STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA & AMBIENTALE
DOTT. ALFONSO PAPPALARDO
GEOLOGO
via San Rocco n°8 (parco Claudia fabb. A) - Pagani (SA)
tel. & fax 081 5152559 - *cell.re* 338 9448712
EMAIL: alfonso_pappalardo@libero.it;
P.E.C.: alfonso_pappalardo@epap.sicurezzapostale.it

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Ordine dei Geologi della CAMPANIA
A.P.C. ASSOLTO
Triennio 2011 - 2013
Certificato n° 2155/2014
Valido fino al 30/06/2017
Aggiornamento Professionale Continuo

Ordine dei Geologi della CAMPANIA
A.P.C. ASSOLTO
Triennio 2014 - 2016
Certificato n° 3379/2017
Valido fino al 30/06/2020
Aggiornamento Professionale Continuo

Ordine dei Geologi della CAMPANIA
A.P.C. ASSOLTO
Triennio 2017-2019
Certificato n° 1785/2020
Valido fino al 30/06/2023
Aggiornamento Professionale Continuo

OGGETTO: **Studio geologico e sismico finalizzato al "*ripristino di un tratto degli argini dissestati dell'Alveo Comune Nocerino*" immediatamente a valle dell'attraversamento stradale di via A. Gramsci del comune di San Marzano Sul Sarno (SA).**

COMMITTENTE: ***Spett.le* CONSORZIO DI BONIFICA INTEGRALE COMPRENSORIO SARNO.**

INDICE

§ pag.

1 - PREMESSA 2
2 - UBICAZIONE DELL'AREA 2
3 - INDAGINI ESEGUITE 3
4 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO DEL TERRITORIO E DELL'AREA 8
4.1 -LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI ED IDROGRAFIA. 8
4.2 -INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE DELL'AREA. 10
4.3 -SCHEMA IDROGEOLOGICO GENERALE DELL'AREA. 11
4.4 -IDROGEOLOGIA DELL'AREA D'INTERESSE. 13
4.5 -CARATTERISTICHE DI PERMEABILITÀ DEI TERRENI PRESENTI. 14
4.6 -CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE E GRANULOMETRICHE DEI TERRENI. 15
5 - CARATTERISTICHE GEOTECNICHE E DINAMICHE DEI TERRENI DI FONDAZIONE 16
5.1 - CARATTERISTICHE GEOTECNICHE. 16
5.2 - CARATTERISTICHE SISMICHE. 20
5.3 - RISCHIO VULCANICO. 29
6 – CONSIDERAZIONI TECNICHE E CONCLUSIONI 32

APPENDICE

- ◊ Planimetrie e cartografie varie:
  - ✓ Tav.1: Stralcio tavoletta topografica I.G.M. *(scala 1: 25.000)*;
  - ✓ Tav.2: Stralcio aerofotogrammetrico con area d'interesse *(scala 1: 5.000)*;
  - ✓ Tav.3: Stralcio aerofotogrammetrico con indagini eseguite in zone limitrofe a quella d'interesse *(scala 1: 5.000)*;
  - ✓ Tav.4: Stralcio foto-satellitare con indagini geognostiche eseguite sull'area d'interesse;
  - ✓ Tav.5: Carta Geologica *(scala 1: 5.000)*;
  - ✓ Tav.6: Carta Geolitologica *(scala 1: 5.000)*;
  - ✓ Tav.7: Schema Idrogeologico generale dell'area;
  - ✓ Tav.8: Carta idrogeologia con isopiezometriche *(scala 1: 5.000)*;
  - ✓ Tav.9: Carta della permeabilità dei terreni *(scala 1: 5.000)*;
  - ✓ Tav.10: Carta della stabilità dei terreni *(scala 1: 5.000)*;
  - ✓ Tav.11: Stralci della cartografia del P.S.A.I. redatto dalla Autorità di Bacino Ragionale della Campania Centrale *(scala 1: 5.000)*:
    - ♦ "Carta della Pericolosità Idraulica"; "Carta del Rischio Idraulico";
    - ♦ "Carta della Pericolosità da Frana"; "Carta del Rischio da Frana";
- ◊ Dati relativi alle indagini geognostiche eseguite nelle vicinanze dell'area oggetto di studio per altri lavori:
  - ✓ n°3 Colonne stratigrafiche (due dal P.R.G. e dal P.U.C.);
  - ✓ Schede di laboratorio geotecnico eseguite su n°2 campioni indisturbati di terreno;
  - ✓ n°1 quadro di unione penetrogrammi D.P.M.;
  - ✓ n°1 Sezione geotecnica schematica (con penetrogrammi e con caratteristiche geomeccaniche dei terreni);
- ◊ Dati relativi alle indagini geognostiche eseguite sull'area di sedime per il presente studio e per altro lavoro:
  - ✓ n°2 Penetrometrie D.P.S.H.
    - ♦ *Tabulati e grafici prove D.P.S.H.;*
    - ♦ *Tabulati proprietà geomeccaniche e litologiche;*
    - ♦ *Tav.12: Quadro di unione penetrogrammi DPSH;*
  - ✓ Schede di laboratorio geotecnico eseguite su n°1 campione indisturbato di terreno prelevato nell'area di sedime;
- ✓ Relazione sismica specialistica indagine MASW e HVSR;
- ◊ Tav.13: "*Modello geologico*" del sottosuolo dell'area d'interesse;
- ◊ "*Modello Geotecnico*" del sottosuolo dell'area d'interesse:
  - ✓ *Tabulati della verifica alla "liquefazione" dei terreni in fase sismica;*
  - ✓ Tav.14*: Sezione schematica tratto di Alveo Comune Nocerino interessato dalle indagini;*
  - ✓ Tav.15*: Sezione geotecnica schematica (con penetrogrammi e caratteristiche geomeccaniche dei terreni);*
  - ✓ *Tavv.16: Stratigrafia geotecnica schematica (schede riepilogative con caratteristiche geomeccaniche dei terreni* d'interesse).

1 - PREMESSA

L'**Avv. *Mario Rosario D'Angelo*** in qualità di **Commissario Straordinario** del ***CONSORZIO DI BONIFICA INTEGRALE COMPRENSORIO SARNO,*** con delibera commissariale n°374 del 06/12/2021, ha dato incarico allo scrivente di redigere la presente relazione tecnica avente per oggetto un'indagine geologica e sismica finalizzata ai "*lavori di rispristino degli argini dissestati dell'Alveo Comune Nocerino immediatamente a valle dell'attraversamento stradale di via Gramsci nel comune di San Marzano sul Sarno*".

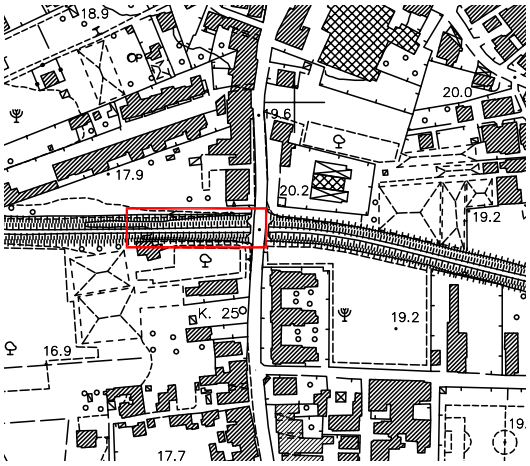
Nella presente relazione sono esposti i dati acquisiti nell'espletamento delle varie indagini circa la natura e le proprietà geotecniche dei terreni presenti nel sottosuolo dell'area. Tali dati, unitamente a quelli di carattere progettuale dell'intervento edilizio previsto, hanno consentito di:

- ◊ caratterizzare stratigraficamente, geomeccanicamente e dinamicamente i terreni di sedime delle strutture in oggetto;
- ◊ costruire un adeguato "*modello geologico e geotecnico*" di sottosuolo cui è possibile riferirsi per le verifiche relative al complesso "fondazione-terreno" (scelta della tipologia fondale, "capacità portante", ecc.);
- ◊ esprimere un parere sulla fattibilità dell'intervento edilizio in oggetto e sulla stabilità dell'area anche ai fini del rischio sismico e idrogeologico.

2 - UBICAZIONE DELL'AREA

Cartograficamente l'area oggetto di indagine rientra nella tavoletta III N.E. (*Sarno*) del Foglio 185 *(Salerno)* della Carta d'Italia al 25.000 dell'I.G.M. Più precisamente essa è ubicata immediatamente a valle dell'attraversamento stradale di via Gramsci del comune di San Marzano sul Sarno –SA- [vedasi tavole allegate in appendice].

Stralcio Tav. topografica 1: 25.000



Stralcio aerofotogrammetria 1: 5.000

3 - INDAGINI ESEGUITE

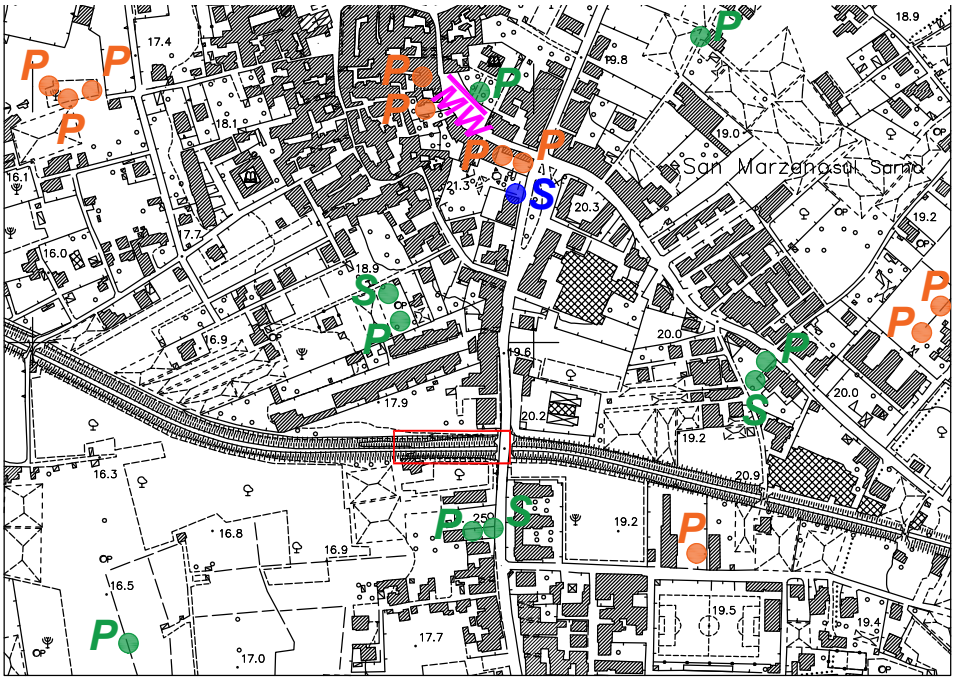
Per l'espletamento dell'incarico ricevuto sono stati effettuati:

a) ***rilevamenti diretti*** sull'area e in ampie zone circostanti (integrati dallo studio della *Carta Geologica d'Italia* e della tavoletta topografica in cui ricade l'area) per acquisire gli elementi tecnici riguardanti la geologia, la morfologia e l'idrogeologia della zona;

b) ***studio bibliografico*** di lavori geognostici eseguiti, in aree limitrofe a quella in esame, sia dal sottoscritto sia da altri professionisti, nonché d'indagini geologiche e geologico-tecniche a carattere generale eseguite nell'ambito del territorio in esame (si è fatto particolare riferimento allo studio geologico e geognostico allegato al P.R.G. e al P.U.C. del comune di San Marzano sul Sarno e di quelli ad esso limitrofi);

c) ***rielaborazione di indagini in sito*** consistenti in:

- Sondaggi meccanici, prove penetrometriche dinamiche e statiche, analisi di laboratorio geotecnico e indagini sismiche M.A.S.W., Down Hole, ecc. eseguite nelle immediate vicinanze dell'area di sedime per la realizzazione di altri manufatti e per i citati P.R.G. e P.U.C.;



Carta Ubicazione indagini realizzate sul territorio (scala 1:5.000)

S sondaggio geognostico da PRG del Comune di San Marzano sul Sarno
P prova penetrometrica continua da PRG del Comune di San Marzano sul Sarno
S sondaggio geognostico
P prova penetrometrica continua
MW indagine sismica MASW
area in esame

d) ***indagini in sito*** eseguite **sull'area di sedime** e consistenti in:

- **n°2 prove penetrometriche dinamiche** "super pesanti" **D.P.S.H.** *(Dynamic Probyng Super Heavy)*;
- **indagine sismica** [n°1 stesa sismica del tipo "**M.A.S.W.**" *(Multichannel Analysis of Surface Wawes)* abbinata a misure **H.V.S.R.** *(Horizontal to Vertical Spectral Ratio)* a stazione singola];

e) ***analisi di laboratorio geotecnico*** (analisi granulometrica, determinazione delle proprietà indice, prova di taglio, ecc..) eseguite su n°1 "campione indisturbato" di terreno prelevato nell'area di sedime:

volte, nell'insieme, ad accertare:

- ◊ la natura e il grado d'addensamento e/o di consistenza;
- ◊ la resistenza al taglio;
- ◊ i parametri di deformabilità;
- ◊ le caratteristiche fisiche e dinamiche;

dei terreni presenti nel sottosuolo dell'area fino alla massima profondità interessata dalle tensioni indotte nel terreno di sedime dai manufatti in progetto (in base alle caratteristiche strutturali di questi ultimi e alle proprietà geomeccaniche dei terreni interessati, si ritiene che i litotipi investigati costituiscano il cosiddetto "*volume significativo*").

Come sopra riportato, dallo studio bibliografico eseguito è emersa, per l'area in esame, una discreta mole di dati geognostici (relativi a sondaggi meccanici, prove penetrometriche e sondaggi sismici).

Si precisa che, in relazione a quanto emerso dallo studio bibliografico in merito alla natura e alle proprietà litostratigrafiche e geomeccaniche dei terreni in esame, vista le caratteristiche delle opere in progetto, in accordo con la committenza, si è stabilito di effettuare, ad integrazione, la campagna di indagini in situ citata in precedenza (penetrometrie, indagine sismica MASW+HVSR e analisi di laboratorio geotecnico) ritenendola senz'altro idonea alla ricostruzione del "***modello geologico e geotecnico***" dell'area di sedime dei manufatti a ricostruirsi.

La ***caratterizzazione geomeccanica*** e fisica dei terreni in esame è stata completata eseguendo, come sopra riportato, sia **prove in sito** sia **prove di laboratorio geotecnico**.

Queste ultime sono state eseguite su un campione di terreno di tipo "indisturbato" (prelevato con l'ausilio del penetrometro opportunamente attrezzato allo scopo e "sigillato" con paraffina per mantenerne inalterate le caratteristiche naturali) consegnati al laboratorio geotecnico *SOIL TEST S.R.L.*" con sede operativa in Caserta.

Campionatore	*Fase di campionamento*
Campione indisturbato	*Fase di sigillatura del campione con paraffina*

Tale laboratorio, fornito di idonea e valida certificazione del Ministero dei Trasporti, è dotato di adeguata attrezzatura per determinare e misurare le caratteristiche chimico-fisiche e geomeccaniche di terreni e rocce secondo le modalità e i mezzi stabiliti dalle norme nazionali ed estere vigenti in materia (vedasi allegati in appendice).

In allegato vengono riportate le tabelle e i grafici dei risultati delle analisi eseguite e ad essi si rimanda per un quadro completo delle indagini effettuate.

La scelta delle **indagini in sito** è stata orientata, anche per problemi logistici di posizionamento di altre macchinari, sull'attrezzatura di più "agile" e pratico utilizzo (*penetrometro dinamico*), nonché più economica, che potesse nello

stesso tempo soddisfare alla necessità tecnica di ottenere i parametri geomeccanici (che tra l'altro in questo caso sono rilevati in continuità, ogni 20 cm, rispetto al dato "puntuale" ottenibile con le prove di laboratorio) dei terreni presenti nell'area di sedime del manufatto in oggetto.

I sondaggi penetrometrici sono stati eseguiti (dalla ditta "I.Geo. S.A.S." con sede in Pastorano –CE-) sotto la direzione e l'assistenza dello scrivente utilizzando un *penetrometro statico÷dinamico* (mod. *TG 63/200 KN Emilia* della ditta "*PAGANI*").

Penetrometro "PAGANI" mod. TG 63/200 KN Emilia

particolare sistema di battuta

DPSH1

DPSH2 + prelievo campione

Ubicazione penetrometrie DPSH

I valori del numero di colpi $N_{TG63/200}$ registrati durante l'esecuzione delle prove sono stati utilizzati per il calcolo della *resistenza dinamica Rd* alle varie profondità e per la realizzazione dei penetrogrammi che offron la visione d'insieme delle caratteristiche meccaniche dei terreni attraversati lungo le verticali esplorate.

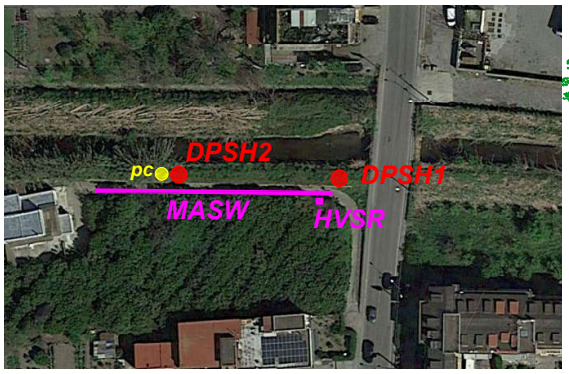
In appendice vengono allegati i penetrogrammi con i relativi listati numerici dei valori $N_{TG63/200}$ e *Rd* alle varie profondità. Sempre in appendice sono allegate le tabelle riassuntive in cui sono riportate, tra l'altro, la le *caratteristiche geomeccaniche* dei terreni incontrati fino alla massima profondità investigata e, inoltre, le specifiche tecniche del penetrometro dinamico utilizzato per le indagini in sito.

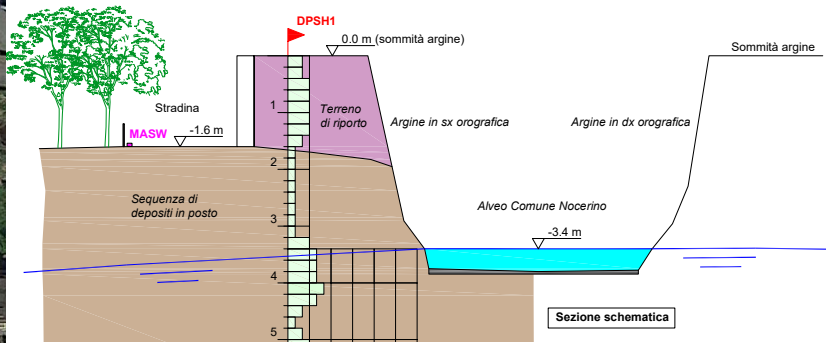
Si riporta nella seguente tabella il dettaglio del programma di indagini in sito eseguite ad integrazione di quelle già realizzate sull'area e si specifica che le quote di approfondimento citate sono riferite alla quota del p.c. locale degli argini del canale A.C.N. (vedasi figg. seguenti).

PENETROMETRIE DINAMICHE D.P.S.H.		SONDAGGI SIMICI	
Prova	*profondità dal p.c.*	**M.A.S.W.**	**H.V.S.R.**
DPSH-1	**-15,40 mt**	Lunghezza stesa: 51 mt	Profondità raggiunta:
DPSH-2	**-15,60 mt**		> 100 mt

Nota:

- ✓ Le penetrometrie sono state interrotte alla quota indicata per il "rifiuto" opposto dal terreno all'avanzamento della punta conica;
- ✓ prelevato n°1 **campione di terreno** di tipo indisturbato alla quota di -4,0÷4,5 mt (DPSH2-C1).





Ubicazioni indagini geognostiche

DPSH

● prova penetrometrica dinamica continua DPSH

pc ● prelievo campione indisturbato mediante penetrometro PAGANI TG 63–200KN

Coordinate UTM33–WGS84 punti di indagine penetrometrica		
tipologia di indagine	longitudine E	latitudine N
DPSH1	465446.00 m	4513380.00 m
DPSH2	465409.00 m	4513380.00 m

MASW indagine sismica MASW

HVSR ■ indagine sismica HVSR

Si ribadisce che:

- le suddette indagini in situ (penetrometrie e prelievo campione di terreno) sono state eseguite dalla ditta "I.Geo. S.A.S." con sede in Pastorano – CE-, dotata dei requisiti di legge richiesti e atta a poter "certificare" tali indagini;
- le analisi sul campione indisturbato di terreno sono state eseguite dal laboratorio geotecnico "*SOIL TEST S.R.L.*" con sede operativa in Caserta: *Autorizzazione ai sensi del D.P.R. 380/2001 art.59 – Concessione ministeriale n°5608 del 04/07/2013 – Circ. 7618/STC;*
- le che le attrezzature utilizzate per le indagini in situ sono corredate di "*Dichiarazione di Conformità*" nel rispetto delle relative Direttive Europee e Comunitarie (vedasi allegati in appendice);
- l'indagine sismica MASW e HVSR è stata eseguita dal dott. Geol. Sabato Lamberti, esperto in geofisica, che ha anche redatto la relativa relazione geofisica specialistica che si allega in appendice.

