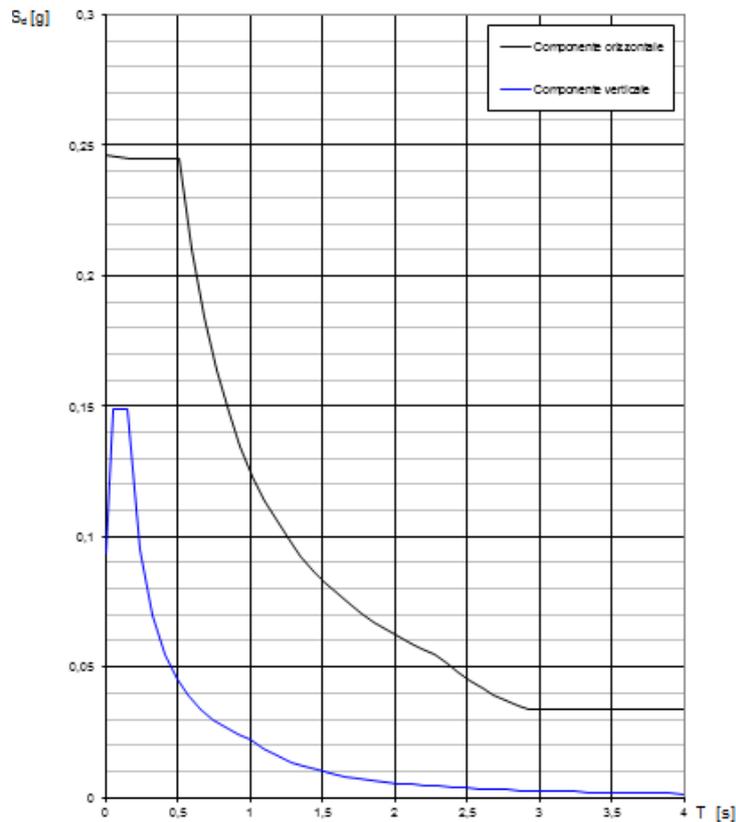
— Spettro di progetto - componente verticale

— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )

**Spettri di risposta**

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lir SLV**



Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato lir8LV

Parametri indipendenti	
STATOLIMITE	SLV
$a_x$	0,169 $\alpha$
$F_x$	2,381
$T_c$	0,341 $r$
$S_x$	1,458
$C_c$	1,497
$S_T$	1,000
$q$	2,400

Parametri dipendenti	
$S$	1,458
$\eta$	0,417
$T_B$	0,170 $r$
$T_C$	0,511 $r$
$T_D$	2,276 $r$

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_x \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 \cdot (S + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4 \cdot 0 \cdot a_x / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_x(T) = a_x \cdot S \cdot \eta \cdot E_x \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot E_x} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_x(T) = a_x \cdot S \cdot \eta \cdot E_x$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_x(T) = a_x \cdot S \cdot \eta \cdot E_x \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_x(T) = a_x \cdot S \cdot \eta \cdot E_x \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T} \right)$$

La plettra di praqetta  $S_x(T)$  per lo verifichc agli Stati Limite Ultimi è ottenuta dalle espressioni della plettra elartica  $S_x(T)$  rarisituonda  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,247
$T_B \leftarrow$	0,170	0,245
$T_C \leftarrow$	0,511	0,245
	0,595	0,210
	0,679	0,184
	0,763	0,164
	0,847	0,146
	0,931	0,124
	1,015	0,103
	1,099	0,114
	1,183	0,106
	1,267	0,099
	1,352	0,092
	1,436	0,087
	1,520	0,082
	1,604	0,078
	1,688	0,074
	1,772	0,071
	1,856	0,067
	1,940	0,064
	2,024	0,062
	2,108	0,059
	2,192	0,057
$T_D \leftarrow$	2,276	0,055
	2,358	0,051
	2,440	0,048
	2,522	0,045
	2,605	0,042
	2,687	0,039
	2,769	0,037
	2,851	0,035
	2,933	0,034
	3,015	0,034
	3,097	0,034
	3,179	0,034
	3,261	0,034
	3,343	0,034
	3,425	0,034
	3,507	0,034
	3,590	0,034
	3,672	0,034
	3,754	0,034
	3,836	0,034
	3,918	0,034
	4,000	0,034

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato lim8LV

Parametri indipendenti	
STATOLIMITE	SLV
$a_z$	0,094 $\alpha$
$S_z$	1,000
$S_T$	1,000
$q$	1,500
$T_B$	0,050 $r$
$T_C$	0,150 $r$
$T_D$	1,000 $r$

Parametri dipendenti	
$F_x$	1,322
$S$	1,000
$\eta$	0,667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_x \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 § 3.2.3.5})$$

$$F_x = 1,35 \cdot F_z \cdot \left( \frac{a_x}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_z(T) = a_z \cdot S \cdot \eta \cdot E_z \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot E_z} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_z(T) = a_z \cdot S \cdot \eta \cdot E_z$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_z(T) = a_z \cdot S \cdot \eta \cdot E_z \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_z(T) = a_z \cdot S \cdot \eta \cdot E_z \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,094
$T_B \leftarrow$	0,050	0,149
$T_C \leftarrow$	0,150	0,149
	0,235	0,095
	0,320	0,070
	0,405	0,055
	0,490	0,046
	0,575	0,039
	0,660	0,034
	0,745	0,030
	0,830	0,027
	0,915	0,024
$T_D \leftarrow$	1,000	0,022
	1,094	0,019
	1,188	0,016
	1,281	0,014
	1,375	0,012
	1,469	0,010
	1,563	0,009
	1,656	0,008
	1,750	0,007
	1,844	0,007
	1,938	0,006
	2,031	0,005
	2,125	0,005
	2,219	0,005
	2,313	0,004
	2,406	0,004
	2,500	0,004
	2,594	0,003
	2,688	0,003
	2,781	0,003
	2,875	0,003
	2,969	0,003
	3,063	0,002
	3,156	0,002
	3,250	0,002
	3,344	0,002
	3,438	0,002
	3,531	0,002
	3,625	0,002
	3,719	0,002
	3,813	0,002
	3,906	0,001
	4,000	0,001

## 12. LA PROVA DOWN-HOLE a San Giovanni a Teduccio

La prova “down-hole” consente di investigare i terreni per le profondità d’interesse geotecnica e di caratterizzarli sismicamente, determinandone le principali proprietà elastiche.

Le tecnica consiste nell'energizzare il terreno in superficie, e acquisire l'arrivo dei treni d’onda che si generano per mezzo di una tripletta di geofoni calati in un preforo; il passo delle misure è di 2 metri.

Per l’energizzazione del suolo è stata impiegata una massa battente di 8 Kg.

In dettaglio, nota la distanza compresa tra l’asse del foro e il punto di energizzazione in superficie (detto offset), per ciascun punto di registrazione sono stati desunti i segnali sismici (sismogrammi) a varie profondità, dai quali è stato possibile misurare i tempi di arrivo delle onde longitudinali P e trasversali S; nota la distanza dal punto di energizzazione, sono state ricavate le velocità.

Successivamente, dalla conoscenza delle velocità delle onde P ed S lungo la profondità nei mezzi investigati, è stato possibile eseguire la conseguente stima dei principali moduli dinamici utilizzando la densità bifase del mezzo ( $\rho$ ), data dal rapporto fra il peso di volume e l’accelerazione di gravità ( $g$ ), impiegando le seguenti espressioni:

$$\begin{aligned} \Rightarrow \text{Modulo di Young (E) [Kg/cm}^2] & \quad E = \rho * V_s^2 \frac{3 \cdot V_p^2 - 4 \cdot V_s^2}{V_p^2 - V_s^2}; \\ \Rightarrow \text{Modulo di deformazione a taglio o Rigidità (Gd) [kg/cm}^2]; G & = \rho * V_s^2 \\ \Rightarrow \text{Modulo di Incompressibilità (K) [kg/cm}^2]; & \quad K = \rho * \left( V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2 \right) \\ \Rightarrow \text{Coefficiente di Poisson (Yn)} & \quad \nu = \frac{\left[ 0.5 * \left( \frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 1 \right]}{\left[ \left( \frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 1 \right]}. \end{aligned}$$