4 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO DEL TERRITORIO E DELL'AREA

4.1 -Lineamenti geomorfologici ed idrografia.

L'area in esame risulta collocata, con quota altimetrica media di circa 19 mt s.l.m.m., nell'ambito dell'ampia Piana del F. Sarno (zona nota come Agro Nocerino-Sarnese), piana interposta tra il margine settentrionale della dorsale carbonatica dei Monti Lattari e quello meridionale della struttura dorsalica, anch'essa ad ossatura carbonatica, dei Monti di Sarno.

Per tale collocazione il suo sottosuolo risulta costituito da una spessa pila di sedimenti piroclastico-alluvionali, eluviali e fluvio-lacustri e la sua morfologia nel complesso si presenta sub-pianeggiante, con pendenze non superiori ai 2°-3°, orientate verso i quadranti occidentali, verso l'alveo del F. Sarno. Tale morfologia rende l'intera area *stabile*, essendo tra l'altro priva allo stato attuale di qualsiasi indizio di fenomeni di dissesto in atto o potenziali.

I rilevamenti diretti effettuati sull'area in esame e su quelle circostanti, unitamente allo studio della Carta Geologica d'Italia e della tavoletta topografica in cui ricade l'area oggetto di studio nonché allo studio bibliografico effettuato, hanno, infatti, messo in evidenza che i terreni costituenti il substrato dell'area hanno giacitura nel complesso sub-orizzontale, pur disposti generalmente in lenti, e non sono interessati da fenomeni di dissesto d'alcun genere perciò l'area si può considerare stabile dal punto di vista geomorfologico.

In merito al rischio idrogeologico (rischio frane), in relazione alla sua posizione geografica (area posta al centro della piana) e alla distanza di essa dai rilievi montuosi circostanti, e relativi versanti, la zona in esame non presenta rischi potenziali di frane e colate di fango.

L'area in esame non viene, infatti, compresa nelle *Carte delle Aree a Rischio e/o Pericolosità da Frana* relative alla Cartografia allegata al *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico* dell'Autorità di Bacino Regionale della Campania Centrale attualmente in vigore.

Viene, invece, inserita, sempre nel suddetto P.S.A.I, nella cartografia delle *Aree a Rischio e/o Pericolosità Idraulica*. In particolare nella Carta della Pericolosità Idraulica è così riportata "*Pericolosità Media P2*" e nella Carta del Rischio Idraulico e riportata in quelle a "*Rischio moderato R1*" (vedasi anche tavole allegate in appendice).

Stralcio Carta della Pericolosità Idraulica a scala 1:5.000

	Esondazione	Aree di attenzione	Elevato trasporto solido	Falda sub-affiorante Conche endoreiche
P3 - Pericolosità Elevata				
P2 - Pericolosità Media				
P1 - Pericolosità Bassa				

Pericolosità da esondazione - pericolosità idraulica dovuta a fenomeni alluvionali riconducibili a esondazione del reticolo idrografico.

Pericolosità per elevato trasporto solido - pericolosità idraulica dovuta a fenomeni alluvionali caratterizzati da elevato trasporto solido (flussi iperconcentrati, colate detritiche, debris - flow, etc).

Area di attenzione - "aree ad elevata suscettibilità di allagamento ubicate al piede di valloni", "punti/fasce di possibile crisi idraulica localizzata/diffusa", "fasce di attenzione per la presenza di alvei strada".

Limite di Bacino
Alveo strada
Reticolo idrografico
Tratto tombato
Vasca
area in esame

Stralcio Carta del Rischio Idraulico a scala 1:5.000

R4 - Rischio molto elevato
R3 - Rischio elevato
R2 - Rischio medio
R1 - Rischio moderato
Limite di bacino
Alveo strada
Reticolo idrografico
Tratto tombato
Vasca
area in esame

Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico
– ex Autorità di Bacino Regionale Campania Centrale –
Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale

Idrograficamente, l'Agro Nocerino–Sarnese risulta attraversato da numerosi corsi d'acqua, a cui si aggiungono canali artificiali utilizzati per il drenaggio e/o l'irrigazione delle aree coltivate, che finiscono tutti per confluire nel F. Sarno. Tra questi figurano il Canale di San Mauro che scorre poco a nord della zona in

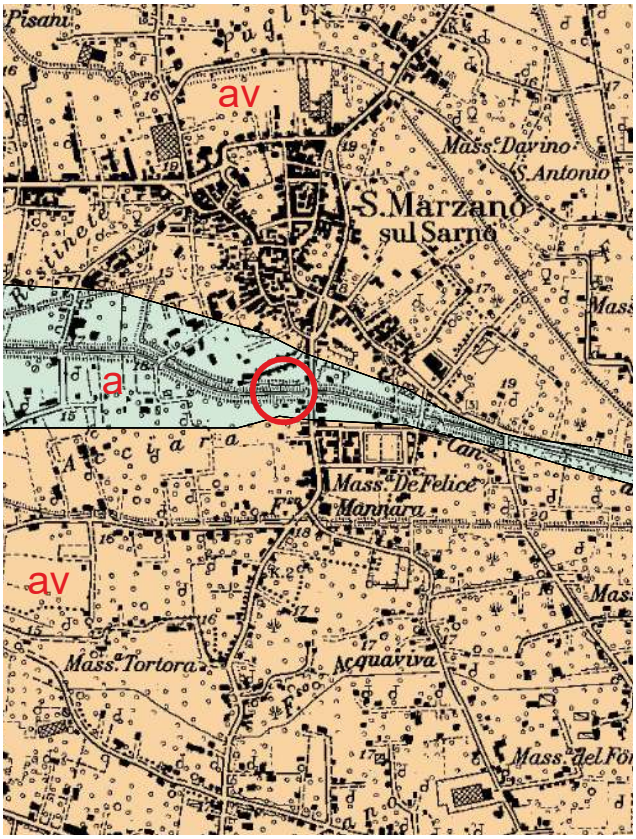
studio e risulta essere collettore destinato a convogliare le proprie acque nel Fiume Sarno di cui costituisce uno degli affluenti di sinistra.

Dal punto di vista idrologico, essendo l'area nel suo complesso mediamente urbanizzata, le acque a deflusso superficiale, prodottesi durante gli eventi piovosi di media ed elevata intensità, trovano attualmente il loro recapito sia nel terreno sia nella fogna comunale.

Da quanto detto sopra è possibile affermare che l'intervento in progetto appare compatibile con le caratteristiche idrogeologiche e geomorfologiche dell'area.

4.2 -Inquadramento geologico generale dell'area.

Il territorio comunale di San Marzano sul Sarno si estende all'interno della piana alluvionale del Fiume Sarno, piana ubicata tra il versante sud-orientale dell'edificio vulcanico del Somma-Vesuvio e le dorsali carbonatiche dei Monti di Sarno a Nord e ad Est e dei Monti Lattari a Sud.



a — Alluvioni subattuali e recenti: sabbie, limi, ghiaie, coperture eluviali e piroclastiti rimaneggiate della Piana del F. Sarno.

av — Depositi piroclastici (pomici e ceneri) in gran parte rimaneggiati con livelli di terreni alluvionali (sabbie, limi +/- sabbiosi ed argille) della Piana del F. Sarno.

Essa costituisce una porzione della più ampia depressione morfo-strutturale nota in letteratura come "Piana Campana", impostatasi, in seguito alle fasi tettoniche plio-quaternarie, a carattere prevalentemente distensivo, lungo la fascia tirrenica della catena sud-appenninica.

Si tratta in definitiva di un ampio graben costiero delimitato dalle dorsali dei massicci carbonatici meso-cenozoici del Monte Massico e dei Monti di Caserta a Nord, dei Monti di Avella a Nord-Est, di Sarno ad Est e dei Monti Lattari a Sud.

La sua delimitazione coincide con lineamenti tettonici di importanza regionale ad andamento appenninico (NW-SE) ed antiappenninico (NE-SW), che ne hanno determinato il graduale approfondimento.

Contemporaneamente a tale sprofondamento avviene il suo progressivo colmamento ad opera di potenti successioni di sedimenti continentali, marini e vulcanici, questi ultimi legati all'attività vulcanica impiantatasi in più punti di detta piana (Campi Flegrei, Somma–Vesuvio, ecc.). C'è da dire

inoltre che la gran parte dei depositi più profondi che costituiscono il riempimento del graben campano è costituita dai prodotti eruttivi legati ad apparati vulcanici ora sepolti nella piana.

Strutturalmente, quindi, la piana alluvionale del F. Sarno rappresenta la porzione più meridionale dell'ampio graben costiero della Piana Campana, porzione a cui si contrappongono come alto-strutturali (Horst) la dorsale dei Monti Lattari a S e quella dei Monti di Sarno a N ed E.

Per quanto concerne la grande dorsale carbonatica dei Monti Lattari, caratterizzata da un asse di allungamento SW-NE ed estesa da Punta Campanella fino a Cava de' Tirreni, formando l'ossatura della Penisola Sorrentino-Amalfitana, essa risulta costituita da tutta la serie di terreni dolomitico-calcarei mesozoici di piattaforma aventi un'immersione, nel complesso costante, verso NW.

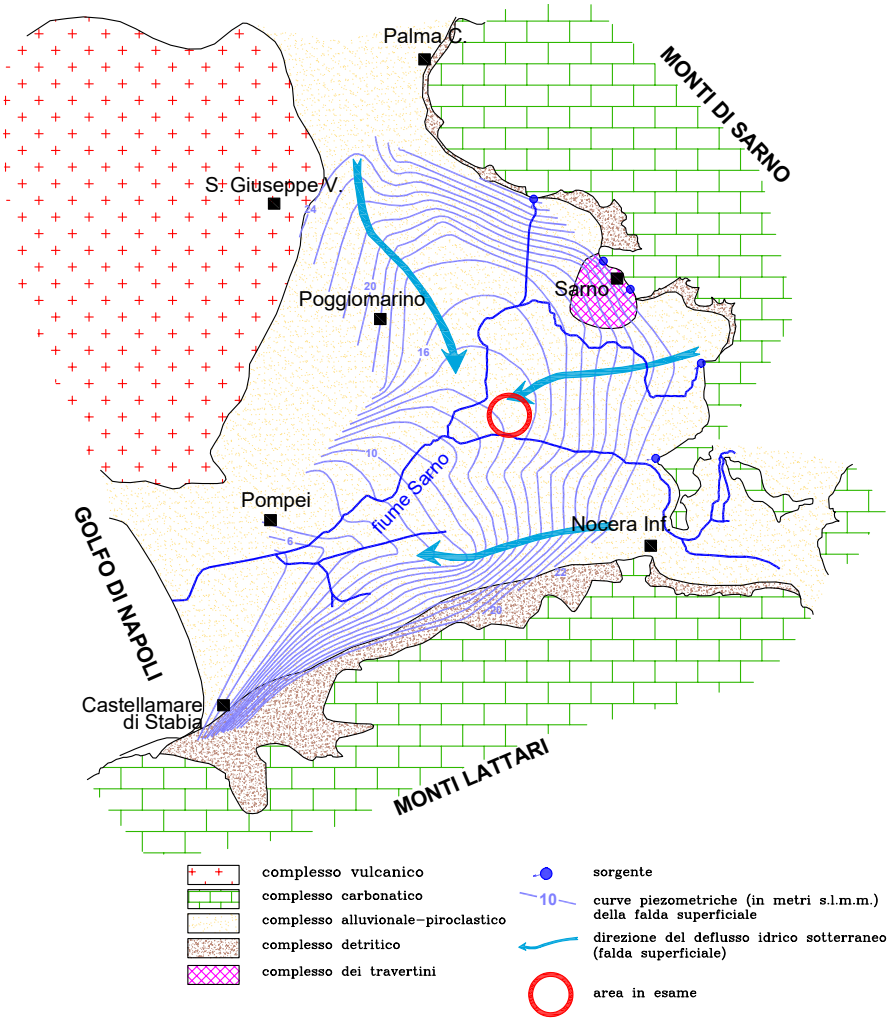
4.3 -Schema idrogeologico generale dell'area.

Dal punto di vista idrogeologico, gli elementi dominanti sono rappresentati da tre grandi unità:

- l'*Unità idrogeologica dei Monti Lattari*, che risulta delimitata a nord dall'Agro Nocerino-Sarnese, ad est dalla direttrice tettonica Nocera Superiore-Vietri sul Mare e dagli altri lati dal mare;
- l'*Unità idrogeologica della Piana del Sarno*, delimitata a nord-est, a est ed a sud dalle strutture carbonatiche dei Monti di Sarno e dei Monti Lattari; a sud-ovest dal mare ed a nord-ovest dall'edificio vulcanico del Somma-Vesuvio;
- *l'Unità dei Monti di Sarno*.

Per quanto attiene l'*Unità Idrogeologica dei Monti Lattari*, essa appare suddivisa in più sub-unità, ciascuna in parte o in toto da considerare come una idrostruttura quasi del tutto autonoma rispetto a quelle adiacenti. In ogni caso, ragioni strutturali e giaciturali determinano nel complesso, almeno per la sua porzione centrale, una direzione preferenziale di deflusso dell'acquifero carbonatico verso la piana del F. Sarno, verso l'acquifero impostato nella spessa pila di sedimenti piroclastico-alluvionali dell'antistante piana sarnese.

In generale, il complesso carbonatico costituente l'ossatura delle diverse strutture dorsaliche montuose presenti nell'intero territorio (Monti Lattari, Monti di Sarno e Monti di Salerno) può essere suddiviso spesso in una parte basale prevalentemente dolomitica ed una sommitale in prevalenza calcarea.



Le dolomie sono permeabili per fratturazione e si rinvengono raramente carsificate, ma sempre fortemente tettonizzate e spesso sfarinate; per questi motivi si comportano da "impermeabile relativo" rispetto alla serie calcarea sovrastante. I calcari invece essendo molto permeabili sia per carsismo sia per fessurazione, rappresentano l'acquifero più produttivo di tutta la struttura.

L'*Unità Idrogeologica della Piana del Sarno* coincide con l'acquifero impostato nella spessa pila di sedimenti di origine continentale, marina e vulcanica presente nel sottosuolo della piana sarnese.

Si tratta per lo più di depositi di origine fluvio-alluvionale, eluviale e lacustre e da terreni di natura eluviale, tutti ad elevata componente piroclastica, a cui si intercalano talora orizzonti di piroclastiti (sabbie, cenerei vulcaniche, pomici e scorie vulcaniche) in giacitura primaria. A profondità maggiori, al di sotto di un orizzonte di tufo ignimbitico (Ignimbrite Campana) quasi sempre presente in tutta la piana, è possibile rinvenire depositi di ambiente marino e litorale.

Tale complesso di depositi si presenta molto eterogeneo e dotato di una permeabilità variabilissima in relazione alla granulometria dei depositi; esso appare molto spesso sede di multifalde sovrapposte separate da litotipi a permeabilità più bassa, ma spesso interconnesse tra loro.

Per quanto riguarda, invece, l'unità idrogeologica dei Monti di Sarno essa è caratterizzata da un acquifero costituito da potenti successioni mesozoiche in cui la circolazione idrica sotterranea è legata prevalentemente al grado di fratturazione delle diverse porzioni dell'ammasso roccioso.

La falda presente nella dorsale di Pizzo d'Alvano ha come punti di sfioro principali le sorgenti del fronte acquifero di Sarno, mentre le sorgenti di Santa Marina e di San Mauro hanno una parte di bacino parzialmente autonoma con acque probabilmente provenienti dalle valli di Siano e del T. Solofrana.

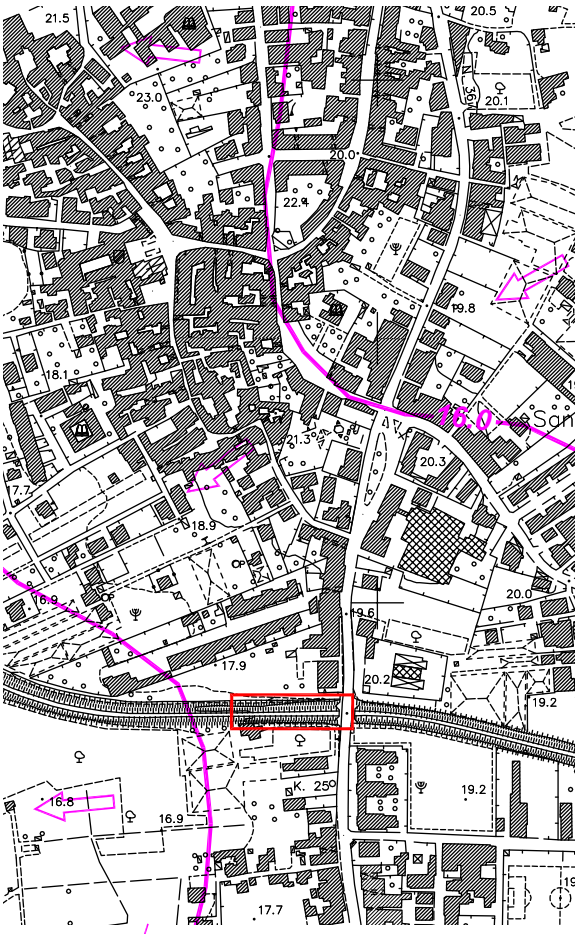
4.4 -Idrogeologia dell'area d'interesse.

Come già accennato nel paragrafo precedente, nel sottosuolo dell'area in esame è possibile riconoscere, così come per l'intero Agro Nocerino-Sarnese, una circolazione idrica sotterranea a multifalde sovrapposte, e più in generale a due falde sovrapposte.

La prima falda, superficiale e con superficie piezometrica libera, è posta al di sopra dell'orizzonte di tufo ignimbritico (Ignimbrite Campana – 39.000 anni B.P.), spesso presente in quest'area a profondità variabili da -15 mt a -20 mt dal piano campagna locale, tufo per lo più da tenero a semilitoide e con permeabilità relativa più bassa rispetto ai sovrastanti terreni.

Vi è poi una falda più profonda, posta al di sotto dell'orizzonte tufaceo, la quale per motivi idrodinamici tende ad essere caratterizzata da flussi di drenanza orientati verso l'alto, cioè verso la falda superficiale, attraverso il tufo grigio.

In particolare nel sottosuolo dell'area in esame la falda superficiale si trovava, al momento delle indagini in sito (dicembre 2021) ad una profondità media di circa -1.20 mt dal piano campagna locale. Si fa notare che tale quota corrisponde, nella zona in oggetto ed in riferimento al periodo di misurazione, ad un tempo di parziale "innalzamento" stagionale.



15.0 curve isopiezometriche della falda superficiale (quota in metri sul livello medio del mare)

area in esame

direzione preferenziale del deflusso sotterraneo della falda superficiale

La massima depressione stagionale della falda è, infatti, qui riscontrabile nel periodo "fine settembre-ottobre". La massima risalita della piezometrica si ha, invece, nel periodo Aprile-Maggio in seguito agli apporti meteorici del periodo autunnale ed invernale.

Essa è comunque soggetta, così come avviene per l'intera zona dell'Agro Nocerino-Sarnese, ad "escursioni" sia stagionali (± 1.0÷1.5 mt nell'arco di un anno) che decennali (oscillazioni anche ± 3.5÷4.5 mt) per cui la superficie piezometrica può ritrovarsi, in concomitanza di periodi (anni o decenni) a maggiore piovosità, anche a profondità alquanto variabili dal piano campagna locale rispetto a quelle oggi rilevate.

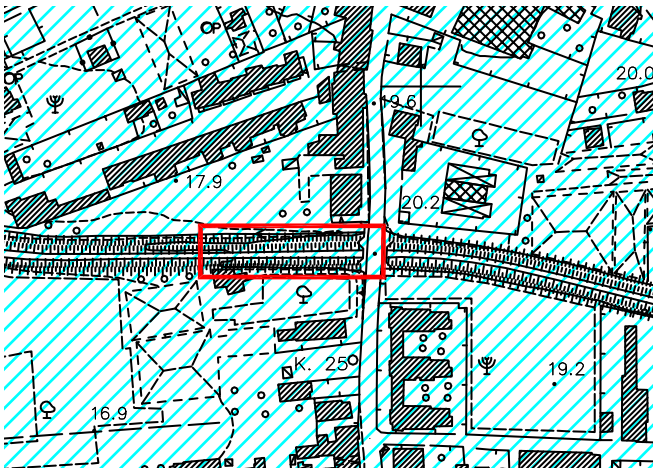
Inoltre, l'intera falda nel suo complesso, presente nel sottosuolo, tende a "defluire" verso l'alveo del fiume Sarno che attraversa la Piana, così come è possibile osservare nella apposita tavola riportata in appendice.

4.5 -Caratteristiche di permeabilità dei terreni presenti.

Dal punto di vista della permeabilità (vedasi elaborati allegati), i terreni presenti nel sottosuolo dell'area sono caratterizzati da una permeabilità per "porosità" variabile da media ad alta in relazione al grado di addensamento e all' "assortimento" granulometrico di ciascuno strato (terreni sciolti) e da nulla a medio-alta per "fratturazione" (terreni litoidi).

Più in generale, è possibile distinguere:

- ◊ i terreni appartenenti al *complesso alluvionale-piroclastico* (alluvioni antiche e recenti, sabbie, limi e limi argillosi fluvio-lacustri, piroclastici in sede e risedimentate, ecc.) con permeabilità per porosità variabile da bassa a media in relazione alla granulometria dei depositi;
- ◊ gli orizzonti di *Tufo Ignimbritico (Ignimbrite Campana)* caratterizzati da una permeabilità per porosità (tufo da tenero a semilitoide) e/o fatturazione (tufo litoide) medio-bassa.



Complesso Idrogeologico	Permeabilità
Complesso alluvionale–piroclastico: sabbie, limi e limi argillosi di origine alluvionale, depositi fluvio–lacustri, livelli di piroclastiti, talora in giacitura primaria talora rimaneggiate e/o risedimentate, orizzonte di tufo ignimbritico.	Permeabilità per porosità variabile da bassa ad elevata in relazione alle caratteristiche granulometriche di ciascun orizzonte litologico.

area in esame

4.6 -Caratteristiche litostratigrafiche e granulometriche dei terreni.

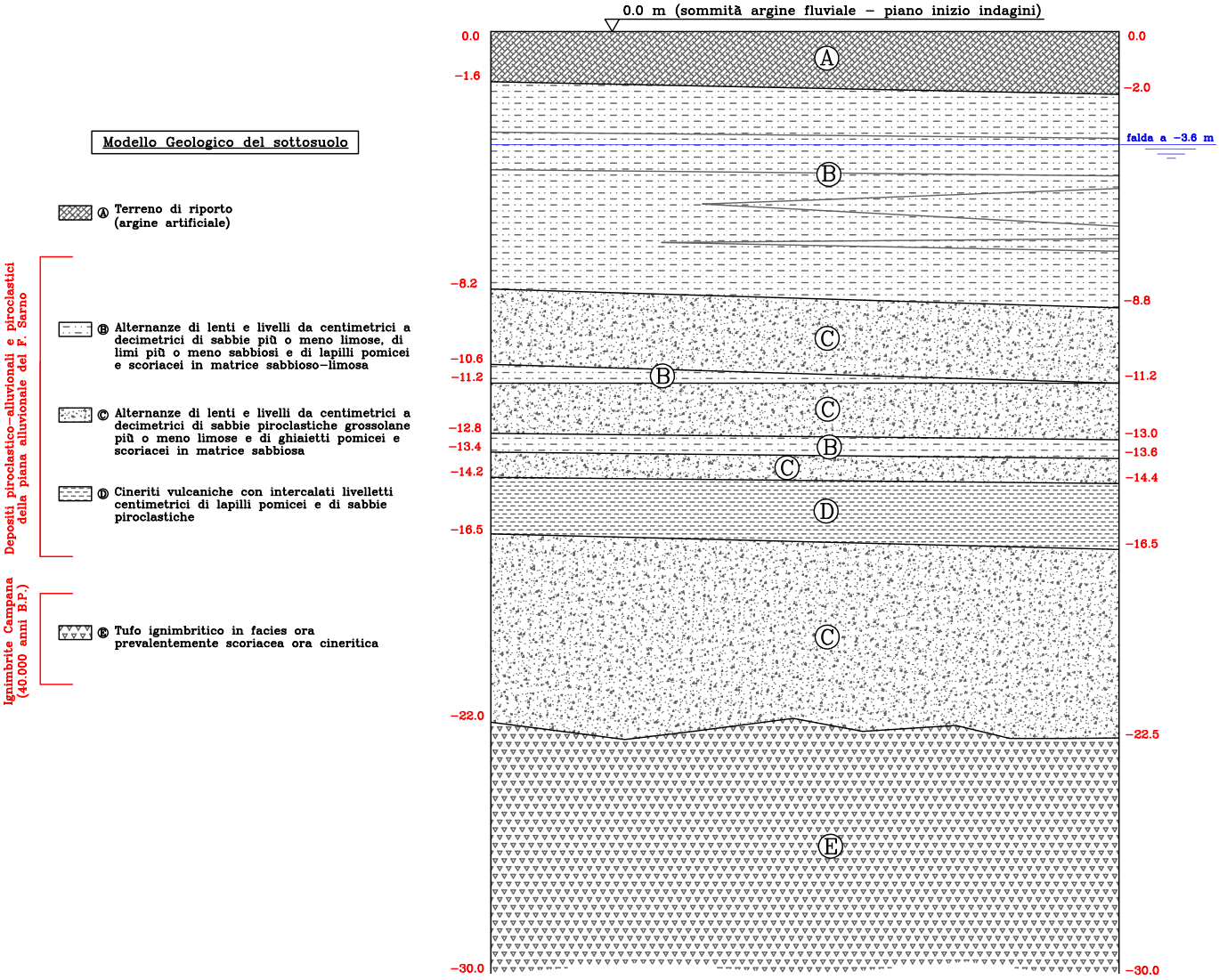
Come precedentemente detto, durante le fasi tettoniche plio-quaternarie i terreni carbonatici della dorsale dei Monti Lattari e della dorsale del Monti di Sarno vengono ribassati a gradoni verso la Piana del F. Sarno da faglie dirette o sub-verticali, andando a costituire il substrato della depressione strutturale dell'Agro. Al di sopra di questo substrato carbonatico si ritrovano terreni quaternari di ambiente litorale o lacustre e di natura alluvionale-piroclastica che hanno riempito questa depressione.

Infatti nel sottosuolo dell'area in esame ritroviamo, partendo dal piano campagna attuale ed al di sotto di un primo orizzonte di terreno vegetale, livelli sabbiosi, cineritici, pomicei e scoriacei (depositi piroclastici da caduta) in giacitura primaria risalenti a vari episodi eruttivi del vicino edificio del Somma-Vesuvio, unitamente a depositi piroclastici molto rimaneggiati o completamente risedimentati derivanti da antichi fenomeni di alluvionamento, costituiti da alternanze in lenti e livelli di limi sabbiosi, limi e sabbie limose a cui si intercalano livelli torbosi, paleosuoli e ghiaie sabbiose di origine fluviale.

Pomici, scorie e ceneri, prodotte dalle attività eruttive dell'apparato vulcanico del Somma-Vesuvio, sono state spesso rimosse, trasportate e sedimentate dai corsi d'acqua e costituiscono spesso la "materia prima" dei terreni alluvionali presenti nella piana. Inoltre l'erosione da parte degli agenti atmosferici dei terreni carbonatici affioranti nei rilievi circostanti determina la presenza di corpi detritici alla base dei versanti e di lenti ghiaiose nei pressi degli alvei fluviali nelle aree di piana.

In quasi tutto l'Agro Nocerino-Sarnese ritroviamo a profondità variabili da 15 a 25 mt dal piano campagna un orizzonte tufaceo (Ignimbrite Campana – 39.000 anni B.P.) con potenza variabile, viste soprattutto le modalità di deposizione, da pochi metri a qualche decina di metri. Esso, infatti, legato all'attività ignimbritica dei Campi Flegrei, nel momento della deposizione ha finito per ricoprire e colmare superfici e depressioni paleomorfologiche.

Come si può notare nel "***modello geologico***" appresso riportato i terreni presenti nell'area di più diretto interesse sono caratterizzati da una certa disomogeneità orizzontale (cfr. stratigrafie da sondaggi geognostici) presentando anche una variabilità nella potenza dei singoli livelli e da una notevole eterogeneità verticale (segno della variabilità degli eventi deposizionali) e, dal punto di vista granulometrico, ricoprono quasi tutto il campo di classifica *A.G.I.* (*Associazione Geotecnica Italiana*) dal limo alla ghiaia con prevalenza dei termini limoso-sabbiosi (per un quadro più completo della situazione stratigrafica caratterizzante il sottosuolo dell'area si rimanda all'appendice).



5 - CARATTERISTICHE GEOTECNICHE E DINAMICHE DEI TERRENI DI FONDAZIONE

5.1 - Caratteristiche geotecniche.

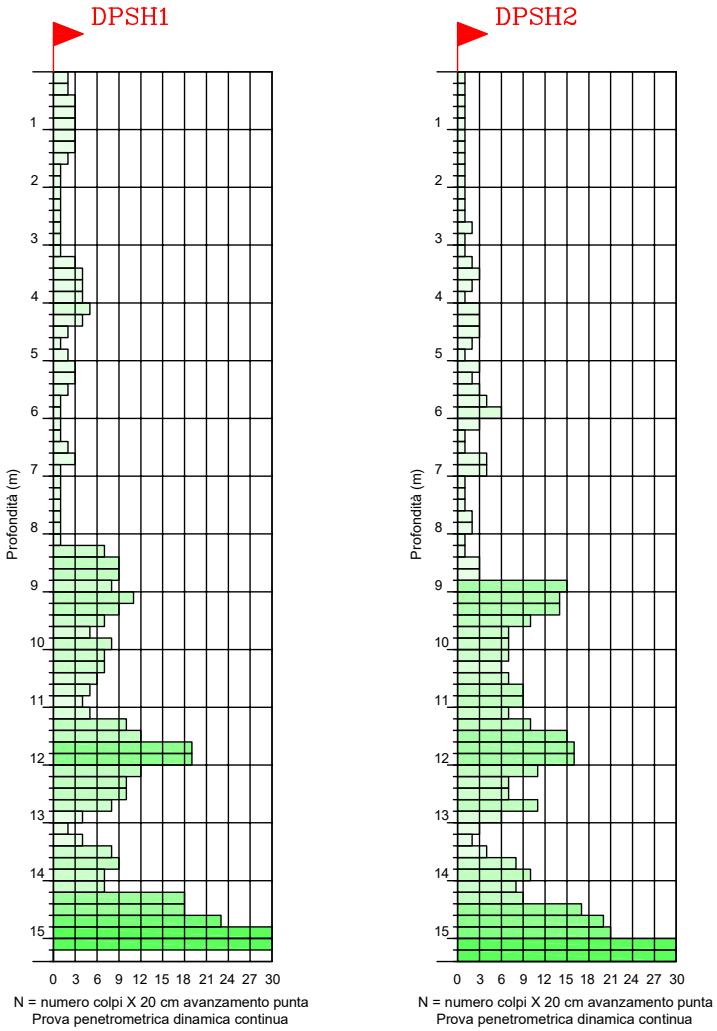
Per quanto attiene le proprietà geomeccaniche dei terreni di sedime (da utilizzare per i calcoli geotecnici relativi alla "portanza" dell'insieme terreno-strutture fondali, ai cedimenti ecc..) del manufatto oggetto di ampliamento si è fatto riferimento ai dati desumibili dalle indagini in sito e di laboratorio eseguite sull'area ed ai numerosi dati disponibili nella bibliografia (vedasi § 3).

A tal proposito va osservato che in terreni con caratteristiche simili a quelli che sono presenti nel sottosuolo dell'area in oggetto risulta, sperimentalmente,

che il numero di colpi $N_{TG63/200}$ (per infissioni di 20 cm), moltiplicato per un *coefficiente* βt di correlazione, corrisponde mediamente al numero di colpi N_{SPT} (per infissioni di 30 cm). Nel nostro caso, ed in relazione allo strumento utilizzato per le prove DPSH, βt risulta sperimentalmente uguale a 1.47 (vedasi le tabelle relative all'elaborazione statistica dei dati di campagna e ai parametri geotecnici allegate in appendice).

Si può porre quindi: $N_{TG63/200}$ (20 cm) x βt ≅ N_{SPT} (30 cm) il che consente di utilizzare le numerose e note correlazioni esistenti nella letteratura tecnica che permettono di risalire ai valori dei parametri geotecnici dei terreni in sito a partire dal numero di colpi N che sono stati necessari per attraversarli (in pratica si assume l'N_{medio} in ogni singolo strato).

La prova penetrometrica dinamica continua consiste essenzialmente nella infissione nel terreno di una punta conica tramite una batteria di aste su cui batte un maglio di determinato peso che cade da una altezza variabile in relazione al tipo di strumento utilizzato. Durante l'esecuzione della prova vengono misurati, ogni 20÷30 cm (in relazione al tipo di strumento utilizzato), il numero di colpi necessari per l'attraversamento del litotipo interessato.



I dati di campagna, e in particolare il numero di colpi N_{medio}, vengono poi utilizzati per l'elaborazione dei penetrogrammi, per il calcolo della *resistenza dinamica Rd* e degli altri parametri geotecnici che è possibile ricavare da tali prove.

⇦ Penetrometrie DPSH seguita sull'area di sedime

In particolare **l'elaborazione dei dati penetrometrici** consente di risalire principalmente ai valori dell'*angolo di attrito interno* **φ**, della *coesione* **c**, del *modulo di elasticità* **E**, al *modulo edometrico* **Ed** e al *grado di addensamento* **Dr** o di *consistenza* utilizzando le relazioni degli autori riportati in appendice nelle apposite tabelle e confrontandole anche con altre similari presenti nella letteratura tecnica.

Sono stati elaborati i dati riguardanti i litotipi presenti fino alla massima profondità investigata con la pene-

trometria eseguita. Dai dati progettuali si evince che questi materiali costituiscono il "*volume significativo*" di terreno interessato dalle tensioni indotte nel sottosuolo dai manufatti in progetto.

I terreni in esame hanno fatto denotare, nelle verticali esplorate, i seguenti valori dei parametri geomeccanici:

PARAMETRO	VALORI
***densità relativa Dr* (terreni granulari)**	**11%<*Dr*<44%**
***grado di consistenza* (terreni coesivi)**	**da "*poco consistente*" a "*consistente*"**
***Angolo di attrito* φ°**	**φ da ≅ 16° a ≅ 30°**
***modulo elastico* E' (Modulo di Young)**	**E' da ≅ 12 Kg/cm² a ≅ 462 Kg/cm²**
***modulo edometrico* E_d**	**E_d da ≅ 7 Kg/cm² a 212 Kg/cm²**
***coesione non drenata* Cu**	**Cu ≅ 0,09 ÷ 3,12 Kg/cm²**
DATI LABORATORIO GEOTECNICO (campione indisturbato)	
Profondità di prelievo dal p.c. locale	**4,0 – 4,5 m**
Classificazione granulometrica	**Sabbia con ghiaia con limo**
***Angolo di attrito* φ°**	**φ = 25,41°**
***coesione* C**	**C = 0,03 Kg/cm²**
***peso di volume naturale* γn**	**γn = 1,86 t/m3**

In merito ai dati emersi dalle prove di laboratorio si fa notare, in particolare, che alla stessa profondità (tra -4,0 e -4,5 mt) i valori dell'angolo di attrito φ derivanti dall'elaborazione delle penetrometrie sono inferiori a quelli desunti dalle prove di laboratorio.

Ciò deriva dal fatto che le formule di elaborazione delle proprietà geomeccaniche dei terreni a partire dal numero di colpi N_{medio} riscontrati nel litotipo interessato sono di natura semi-empirica e, principalmente, dal fatto che la prova penetrometrica viene eseguita senza particolari disturbi derivanti dalla presenza all'interno del litotipo di inclusioni "ghiaiose" (lapilli, ghiaietto poligenico, ecc..) di +/- modeste dimensioni e concentrazione. La presenza dei suddetti inclusi influenza, invece, notevolmente i risultati della prova di taglio provocando, in fase di "taglio" degli inclusi, un picco nei valori di φ che in parte falsano il reale valore di tale parametro rispetto a quello della matrice in cui sono inglobati.

Si rimanda agli allegati relativi per il dettaglio alle prove di laboratorio geotecnico.

In merito alla ***costante di sottofondo K***, o coefficiente di reazione del terreno, sia fa notare che è possibile adottare varie metodologie per risalire alla sua stima. Nel modello geotecnico allegato in appendice sono riportati dei valori di K ottenuti con una metodologia che parte dall'elaborazione dei dati acquisiti con le indagini in sito utilizzando una formula proposta da *Y. Shioi* & *J. Fukui* nel

1982. Tale formula, che tiene semplicemente conto del numero di colpi N_{medio} registrato negli strati fondali interessati, è la seguente: *K = 0.1÷1.0 N*.

Negli allegati è possibile rilevare le caratteristiche geomeccaniche dei terreni di sedime (volume significativo) ed il valore di N_{medio} dei singoli "strati geotecnici" che nel nostro caso, onde ottenere il valore di K, è stato moltiplicato, in termini cautelativi, per "0.6".

Come si evince meglio dagli allegati, i vari termini litologici difficilmente risultano classificabili in singole e ben definite categorie granulometriche; nella maggior parte dei casi essi sono frammisti e combinati tra loro risultando alquanto disomogenei nell'ambito del singolo livello e dando origine a termini secondari ed intermedi. Per un maggior dettaglio in merito alla successione stratigrafica ed ai parametri geomeccanici dei terreni di sedime in oggetto si rimanda alle apposite tabelle e ai grafici allegati in appendice (in particolare alla "*Sezione Geotecnica*").

In ogni modo, per una più rapida visione d'insieme delle proprietà geomeccaniche dei terreni presenti nell'area di sedime oggetto di studio si può fare riferimento alla "*Stratigrafia Geotecnica*" (da utilizzarsi per le verifiche geotecniche) allegata anche in appendice e qui appresso riportata che può essere assunta come "***modello geotecnico***" dell'area di sedime.

Si precisa in merito che i valori in questa riportati sono stati "mediati" tra le penetrometrie eseguite con un particolare riferimento, a vantaggio di sicurezza, ai valori dei parametri geomeccanici più "scadenti" dei singoli litotipi quali sono emersi dalle varie penetrometrie eseguite.

Stratigrafia geotecnica schematica - (Modello Geotecnico del sottosuolo)

Committente: Consorzio di Bonifica Integrale Comprensorio Sarno

Località: Argine Alveo Comune Nocerino - attraversamento via Gramsci - Comune di San Marzano sul Sarno (SA) Note: falda a -3.6 m da sommità argine fluviale

N° strato	profondità base strato (m)	Descrizione terreno	Natura terreno	N_{SPT}	Densità relativa *Dr* (%)	Peso unità di volume saturo γsat (t/m³)	Peso unità di volume γ (t/m³)	Peso unità di volume naturale γn (t/m³)	Angolo d'attrito interno ϕ (°)	Costante di sottofondo *K* (Kg/cm³)	Coesione non drenata *Cu* (kg/cm²)	Modulo elastico *E'* (kg/cm²)	Modulo edometrico E_{ed} (kg/cm²)	Coefficiente di Poisson *ν*
1	1,00	terreno di riporto (argine artificiale)	incoerente	1	11	1,85	1,36	1,61	20	0,6	0,00	12	10	0,397
2	3,40	sabbie e limi	incoerente	1	11	1,85	1,36	1,61	20	0,6	0,00	12	10	0,397
3	4,40	sabbie limose con pomici	incoerente	4	17	1,87	1,39	1,63	22	2,4	0,00	29	26	0,385
4	8,80	limi debolmente sabbiosi	coesivo	1		1,85	1,52		16	0,6	0,09	15	7	0,420
5	10,60	sabbie limose con livelli di ghiaietti	incoerente	11	36	1,93	1,49		28	6,6	0,00	91	81	0,347
6	11,20	sabbie e limi	incoerente	7	26	1,89	1,44		25	4,2	0,00	55	49	0,366
7	12,80	sabbie e ghiaietti	incoerente	16	44	1,96	1,55		30	9,6	0,00	125	111	0,333
8	13,60	limi debolmente sabbiosi	coesivo	4		1,87	1,72		17	2,4	0,28	44	20	0,414
9	14,40	sabbie e ghiaietti	incoerente	11	36	1,93	1,49		28	6,6	0,00	91	81	0,347
10	15,40	cineriti vulcaniche	coesivo	46		2,50	2,40		19	27,6	3,12	462	212	0,403
					Skempton (1986)	Terzaghi & Peck (1948-1967) - terreni incoerenti Meyerhof ed altri - terreni coesivi	Terzaghi & Peck (1948-1967) - terreni incoerenti Meyerhof ed altri - terreni coesivi	valore medio tra il peso di volume secco e il peso di volume saturo	Shioi & Fukuni (1982)	Shioi & Fukuni (1982)	Terzaghi & Peck	Schmertmann (1978) - terreni incoerenti Apollonia - terreni coesivi	Farrent (1963) - terreni incoerenti Stroud-Butler (1975) - terreni coesivi	A.G.I.