In conformità a considerazioni di carattere sismico e geologico, è stata fatta, infine, una discretizzazione in strati omogenei dal punto di vista della risposta sismica locale, individuate le proprietà elastiche per ciascuno strato, e ricavato il valore del  $V_{s,30}$ , così come definito dalla normativa di cui al D.M. 14/01/2008:

$$V_{s,30} = 30 / \sum_1^n h_1 / V_1 \cong 333 \text{ m/sec}$$

Categorie	<b>Tabella 12</b>
<b>A</b>	Ammassi rocciosi..... caratterizzati da valori di $V_{s,30} > 800\text{m/s}$
<b>B</b>	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati ... con valori di $360\text{ m/s} < V_{s,30} < 800\text{ m/s}$
<b>C</b>	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati..... $180\text{ m/s} < V_{s,30} < 360\text{ m/s}$
<b>D</b>	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati.... $V_{s,30} < 180\text{ m/s}$
<b>E</b>	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m su substrato rigido con $V_{s,30} > 800\text{m/s}$
<b>S1</b>	Depositi di terreni ..... con valori $V_{s,30} < 100\text{ m/s}$
<b>S2</b>	Depositi di terreni soggetti a liquefazione non classificabili nei tipi precedenti

Pertanto, si conclude che i terreni presenti nel sottosuolo sono ascrivibili alla tipologia di suolo della categoria C (vd. tab. 12) “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti .....*”, nei quali si registra un miglioramento delle proprietà elastiche con la profondità.

### **13. CONCLUSIONI**

Dallo studio e dalle analisi condotte si possono riassumere nei seguenti punti sintetici gli aspetti salienti che contraddistinguono da un punto di vista geomorfologico, geologico, idrogeologico e sismico le aree in cui s'inserirebbero le strutture progettuali (barriere idrauliche, condotte e strutture a servizio e palancoato).

Dal punto di vista geomorfologico l'area del tutto pianeggiante non implica l'esistenza di fattori d'instabilità dei terreni.

Le aree investigate presentano una successione sedimentaria prevalentemente sabbiosa e con intercalati strati sabbio-limosi e di ghiaie e strati limo-sabbiosi con locali, ma diffusi, livelli torbosi. Al di sotto prodotti legali alle attività effusive flegree e del Somma-Vesuvio costituiti da cineriti, piroclastiti e tufi nelle facies caratteristiche.

Dal punto di vista idrogeologico sono presenti due complessi idrogeologici produttivi separati da un corpo effusivo impermeabile o a bassissima permeabilità e a luoghi interagenti dal punto di vista idraulico. Essi sono rispettivamente dall'alto verso il basso:

- il più superficiale contenuto nei depositi alluvionali con alla base di tufo;
- il più profondo e in condizioni di semiconfinamento e/o confinamento, nelle piroclastiti grossolane sciolte ubicate a letto della formazione tufacea.

I deflussi sotterranei della falda freatica superficiale sono complicati e complessi per la presenza di canali naturali e di bonifica, ora tombati, che ne influenzano la direzione e i recapiti intermedi.

Dal punto di vista sismico sono stati presi in considerazione i principali parametri sismici dei terreni unitamente alla classe di suolo "C" identificata e prevalente.

Le pericolosità, geomorfologica, idrogeologica e sismica messe in relazione alla natura delle opere da realizzare non implicano impatti negativi e possono essere considerate, in generale, migliorative ai fini delle valutazioni di eventuali mitigazione.

*Dr Paolo Martines*