Principali Parametri sismici

Categoria di sottosuolo (tabella 3.2.II – NTC2018)	Categoria Topografica (tabella 3.2.III – NTC2018)
C	**T1**

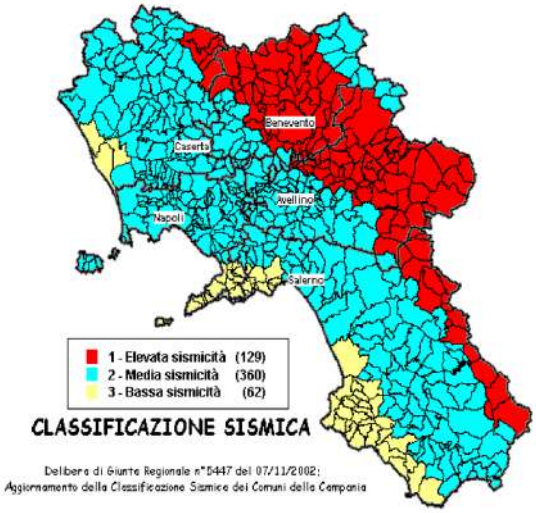
Parametri geotecnici da analisi di laboratorio su campione indisturbato

Campione	Profondità prelievo (m)	Descrizione litologica	Peso unità di volume naturale γn (t/m³)	Peso unità di volume saturo γsat (t/m³)	Contenuto d'acqua naturale *W* %	Indice dei vuoti *e*	Porosità *n* %	Angolo d'attrito ϕ (°)	Coesione *C* (Kg/cm²)	Descrizione granulometrica
C1	4.00-4.50	Limo sabbioso marrone con clasti poligenici eterometrici	1,86	1,96	19,44	0,68	40,6	25,41	0,03	Sabbia con ghiaia con limo

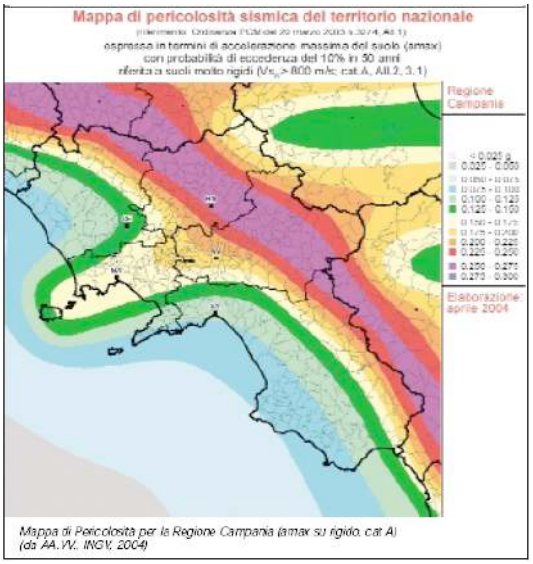
5.2 - Caratteristiche sismiche.

Come già detto in precedenza l'area, su cui è previsto l'intervento in esame, risulta posta nel territorio comunale di San Marzano sul Sarno, nella Provincia di Salerno e, quindi nella Regione Campania.

Sulla base della D.G.R. n° 5447 del 2002 il territorio comunale di San Marzano sul Sarno risulta classificato dal punto di vista sismico come Zona 2.



Carta dei diversi gradi di sismicità in Campania



Mappa di Pericolosità per la Regione Campania

Inoltre, nell'ambito dell'Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 2003 lo stesso territorio comunale di San Marzano sul Sarno risulta collocato dal punto di vista sismico nella Zona 2 sulla base dei valori di accelerazione orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (vedasi tabella sottostante).

zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [a_g/g]	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a_g/g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-015	0,15
4	<0,05	0,05

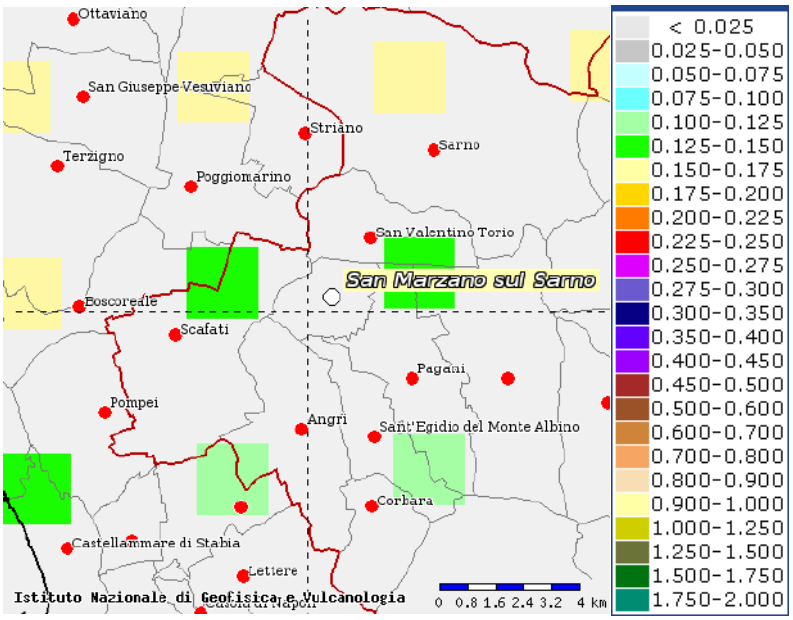
da Allegato 1 all' Ordinanza 3274/03 – "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche"

Sulla base di tali classificazioni macrosismiche il valore di accelerazione orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, da assegnare al territorio di San Marzano sul Sarno è di 0.25 g.

Per una stima più puntuale di a_g nell'ambito del territorio di San Marzano sul Sarno è possibile ricorrere agli elaborati grafici prodotti nell'ambito del Progetto DCP-INVG S1 relativo alle valutazioni di a_g (16mo, 50mo e 84mo percentile) con le seguenti probabilità di superamento in 50 anni: 81%, 63%, 50%, 39%, 30%, 22%, 5%, 2%, rispettivamente corrispondenti a periodi di ritorno di 30, 50, 72, 100, 140, 200, 975 e 2475 anni. I valori di pericolosità sismica riportati dalle seguenti carte sono espressi in termini di accelerazione massima del suolo (a_g = frazione della accelerazione di gravità), riferita a suoli rigidi (V_{s30} > 800 m/s ovvero cat. A, punto

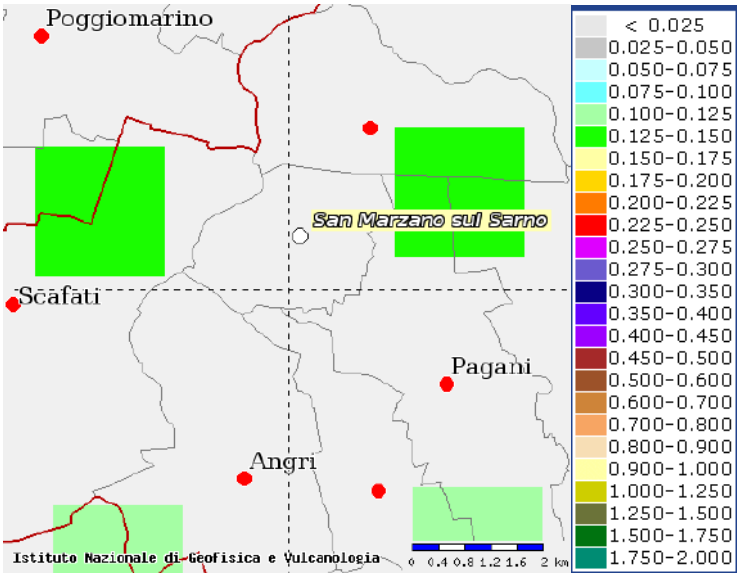
3.2.1 del D.M. 14.09.2005), con probabilità di eccedenza in 50 anni pari a: 81%, 63%, 50%, 39%, 30%, 22%, 5% e 2%.

Per primo viene riportato qui di seguito la carta relativa all'intero territorio comunale di San Marzano sul Sarno in riferimento ai valori di a_g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni e 50mo percentile.



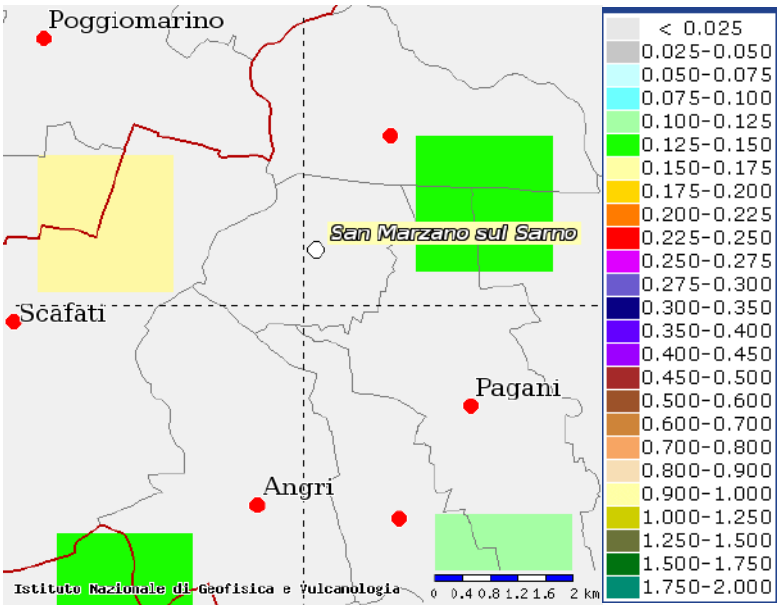
In tale carta si nota come i valori di a_g partendo dai territori comunali posti a Nord del territorio di San Marzano sul Sarno, ove essi sono nell'ordine di 0.150-0.175 g, tendano a decrescere progressivamente verso Sud, ove assumono valori di 0.100-0.125g.

Volendo esaminare con un maggiore dettaglio la porzione di territorio di più diretto interesse, appaiono utili le seguenti carte:



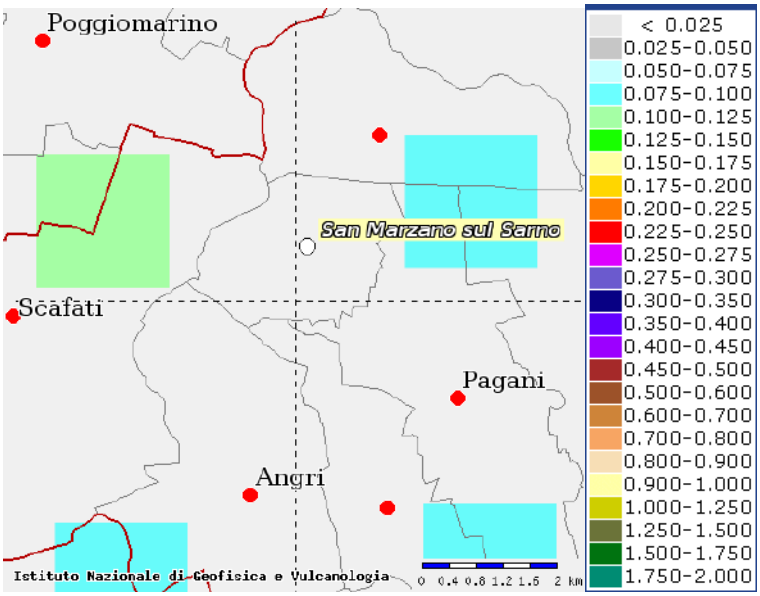
Valori di a_g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni e 50mo percentile

In tal caso per l'area in esame è previsto un valore di a_g compreso tra 0.125-0.150 g



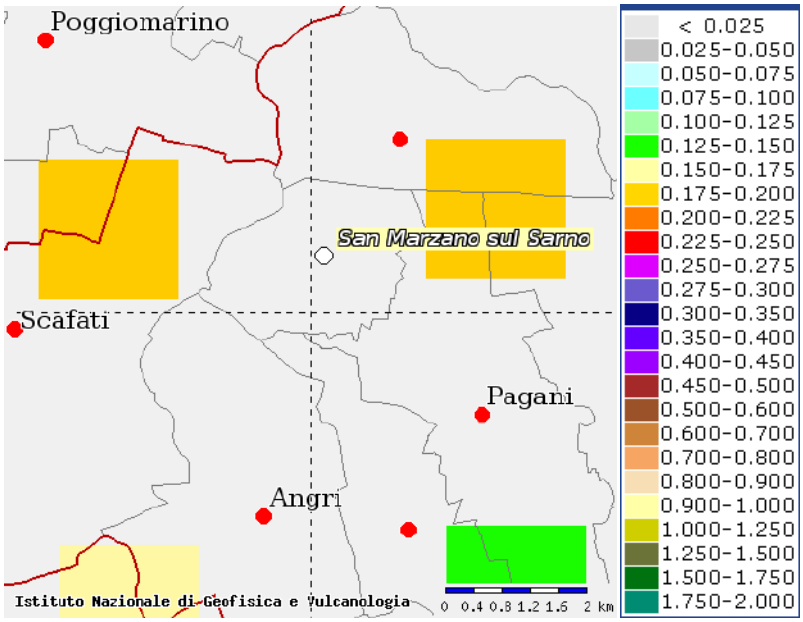
Valori di a_g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni e 84mo percentile

In tal caso per l'area in esame è previsto un valore di a_g compreso tra 0.150-0.175 g



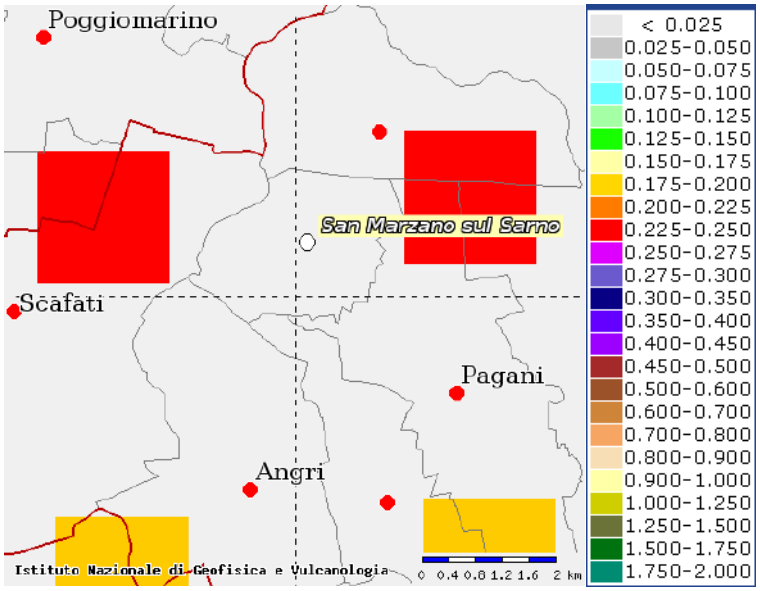
Valori di a_g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni e 16mo percentile

In tal caso per l'area in esame è previsto un valore di a_g compreso tra 0.100-0.125 g



Valori di a_g con probabilità di superamento del 5% in 50 anni e 50mo percentile

In tal caso per l'area in esame è previsto un valore di a_g compreso tra 0.175-0.200 g



Valori di ag con probabilità di superamento del 2% in 50 anni e 50mo percentile

In tal caso per l'area in esame è previsto un valore di a_g compreso tra 0.225-0.250 g

Per valutare la bontà della corrispondenza della distribuzione statistica dei valori di a_g stimati nell'ambito del *Progetto DCP-INVG S1* per l'area in esame con quelli reali di sito è necessario ricorrere alla procedura di analisi contenuta nelle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. del 17-01-2018).

In tali Norme Tecniche si afferma come *ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II* (cfr. tabella sottostante), *si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS.*

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

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

Tabella 3.2.II da NTC 2018

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

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

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}} \qquad [3.2.1]$$

con:

- *hi spessore dell'i-esimo strato;*
- $V_{S,i}$ *velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;*
- *N numero di strati;*
- *H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.*

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

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

Nel nostro caso, le caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche dei terreni presenti nel sottosuolo dell'area in esame e la mancanza in esso di un substrato rigido (con Vs maggiore o uguale a 800 m/s) nei primi 30/35 m di profondità dal piano campagna consentono di fare riferimento ad un *approccio semplificato*, attribuendo al sottosuolo una delle categorie di Tabella 3.2.II (Categorie di sottosuolo) ed utilizzando il parametro $V_{S,30}$.

Quindi per la determinazione di tale valore V_{s30} per il sottosuolo dell'area in esame è stata eseguita una *prospezione sismica multicanale di superficie a metodologia* ***M.A.S.W.*** (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) finalizzata alla determinazione del profilo verticale di propagazione della velocità delle onde di taglio V_{seq}, associata a *misure di rumore ambientale a stazione singola a metodologia* ***H.V.S.R.*** (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*).

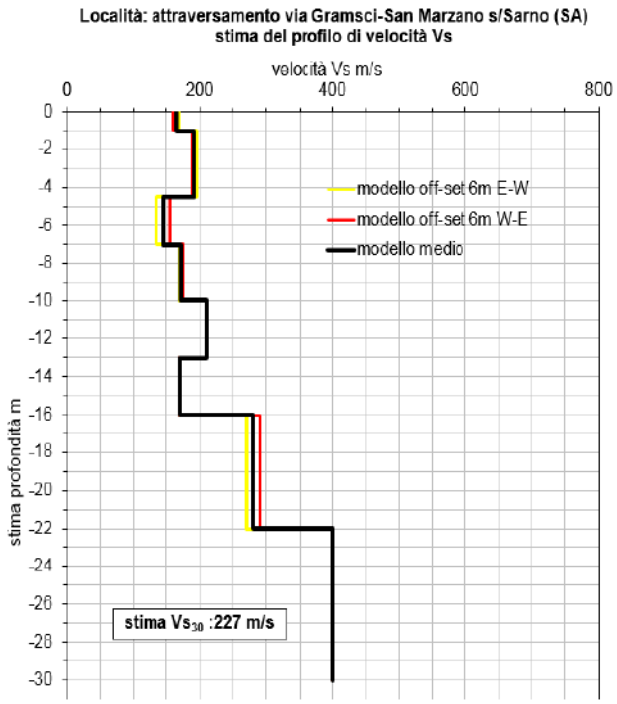
Sismografo e P.C. acquisitore

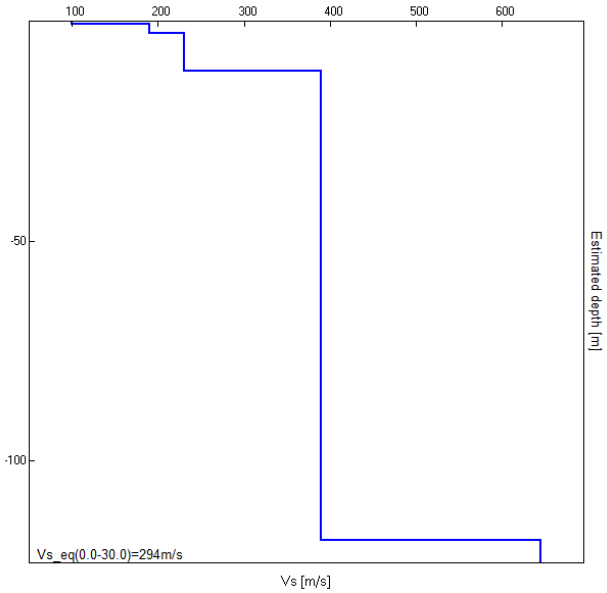
geofono

Stesa sismica MASW

Tromino x HVSR

Fase di energizzazione MASW





Dall'elaborazione dei dati ottenuti durante l'esecuzione di dette indagini sismiche è stato ottenuto un valore medio di $V_{s,30}$ pari a ***227 m/sec*** (cfr. relazione geofisica specialistica presente in allegato).

In virtù del valore $V_{s,30}$ così ottenuto è possibile attribuire al sito in questione una ***Categoria di sottosuolo C*** (tabella 3.2.II – NTC2018).

Inoltre, tenendo conto della morfologia della zona (zona nel complesso pianeggiante), in cui ricade il sito di interesse, morfologia caratterizzata da pendenze nel complesso sempre inferiori ai 15°, è possibile attribuire all'area una ***Categoria topografica T1*** (tabella 3.2.III – NTC2018).

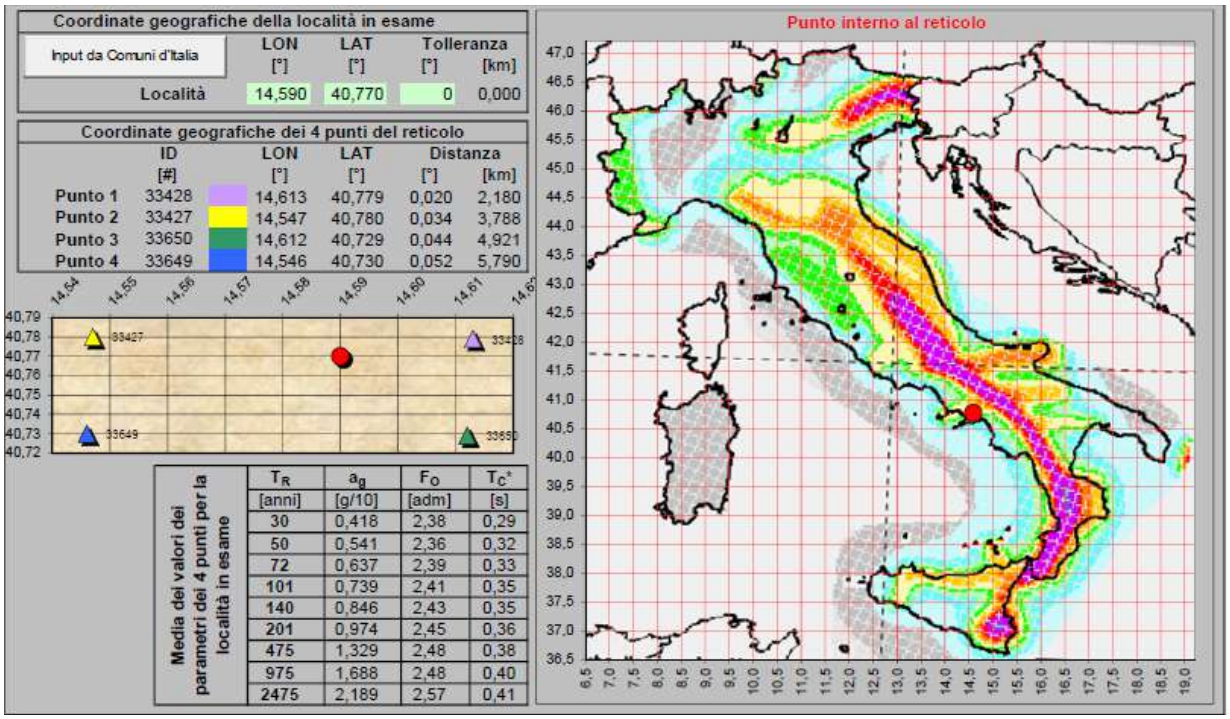
Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°
T2	Pendii con inclinazione media i > 15°
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30°
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°

Successivamente secondo i dettami delle NTC 2018 è necessario, per procedere nel calcolo della risposta di sito, collocare il punto dell'area di interesse all'interno di un reticolo di riferimento dopo aver preventivamente stabilito le sue coordinate (longitudine e latitudine).

Mediante l'ausilio di un software dedicato si ottengono i seguenti risultati per un punto dell'area di coordinate 14,590° di longitudine e 40,770° di latitudine:

Fase 1



Coordinate geografiche della località in esame

Input da Comuni d'Italia	LON [°]	LAT [°]	Tolleranza [°]	Tolleranza [km]
Località	14,590	40,770	0	0,000

Coordinate geografiche dei 4 punti del reticolo

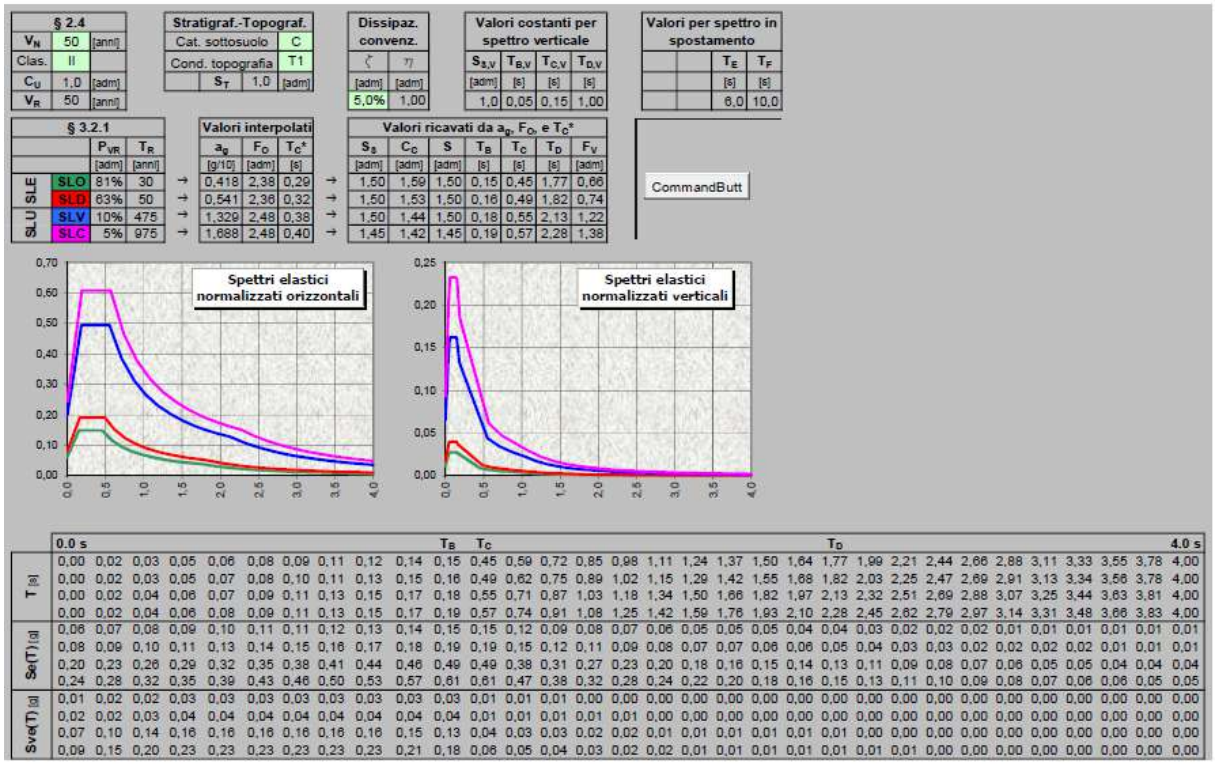
	ID [#]	LON [°]	LAT [°]	Distanza [°]	Distanza [km]
Punto 1	33428	14,613	40,779	0,020	2,180
Punto 2	33427	14,547	40,780	0,034	3,788
Punto 3	33650	14,612	40,729	0,044	4,921
Punto 4	33649	14,546	40,730	0,052	5,790

Media dei valori dei parametri dei 4 punti per la località in esame

T_R [anni]	a_g [g/10]	F_O [adm]	T_C^* [s]
30	0,418	2,38	0,29
50	0,541	2,36	0,32
72	0,637	2,39	0,33
101	0,739	2,41	0,35
140	0,846	2,43	0,35
201	0,974	2,45	0,36
475	1,329	2,48	0,38
975	1,688	2,48	0,40
2475	2,189	2,57	0,41

In questa prima fase di calcolo, per il punto in esame, si determinano i valori delle costanti a_g, F_o e T_{c*} (in seguito specificate) riferite a suoli rigidi (cfr. allegato A ed allegato B del D.M. 14.01.2008) e relativa ad un periodo di ritorno TR dell'azione sismica.

Fase 2



§ 2.4		
V_N	50	[anni]
Clas.	II	
C_U	1,0	[adm]
V_R	50	[anni]

Stratigraf.-Topograf.		
Cat. sottosuolo	C	
Cond. topografia	T1	
S_T	1,0	[adm]

Dissipaz. convenz.	
ζ [adm]	η [adm]
5,0%	1,00

Valori costanti per spettro verticale			
$S_{S,V}$ [adm]	$T_{B,V}$ [s]	$T_{C,V}$ [s]	$T_{D,V}$ [s]
1,0	0,05	0,15	1,00

Valori per spettro in spostamento		
	T_E [s]	T_F [s]
	6,0	10,0

§ 3.2.1 — Valori interpolati — Valori ricavati da a_g, F_O, e T_C^*

		P_{VR} [adm]	T_R [anni]	a_g [g/10]	F_O [adm]	T_C^* [s]	S_S [adm]	C_C [adm]	S [adm]	T_B [s]	T_C [s]	T_D [s]	F_V [adm]
SLE	SLO	81%	30	0,418	2,38	0,29	1,50	1,59	1,50	0,15	0,45	1,77	0,66
SLE	SLD	63%	50	0,541	2,36	0,32	1,50	1,53	1,50	0,16	0,49	1,82	0,74
SLU	SLV	10%	475	1,329	2,48	0,38	1,50	1,44	1,50	0,18	0,55	2,13	1,22
SLU	SLC	5%	975	1,688	2,48	0,40	1,45	1,42	1,45	0,19	0,57	2,28	1,38

	0.0 s											T_B	T_C																							T_D												4.0 s
T [s]	0,00	0,02	0,03	0,05	0,06	0,08	0,09	0,11	0,12	0,14	0,15	0,45	0,59	0,72	0,85	0,98	1,11	1,24	1,37	1,50	1,64	1,77	1,99	2,21	2,44	2,66	2,88	3,11	3,33	3,55	3,78	4,00
	0,00	0,02	0,03	0,05	0,07	0,08	0,10	0,11	0,13	0,15	0,16	0,49	0,62	0,75	0,89	1,02	1,15	1,29	1,42	1,55	1,68	1,82	2,03	2,25	2,47	2,69	2,91	3,13	3,34	3,56	3,78	4,00
	0,00	0,02	0,04	0,06	0,07	0,09	0,11	0,13	0,15	0,17	0,18	0,55	0,71	0,87	1,03	1,18	1,34	1,50	1,66	1,82	1,97	2,13	2,32	2,51	2,69	2,88	3,07	3,25	3,44	3,63	3,81	4,00
	0,00	0,02	0,04	0,06	0,08	0,09	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	0,57	0,74	0,91	1,08	1,25	1,42	1,59	1,76	1,93	2,10	2,28	2,45	2,62	2,79	2,97	3,14	3,31	3,48	3,66	3,83	4,00
Se(T) [g]	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,15	0,12	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	0,08	0,09	0,10	0,11	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,19	0,15	0,12	0,11	0,09	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
	0,20	0,23	0,26	0,29	0,32	0,35	0,38	0,41	0,44	0,46	0,49	0,49	0,38	0,31	0,27	0,23	0,20	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	0,11	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04
	0,24	0,28	0,32	0,35	0,39	0,43	0,46	0,50	0,53	0,57	0,61	0,61	0,47	0,38	0,32	0,28	0,24	0,22	0,20	0,18	0,16	0,15	0,13	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05
Sve(T) [g]	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,07	0,10	0,14	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15	0,13	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,09	0,15	0,20	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,21	0,18	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Avendo considerato nella seconda fase il sottosuolo del punto prescelto come *categoria di sottosuolo C*, le caratteristiche della superficie topografica come T1, una vita nominale V_N dell'opera in progetto maggiore o uguale a 50 anni ed una classe d'uso pari a II, si ottengono i seguenti valori:

§ 3.2.1					Valori interpolati				Valori ricavati da a_g, F_O, e T_C^*						
		P_{VR}	T_R		a_g	F_O	T_C^*		S_S	C_C	S	T_B	T_C	T_D	F_V
		[adm]	[anni]		[g/10]	[adm]	[s]		[adm]	[adm]	[adm]	[s]	[s]	[s]	[adm]
SLE	SLO	81%	30	→	0,418	2,38	0,29	→	1,50	1,59	1,50	0,15	0,45	1,77	0,66
SLE	SLD	63%	50	→	0,541	2,36	0,32	→	1,50	1,53	1,50	0,16	0,49	1,82	0,74
SLU	SLV	10%	475	→	1,329	2,48	0,38	→	1,50	1,44	1,50	0,18	0,55	2,13	1,22
SLU	SLC	5%	975	→	1,688	2,48	0,40	→	1,45	1,42	1,45	0,19	0,57	2,28	1,38

ove:

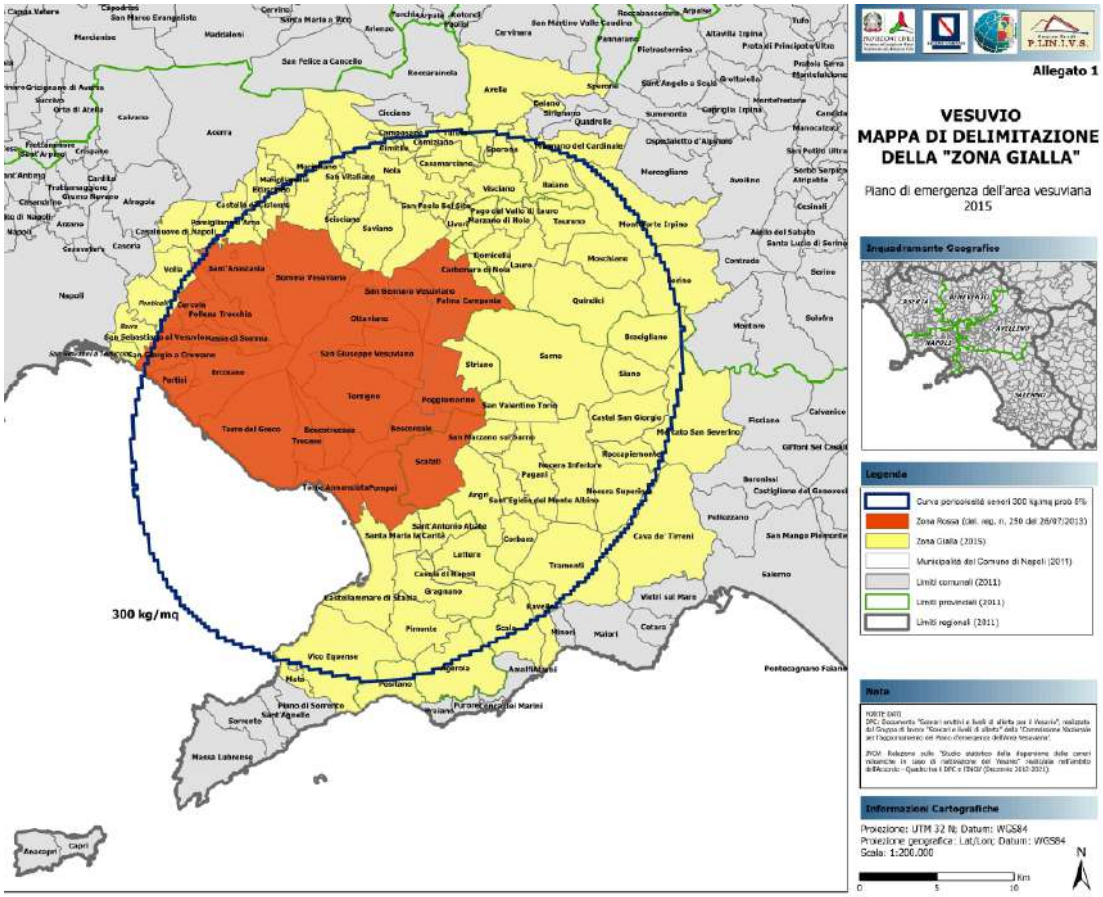
- ✓ P_{VR} è la probabilità di superamento nella vita di riferimento V_R;
- ✓ T_R è il periodo di ritorno dell'azione sismica;
- ✓ a_g è l'accelerazione al suolo espressa come frazione di g (accelerazione di gravità);
- ✓ Fo è il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- ✓ Tc* è il periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;
- ✓ SLO è stato limite di operatività;
- ✓ SLD è lo stato limite di danno;
- ✓ SLV è stato limite di salvaguardia della vita;
- ✓ SLC è lo stato limite di prevenzione del collasso.

Viste le caratteristiche geomorfologiche, geologiche (successione stratigrafica e litologia) e idrogeologiche (presenza della falda idrica a profondità inferiore ai -15.0 mt dal p.c. locale) della zona in cui ricade l'area in oggetto nonché le proprietà litologiche e geotecniche (caratteristiche granulometriche, addensamento, successione stratigrafica, ecc..) dei litotipi costituenti il sottosuolo fino a profondità tecnicamente significative, è stata eseguita una verifica alla liquefazione di terreni in fase sismica (vedasi paragrafo 7.11.3.4 delle N.T.C. 2018).

Dalle elaborazioni eseguite è risultato che tale fenomeno non può verificarsi nell'area di sedime in oggetto (vedasi allegati).

5.3 - Rischio vulcanico.

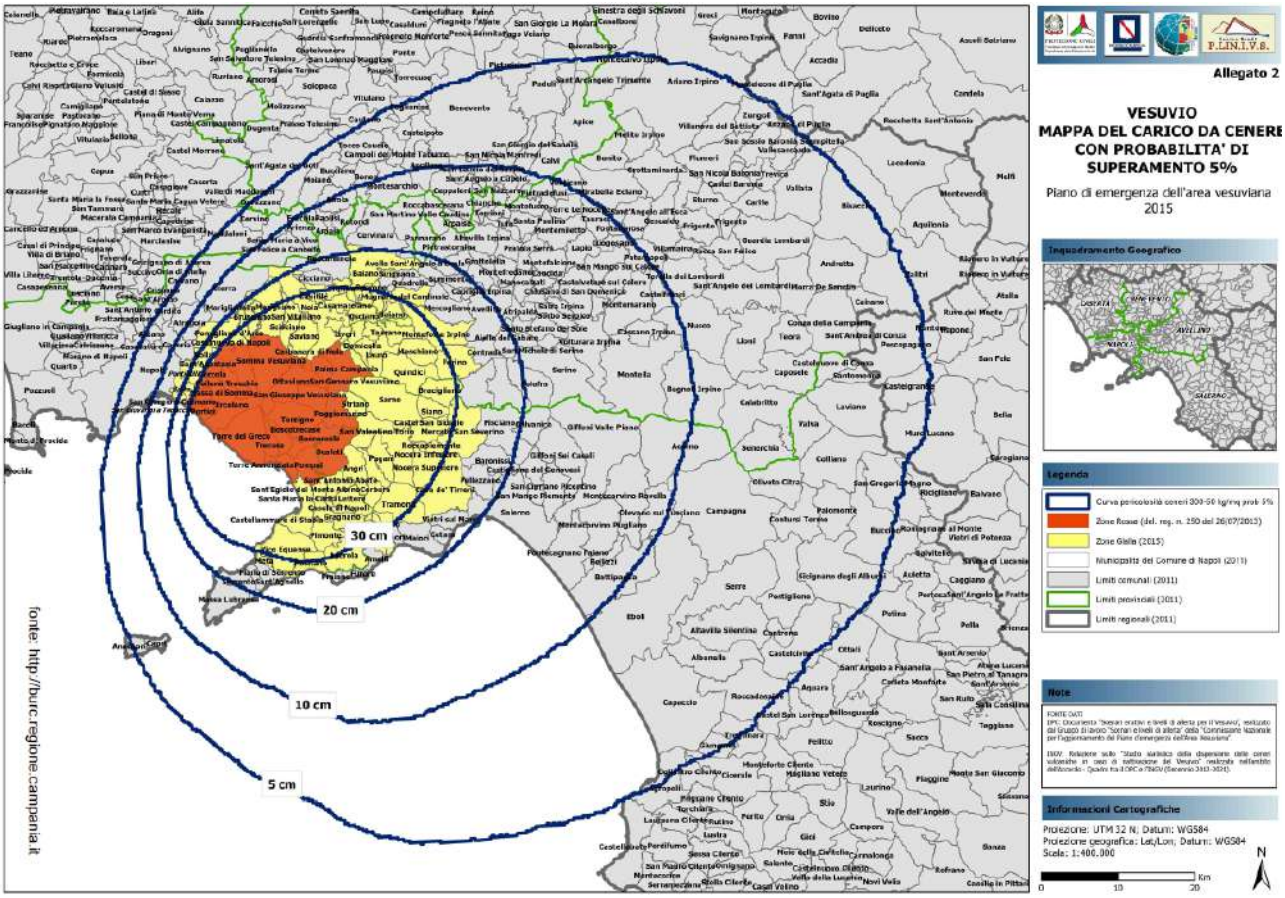
Nell'ambito della Pianificazione di Emergenza per il Rischio Vesuvio (*Piano di Emergenza dell'Area Vesuviana*) il territorio comunale di Nocera Inferiore è stato inserito all'interno della *Zona Gialla* (Del. Giunta Regionale n°29 del 9/02/2015).



Tale Zona Gialla è definita come l'area esposta alla significativa ricaduta di ceneri vulcaniche in caso di eruzione del Vesuvio ed esterna alla Zona Rossa 2. Tale area risulta costituita dall'insieme di 63 territori comunali campani e di parte di 3 circoscrizioni del Comune di Napoli, interni o intersecati dalla curva di probabilità di superamento del 5%, per eruzione di scenario sub-pliniana, relativa al carico di 300 Kg/m^2 determinato dall'accumulo di ceneri vulcaniche.

Durante un'ipotetica eruzione vesuviana, infatti, una delle fonti di pericolo per l'incolumità delle persone e la stabilità dei manufatti è rappresentata dall'eventuale collasso delle coperture (tetti e terrazzi) degli edifici ad uso abitativo o produttivo laddove queste non fossero adeguate a sopportare l'aumento di peso prodotto dall'accumulo delle ceneri.

L'aumento di peso può essere ulteriormente aggravato da eventuali piogge che dovessero inumidire le ceneri stesse. Nella progettazione di nuovi edifici, nella sostituzione di vecchie coperture preesistenti e nell'ambito in generale di lavori di ristrutturazione estesi alle porzioni sommitali di fabbricati già esistenti occorrerà tenere presente durante i calcoli strutturali dei possibili potenziali sovraccarichi derivanti dall'accumulo di prodotti piroclastici prodottisi durante un'ipotetica eruzione del Vesuvio.



Nell'ambito dell'Allegato 6 alla già citata Del. Giunta Regionale n°29 del 9/02/2015, in merito alle prime indicazioni per la determinazione dei carichi verticali conseguenti alla ricaduta di ceneri vulcaniche in Zona Rossa e in Zona Gialla si legge:

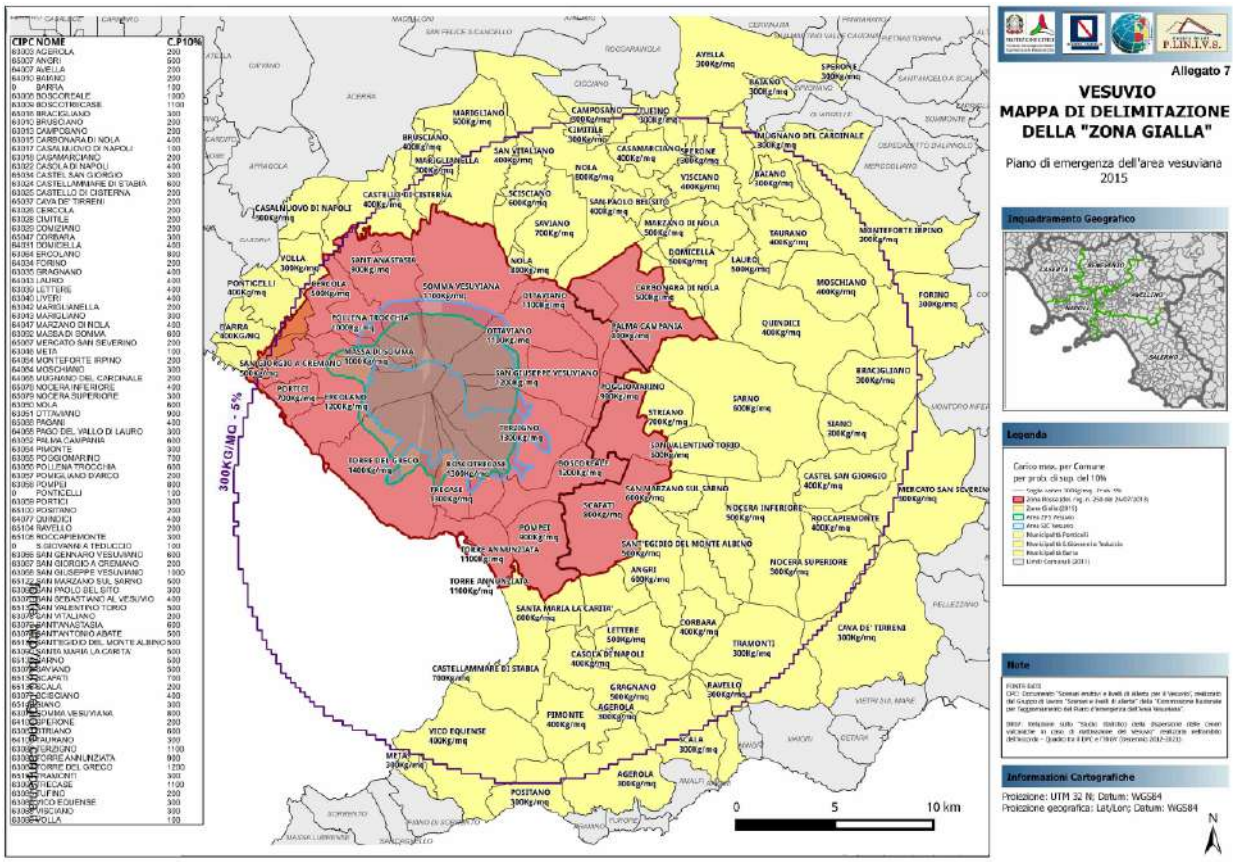
1. Per la progettazione degli interventi strutturali e la verifica delle strutture esistenti in "Zona rossa" e "Zona gialla" del Piano Nazionale di Emergenza del Vesuvio si suggerisce di considerare anche il carico verticale conseguente all'accumulo di ceneri vulcaniche.

2. Il carico da cenere è una "azione eccezionale", così come definita al paragrafo 3.6 delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. del 14 gennaio 2008.

3. I valori di calcolo si definiscono in base allo scenario sub-pliniano di riferimento, considerando il carico da cenere asciutta, riportato nella cartografia di cui all'Allegato 7, che ha probabilità di superamento del 10%, così come valutato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) e dal Centro Studi Plinivs dell'Università di Napoli Federico II – Centro di Competenza del Dipartimento della Protezione Civile (DPC) - in base alle statistiche del vento in quota.

4. Il carico da cenere asciutta deve essere opportunamente maggiorato per tener conto dell'effetto di possibili piogge concomitanti o successive all'eruzione vulcanica. Tale incremento è pari a 1,5 KN/mq, ovvero al corrispondente carico da cenere asciutta se inferiore.

5. Per tener conto degli effetti delle pendenze delle coperture, si applicano le medesime regole che le Norme Tecniche indicano per il carico da neve.



Nell'ambito del già citato Allegato 7 (cfr. carta sovrastante) al territorio comunale di Nocera Inferiore, identificato con il codice 65078 (CIPC), viene attribuito un valore di 400 C.P10%, cioè un carico massimo di ceneri per probabilità di superamento del 10% pari a 400-500 Kg/m^2.

6 – CONSIDERAZIONI TECNICHE E CONCLUSIONI

La zona in cui è ubicata l'area di sedime dei manufatti da ricostruire si presenta geomorfologicamente stabile non avendo evidenziato fenomeni di dissesto superficiali e/o profondi in atto o potenziali (vedasi quanto riportato nel § 4).

Infatti, l'area non risulta compresa, nell'ambito della Cartografia allegata al *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino della Campania centrale* (ex del fiume Sarno), tra le aree a *Pericolosità da frane* ed a *Rischio da frane*. Questa viene, invece, inserita, sempre nel suddetto P.S.A.I, nella cartografia delle *Aree a Rischio e/o Pericolosità Idraulica.* In particolare nella Carta della Pericolosità Idraulica è così riportata "*Pericolosità Media P2*" e nella Carta del Rischio Idraulico e riportata in quelle a "*Rischio moderato R1*" (vedasi anche tavole allegate in appendice).

Il substrato dell'area è costituito da materiali che coprono tutto il campo di classificazione "*A.G.I.*" (*Associazione Geotecnica Italiana*) dal limo alla ghiaia, con prevalenza superficiale dei termini "limoso-sabbiosi". Come si evince meglio dagli allegati riportati in appendice esiste una discreta eterogeneità verticale nella successione litologica riscontrata nelle prove in sito. Anche arealmente i terreni rinvenuti nel sottosuolo presentano, a grande scala, una certa disomogeneità.

Dal punto di vista dinamico il sottosuolo dell'area in esame rientra nella *Categoria di sottosuolo C* della Tabella 3.2.II delle NTC 2018 (vedasi § precedenti). Dalle verifiche analitiche eseguite in merito alla liquefazione dei terreni in fase sismica emerge che per essi non è possibile il verificarsi di tale fenomeno.

Nel sottosuolo dell'area la falda acquifera è presente a profondità tecnicamente significative per una sua interazione con i terreni di sedime e/o con le strutture fondali. Al momento delle indagini in sito si è rinvenuta a circa -3,6 mt dalla quota di inizio delle prove (vedasi in proposito il § 4) e quindi a circa -1,2 mt dal p.c. locale.

In relazione alle strutture fondali e alle verifiche connesse all'insieme "*terreno-fondazioni*" (scelta della tipologia fondale, calcolo della "capacità portante", influenza dei cedimenti, spinta dei terreni, ecc..) si rinvia al tecnico strutturista che potrà utilizzare per tali valutazioni e calcolazioni i parametri geomeccanici e dinamici emersi dalle indagini in sito eseguite nell'area di sedime e nelle sue vicinanze.

L'insieme di tali indagini hanno, infatti, permesso di costruire un adeguato "*modello geologico e geotecnico*" di sottosuolo cui è possibile riferirsi per tali verifiche.

In merito si fa presente che le opere fondali degli argini a ricostruirsi andranno adeguatamente attestate nel sottosuolo tenendo conto sia della spinta che i terreni spondali eserciteranno su di essi sia della presenza della falda acquifera a breve profondità dal p.c. locale.

In ultima analisi si ribadisce comunque che non esistono particolari problemi geologici e/o geomorfologici che siano di impedimento alla realizzazione nell'area esaminata dell'intervento in progetto e che quest'ultimo risulta pienamente compatibile dal punto di vista geologico ed idrogeologico.

Tanto è dovuto in merito all'incarico conferitomi. La presente relazione viene consegnata al Committente in n°2 copie.

Pagani: *Gennaio 2022*

Dott. Geol. Alfonso Pappalardo

COMMITTENTE:	***Spett.le* CONSORZIO DI BONIFICA INTEGRALE COMPRENSORIO SARNO.**
LOCALITÀ:	attraversamento Alveo Comune Nocerino in via A. Gramsci – San Marzano sul Sarno (SA).

APPENDICE

ALLEGATI

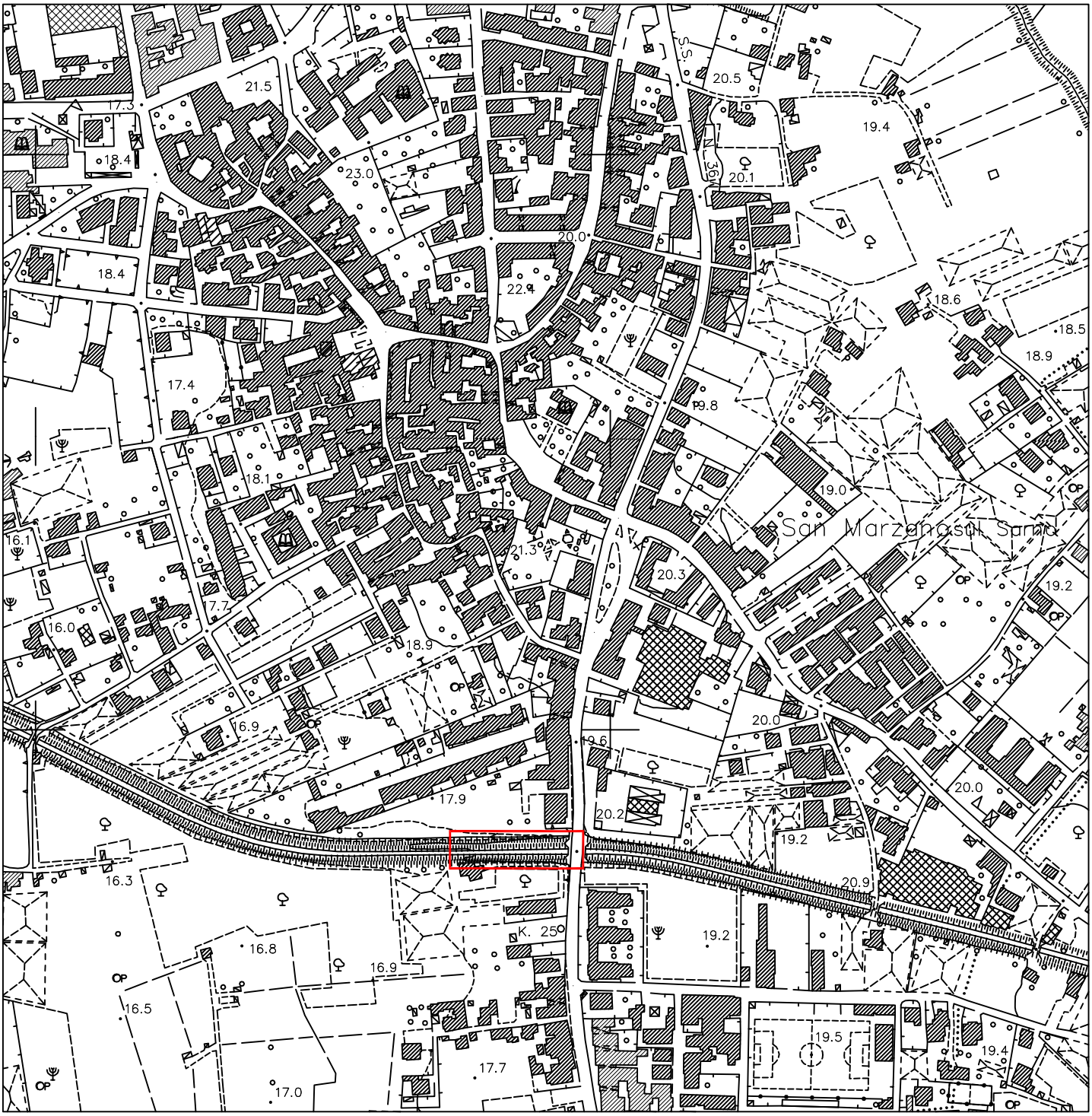
- ◊ Planimetrie e cartografie varie:
  - ✓ Tav.1: Stralcio tavoletta topografica I.G.M. *(scala 1: 25.000)*;
  - ✓ Tav.2: Stralcio aerofotogrammetrico con area d'interesse *(scala 1: 5.000)*;
  - ✓ Tav.3: Stralcio aerofotogrammetrico con indagini eseguite in zone limitrofe a quella d'interesse *(scala 1: 5.000)*;
  - ✓ Tav.4: Stralcio foto-satellitare con indagini geognostiche eseguite sull'area d'interesse;
  - ✓ Tav.5: Carta Geologica *(scala 1: 5.000)*;
  - ✓ Tav.6: Carta Geolitologica *(scala 1: 5.000)*;
  - ✓ Tav.7: Schema Idrogeologico generale dell'area;
  - ✓ Tav.8: Carta idrogeologia con isopiezometriche *(scala 1: 5.000)*;
  - ✓ Tav.9: Carta della permeabilità dei terreni *(scala 1: 5.000)*;
  - ✓ Tav.10: Carta della stabilità dei terreni *(scala 1: 5.000)*;
  - ✓ Tav.11: Stralci della cartografia del P.S.A.I. redatto dalla Autorità di Bacino Ragionale della Campania Centrale *(scala 1: 5.000)*:
    - ♦ "Carta della Pericolosità Idraulica"; "Carta del Rischio Idraulico";
    - ♦ "Carta della Pericolosità da Frana"; "Carta del Rischio da Frana";
- ◊ Dati relativi alle indagini geognostiche eseguite nelle vicinanze dell'area oggetto di studio per altri lavori:
  - ✓ n°3 Colonne stratigrafiche (due dal P.R.G. e dal P.U.C.);
  - ✓ Schede di laboratorio geotecnico eseguite su n°2 campioni indisturbati di terreno;
  - ✓ n°1 quadro di unione penetrogrammi D.P.M.;
  - ✓ n°1 Sezione geotecnica schematica (con penetrogrammi e con caratteristiche geomeccaniche dei terreni);
- ◊ Dati relativi alle indagini geognostiche eseguite sull'area di sedime per il presente studio e per altro lavoro:
  - ✓ n°2 Penetrometrie D.P.S.H.
    - ♦ *Tabulati e grafici prove D.P.S.H.;*
    - ♦ *Tabulati proprietà geomeccaniche e litologiche;*
    - ♦ *Tav.12: Quadro di unione penetrogrammi DPSH;*
  - ✓ Schede di laboratorio geotecnico eseguite su n°1 campione indisturbato di terreno prelevato nell'area di sedime;
  - ✓ Relazione sismica specialistica indagine MASW e HVSR;
- ◊ Tav.13: "*Modello geologico*" del sottosuolo dell'area d'interesse;
- ◊ "*Modello Geotecnico*" del sottosuolo dell'area d'interesse:
  - ✓ *Tabulati della verifica alla "liquefazione" dei terreni in fase sismica;*
  - ✓ Tav.14*: Sezione schematica tratto di Alveo Comune Nocerino interessato dalle indagini;*
  - ✓ Tav.15*: Sezione geotecnica schematica (con penetrogrammi e caratteristiche geomeccaniche dei terreni);*
  - ✓ Tavv.16: *Stratigrafia geotecnica schematica* (schede riepilogative con caratteristiche geomeccaniche dei terreni d'interesse).

Stralcio Carta Topografica d'Italia I.G.M. a scala 1:25.000
– Tavoletta III NE (Sarno) del F°185 Salerno –

area in esame

Coordinate UTM33 WGS84 area in esame	
latitudine N	longitudine E
4513387.000 m	465423.000 m

Committente: Consorzio di Bonifica Integrale Comprensorio Sarno
Località: Argine Alveo Comune Nocerino – attraversamento via Gramsci – Comune di San Marzano sul Sarno (SA)

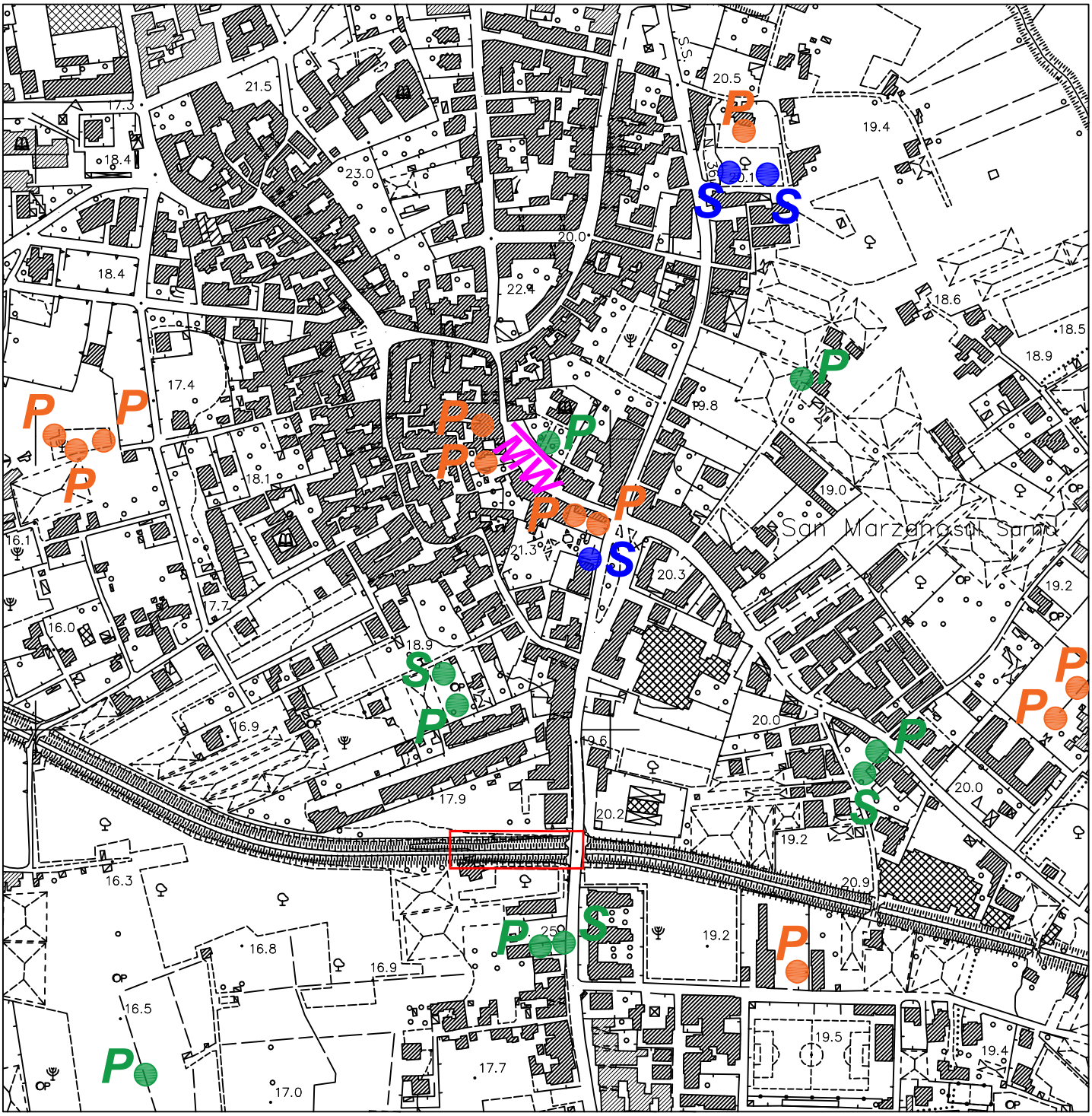


Stralcio Aerofotogrammetria a scala 1:5.000

area in esame

Coordinate UTM33 WGS84 area in esame	
latitudine N	longitudine E
4513387.00 m	465423.00 m

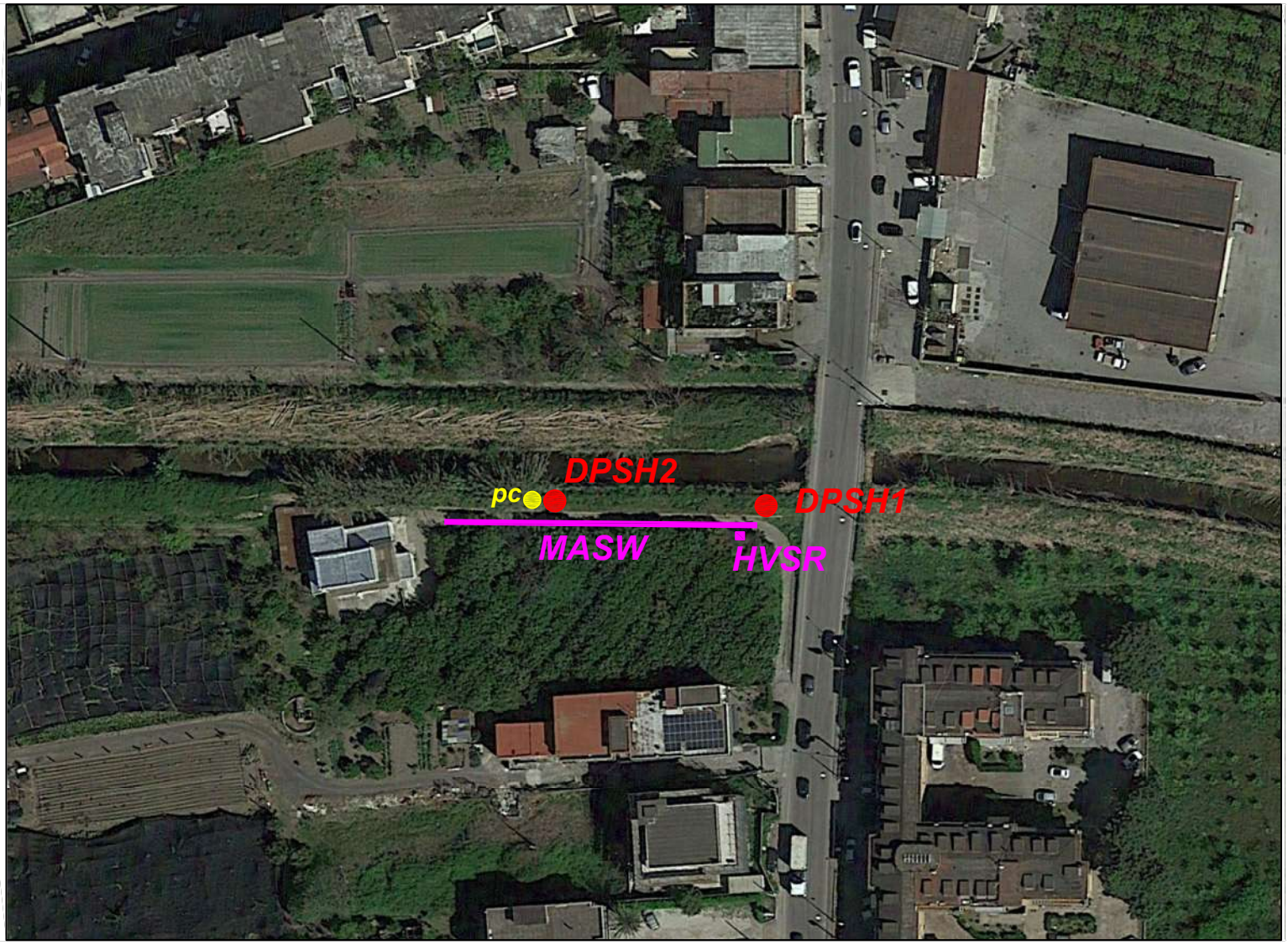
Committente: Consorzio di Bonifica Integrale Comprensorio Sarno
Località: Argine Alveo Comune Nocerino – attraversamento via Gramsci
Comune: San Marzano sul Sarno (SA)



Carta Ubicazione indagini realizzate sul territorio (scala 1:5.000)

- S sondaggio geognostico da PRG del Comune di San Marzano sul Sarno
- P prova penetrometrica continua da PRG del Comune di San Marzano sul Sarno
- S sondaggio geognostico
- P prova penetrometrica continua
- MW indagine sismica MASW
- area in esame

Committente: Consorzio di Bonifica Integrale Comprensorio Sarno
Località: Argine Alveo Comune Nocerino – attraversamento via Gramsci
Comune: San Marzano sul Sarno (SA)



Stralcio fotosatellitare con ubicazione indagini in situ

DPSH

● prova penetrometrica dinamica continua DPSH

pc ● prelievo campione indisturbato mediante penetrometro PAGANI TG 63–200KN

Coordinate UTM33–WGS84 punti di indagine penetrometrica		
tipologia di indagine	longitudine E	latitudine N
DPSH1	465446.00 m	4513380.00 m
DPSH2	465409.00 m	4513380.00 m

MASW indagine sismica MASW

HVSR ■ indagine sismica HVSR

Committente: Consorzio di Bonifica Integrale Comprensorio Sarno
Località: Argine Alveo Comune Nocerino – attraversamento via Gramsci
Comune: San Marzano sul Sarno (SA)

Dott. Geol. Alfonso Pappalardo

Carta Geologica su base topografica a scala 1:25.000

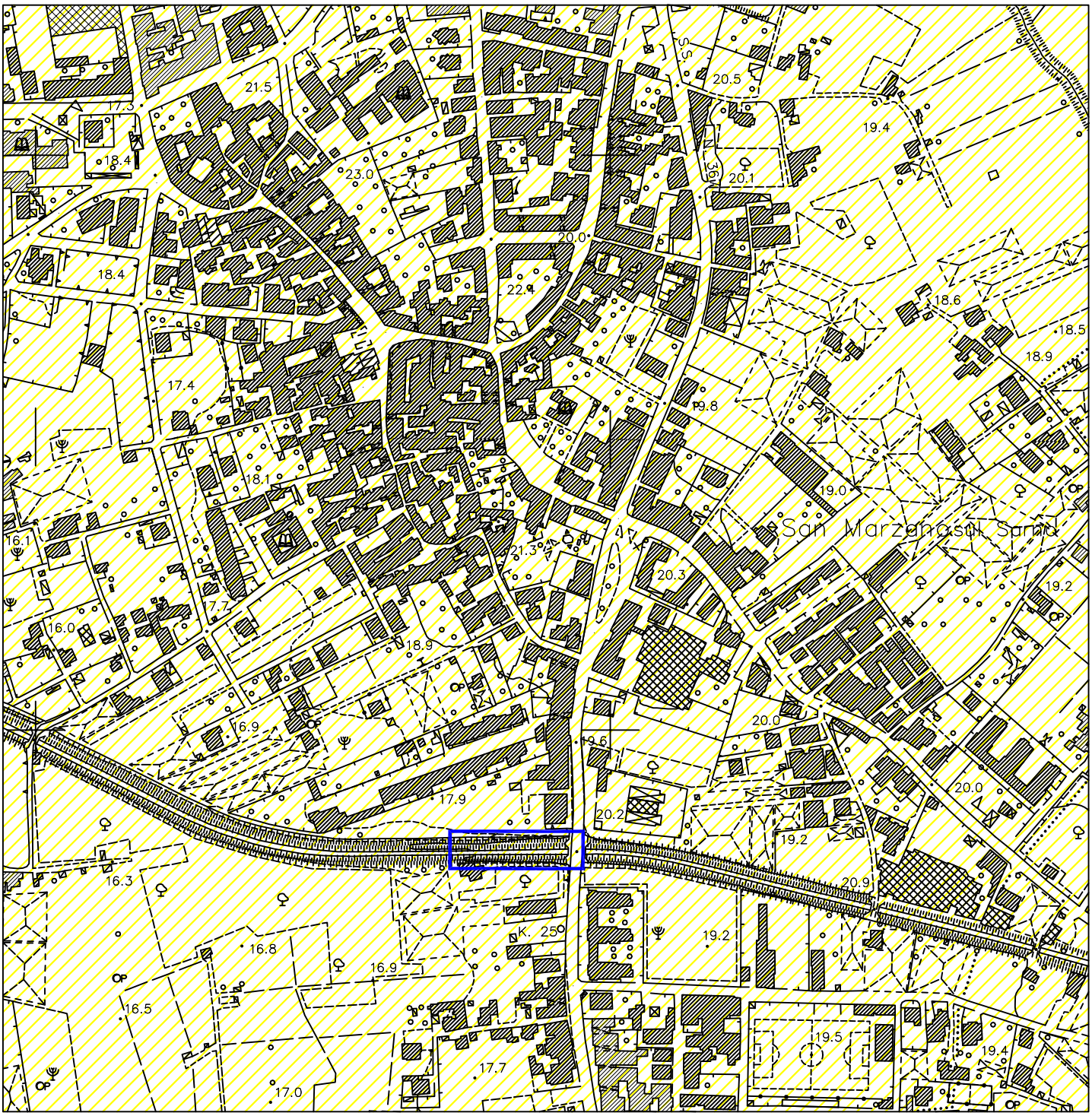
area in esame

a — Alluvioni subattuali e recenti: sabbie, limi, ghiaie, coperture eluviali e piroclastiti rimaneggiate della Piana del F. Sarno.

av — Depositi piroclastici (pomici e ceneri) in gran parte rimaneggiati con livelli di terreni alluvionali (sabbie, limi +/- sabbiosi ed argille) della Piana del F. Sarno.

Committente: Consorzio di Bonifica Integrale Comprensorio Sarno

Località: Argine Alveo Comune Nocerino - attraversamento via Gramsci - Comune di San Marzano sul Sarno (SA)



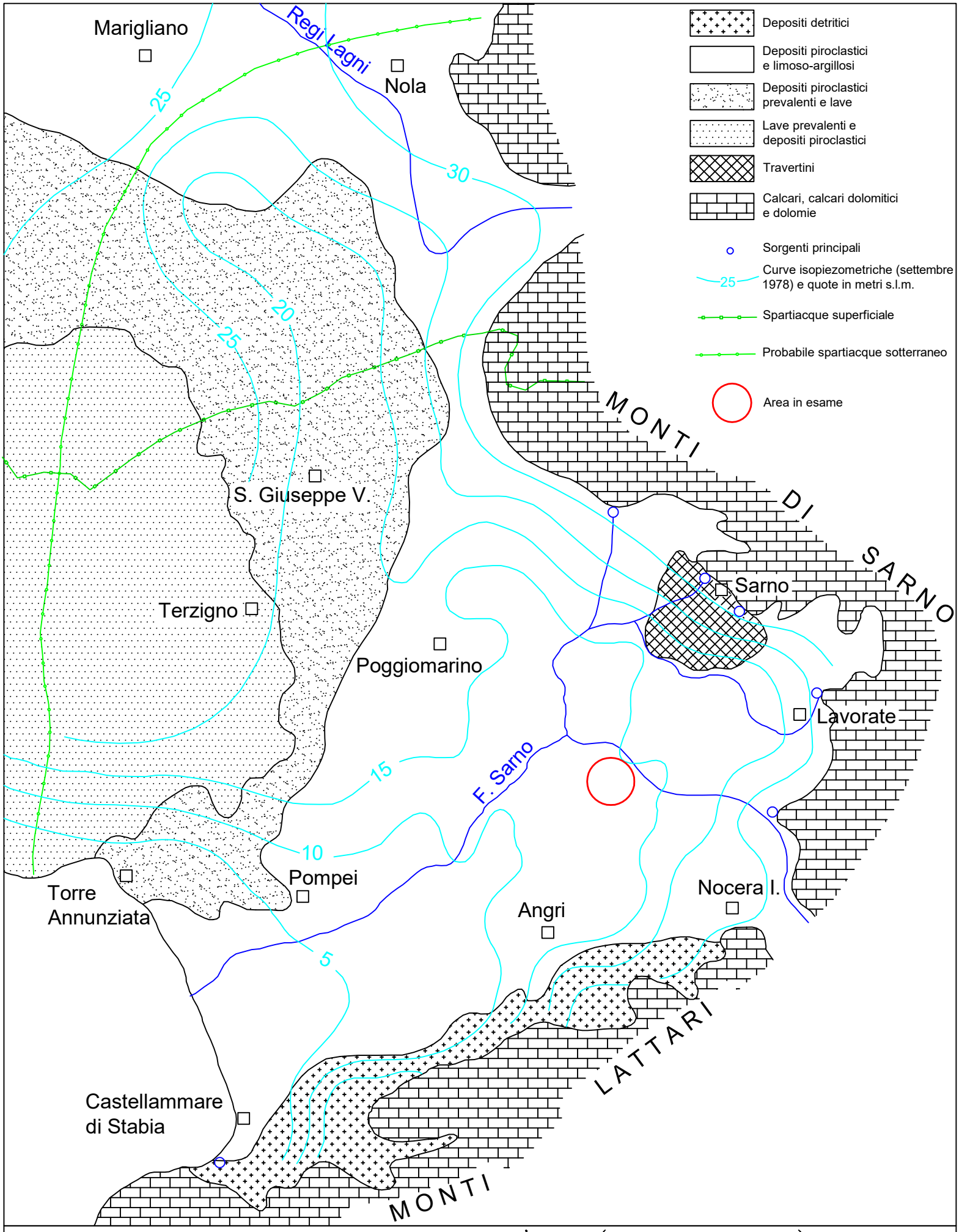
Carta Geolitologica su stralcio aerofotogrammetrico a scala 1:5.000

Terreni alluvionale–piroclastici: sabbie, sabbie +/– limose, limi +/– sabbiosi e limi argillosi ad elevata componente piroclastica di ambiente di piana alluvionale, depositi fluvio–lacustri, depositi sabbioso–ghiaiosi di origine fluviale, lenti torbose, piroclastiti rimaneggiate e/o risedimentate, livelli di piroclastiti (pomici, scorie, ceneri e sabbie piroclastiche) in giacitura primaria, orizzonte di tufo ignimbritico.

area in esame

Committente: Consorzio di Bonifica Integrale Comprensorio Sarno
Località: Argine Alveo Comune Nocerino – attraversamento via Gramsci
Comune: San Marzano sul Sarno (SA)

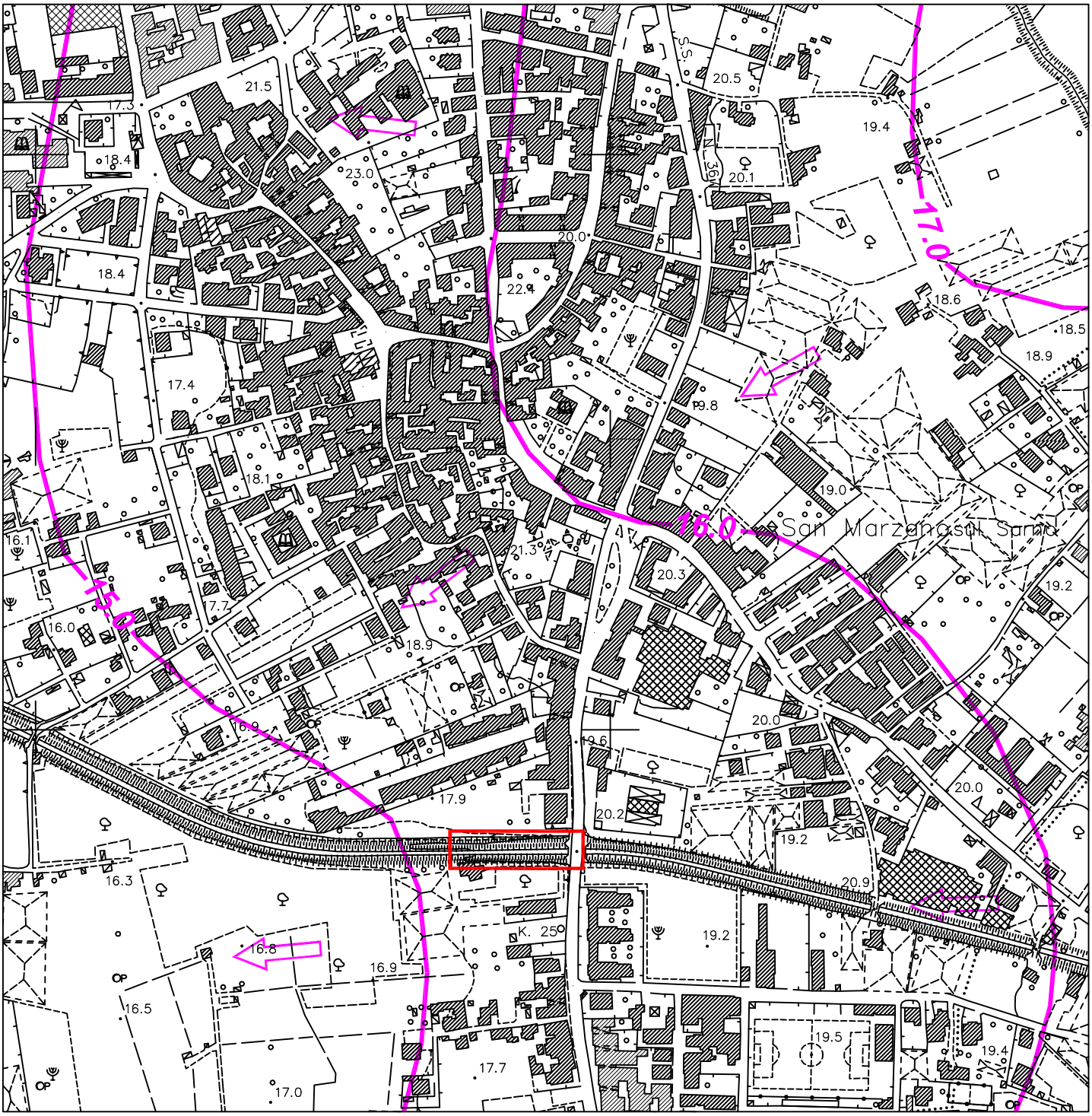
Dott. Geol. Alfonso Pappalardo



Schema idrogeologico dell'area (da Celico, 1983)

Committente: Consorzio di Bonifica Integrale Comprensorio Sarno
Località: Argine Alveo Comune Nocerino – attraversamento via Gramsci – Comune di San Marzano sul Sarno (SA)

Dott. Geol. Alfonso Pappalardo



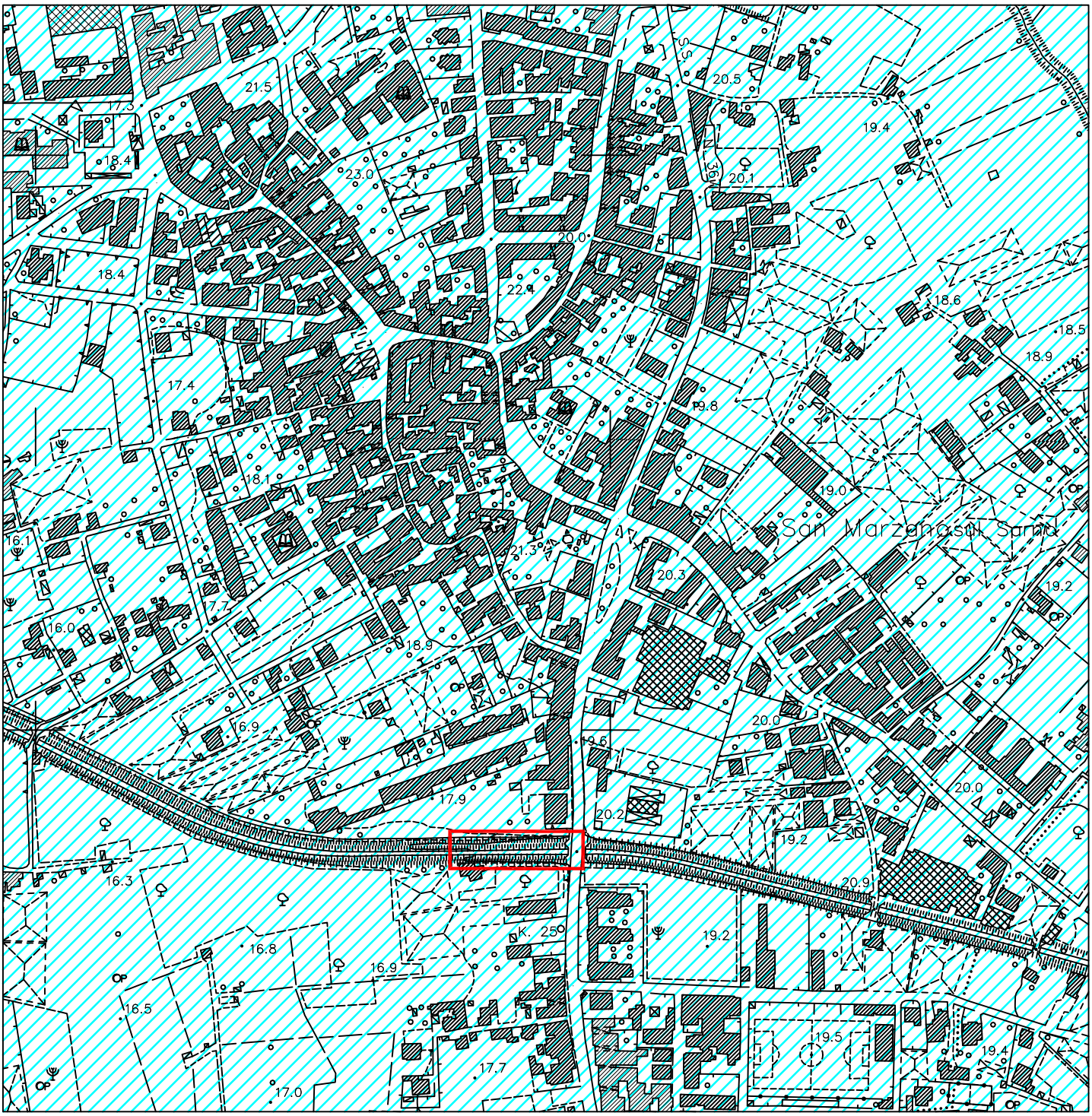
Carta Idrogeologica su stralcio aerofotogrammetrico a scala 1:5.000

15.0 curve isopiezometriche della falda superficiale (quota in metri sul livello medio del mare)

area in esame

direzione preferenziale del deflusso sotterraneo della falda superficiale

Committente: Consorzio di Bonifica Integrale Comprensorio Sarno
Località: Argine Alveo Comune Nocerino – attraversamento via Gramsci
Comune: San Marzano sul Sarno (SA)



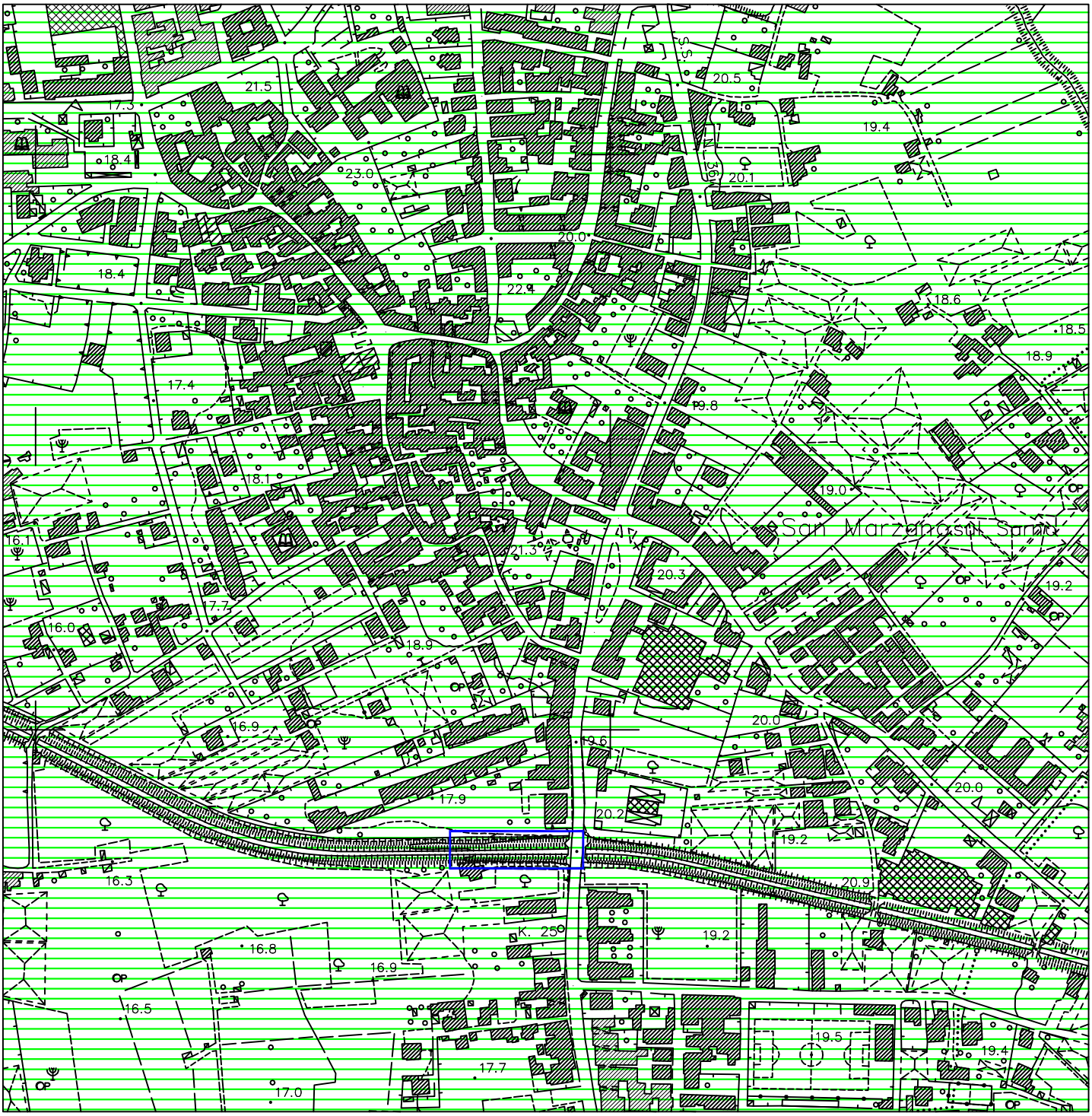
Carta della Permeabilità su stralcio aerofotogrammetrico a scala 1:5.000

Complesso Idrogeologico	Permeabilità
Complesso alluvionale–piroclastico: sabbie, limi e limi argillosi di origine alluvionale, depositi fluvio–lacustri, livelli di piroclastiti, talora in giacitura primaria talora rimaneggiate e/o risedimentate, orizzonte di tufo ignimbritico.	Permeabilità per porosità variabile da bassa ad elevata in relazione alle caratteristiche granulometriche di ciascun orizzonte litologico.

area in esame

Committente: Consorzio di Bonifica Integrale Comprensorio Sarno
Località: Argine Alveo Comune Nocerino – attraversamento via Gramsci
Comune: San Marzano sul Sarno (SA)

Dott. Geol. Alfonso Pappalardo



Carta della Stabilità su base aerofotogrammetrica a scala 1:5.000

area in esame

Area geomorfologicamente stabile

Area potenzialmente instabile.

Area instabile.

Committente: Consorzio di Bonifica Integrale Comprensorio Sarno
Località: Argine Alveo Comune Nocerino – attraversamento via Gramsci
Comune: San Marzano sul Sarno (SA)

Stralcio Carta della Pericolosità Idraulica a scala 1:5.000

	Esondazione	Aree di attenzione	Elevato trasporto solido	Falda sub-affiorante Conche endoreiche
P3 - Pericolosità Elevata				
P2 - Pericolosità Media				
P1 - Pericolosità Bassa				

Pericolosità da esondazione - pericolosità idraulica dovuta a fenomeni alluvionali riconducibili a esondazione del reticolo idrografico.

Pericolosità per elevato trasporto solido - pericolosità idraulica dovuta a fenomeni alluvionali caratterizzati da elevato trasporto solido (flussi iperconcentrati, colate detritiche, debris - flow, etc).

Area di attenzione - "aree ad elevata suscettibilità di allagamento ubicate al piede di valloni", "punti/fasce di possibile crisi idraulica localizzata/diffusa", "fasce di attenzione per la presenza di alvei strada".

Limite di Bacino

Alveo strada
Reticolo idrografico
Tratto tombato

Vasca

area in esame

Stralcio Carta del Rischio Idraulico a scala 1:5.000

R4 - Rischio molto elevato

R3 - Rischio elevato

R2 - Rischio medio

R1 - Rischio moderato

Limite di bacino

Alveo strada

Reticolo idrografico

Tratto tombato

Vasca

area in esame

Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico
– ex Autorità di Bacino Regionale Campania Centrale –
Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale

Committente: Consorzio di Bonifica Integrale Comprensorio Sarno
Località: Argine Alveo Comune Nocerino – attraversamento via Gramsci
Comune: San Marzano sul Sarno (SA)

Dott. Geol. Alfonso Pappalardo

COMMITTENTE:	***Spett.le* CONSORZIO DI BONIFICA INTEGRALE COMPRENSORIO SARNO.**
LOCALITÀ:	attraversamento Alveo Comune Nocerino in via A. Gramsci – San Marzano sul Sarno (SA).

Dati relativi alle indagini geognostiche eseguite in aree limitrofe per altri lavori

ALLEGATI

- ✓ n°3 Colonne stratigrafiche (due dal P.R.G. e dal P.U.C.);
- ✓ Schede di laboratorio geotecnico eseguite su n°2 campioni indisturbati di terreno;
- ✓ n°1 quadro di unione penetrogrammi D.P.M.;
- ✓ n°1 Sezione geotecnica schematica (con penetrogrammi e con caratteristiche geomeccaniche dei terreni);

COLONNA STRATIGRAFICA

quota dal p.c.	spessore strati	strati-grafia	DESCRIZIONE DEL TERRENO	campioni	falda
1,20	1,20		Terreno agrario a prevalente matrice piroclastica rimaneggiata		
3,90	2,70		Limi sabbiosi e sabbie limose mediamente addensati, color marrone-grigio, con piroclastiti e pomici		
7.40	3,50		Sabbie con limo molto sciolte di colore marrone con intercalazioni di sabbie grossolane e con piroclastiti e piccole pomici fortemente alterate		
10,70	3,30		Sabbie limose mediamente addensate di colore grigio con piroclastiti e piccole pomici		
16,00	5,30		Sabbie e sabbie limose da mediamente addensate a dense, color marrone-grigio scuro, con piroclastiti e pomici		
16,50	0,50		Cinerite di colore grigio molto addensata		
21,00	4,50		Sabbie grigie grossolane mediamente addensate con intercalazioni di sabbie fini limose molto addensate, color marrone-grigio		
			~~FONDO FORO~~		

San Marzano Sul Sarno - P.R.G. - Sondaggio N.1 Via Quarto

mt 0 1 2 3 4 5

dossier 4/4T 86

Cantiere S. MARZANO SUL SARNO - P.R.G. -

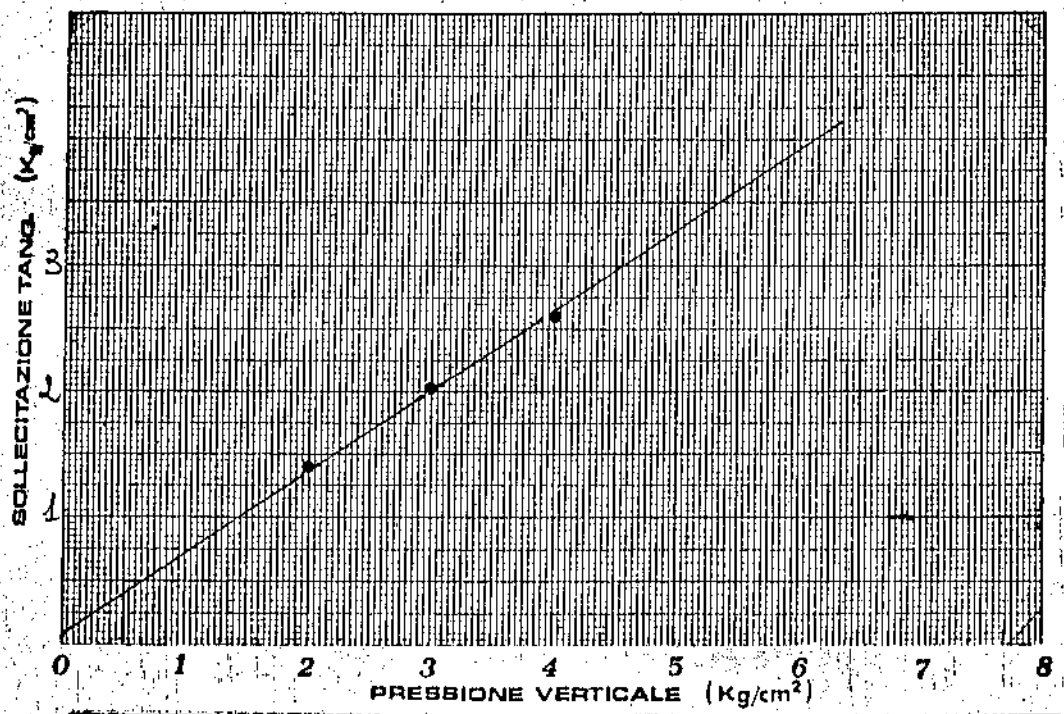
Sondaggio S1 Camp. n. 1 Quota da -4.00 a -4.50 mT.

Camp. X indisturbato ○ disturbato ○ rimaneggiato

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

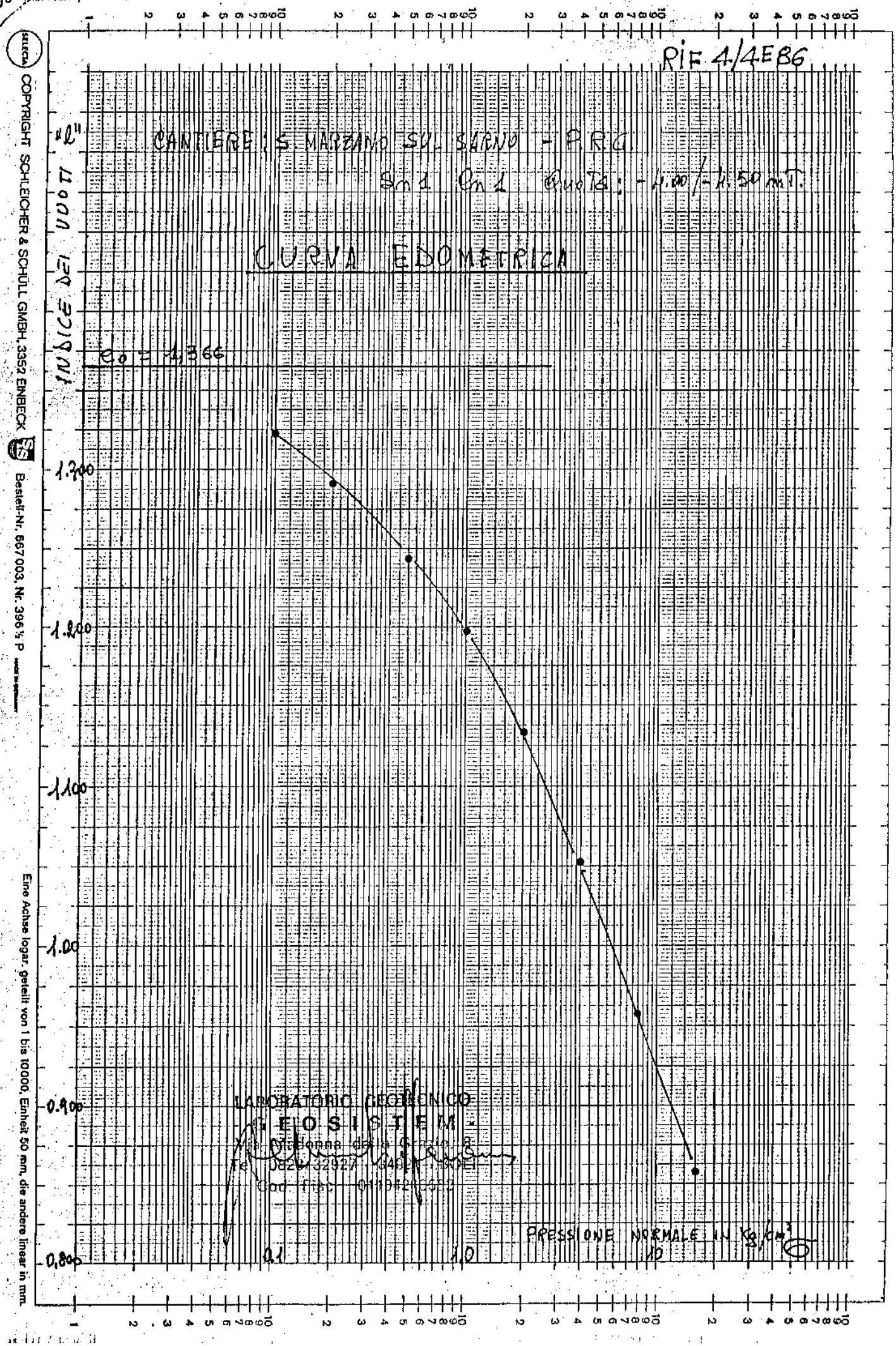
	PROVINO (A = 36 cm², 2h = 2cm, V = 72 cm³)		N°	1	2	3	4
consolidazione	PRESSIONE VERTICALE	σ	kg/cm²	4	3	2	//
	TEMPO DI CONSOLIDAZIONE	t	h	24	24	24	//
	CEDIMENTO FINALE	Δh	mm	2.20	1.74	0.96	//
rottura	SOLLECITAZIONE TANGENZIALE	τ_t	kg/cm²	2.604	2.031	1.414	//
	DEFORMAZIONE TRASVERSALE	δ_{tf}	mm	3.42	3.28	3.64	//
	VELOCITA' DI DEFORMAZIONE	V_d	mm/min	0.008	0.008	0.008	//
	CONTENUTO IN ACQUA INIZIALE	W_i	%	53.34	57.64	56.06	//
	CONTENUTO IN ACQUA FINALE	W_f	%	//	//	//	//

DIAGRAMMA DI ROTTURA



Angolo di attrito φ' = 33° Coesione c' = 0.10 kg/cm²

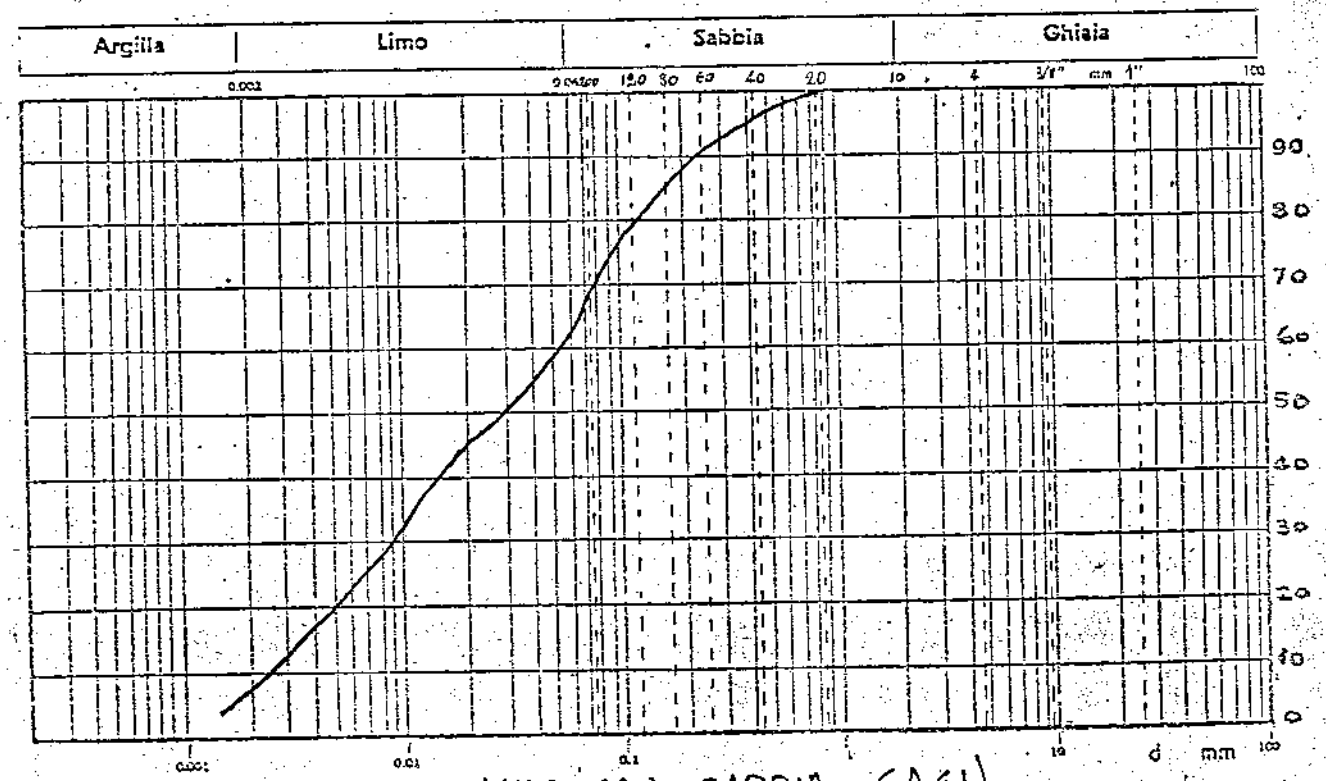
LABORATORIO GEOTECNICO
- GEOSISTEM -
Via Madonna delle Grazie, 8
Tel. 0828/329211 - 84025 EBOLI
Cod. Fisc. 01104200652


RIF 4/4E86
CANTIERE: S. MARZANO SUL SARNO - P.R.G.
Sn 1 Cn 1 Quota: -4.00/-4.50 mT.
CURVA EDOMETRICA
e0 = 1,366
INDICE DEI VUOTI "e"
1.300
1.200
1.100
1.00
0.900
0.800
PRESSIONE NORMALE IN Kg/cm²
0.1
1.0
10
LABORATORIO GEOTECNICO
GEOSISTEM
Via Madonna delle Grazie 8
Tel. 0828/32927 - 340
Cod. Fisc. 01104210632
COPYRIGHT SCHLEICHER & SCHÜLL GMBH, 3352 EINBECK
Bestell-Nr. 667003, Nr. 396 ½ P
Eine Achse logar. geteilt von 1 bis 10000, Einheit 50 mm, die andere linear in mm.

30

ANALISI GRANULOMETRICA

RIF. 4/4G86



Ghiaia..... %

Sabbia 30.75 %

Limo 62.75 %

Argilla 6.50 %

DEFINIZIONE GRANULOMETRICA LIMO CON SABBIA (A.G.I.)

ANALISI ESEGUITA CON AREOMETRIA + SETACCIATURA

IN BASE ALLE NORME ASTM

LABORATORIO GEOTECNICO
- GEOSISTEM -
Via Madonna della Grazie, 8
Tel. 0828/329291 - 84025 EBOLI
Cod. Fisc. 01104200652

dossier 4/486

Cantiere S. MARZANO SUL SARNO - P.R.G. -

Sondaggio S1 Campione n° 1 Quota da -4.00 a -4.50 mT.

Campione ☒ indisturbato ☐ disturbato ☐ rimaneggiato

CARATTERISTICHE GENERALI DEL CAMPIONE

PESO SPECIFICO DEI GRANI	γ_s	2.446	g/cm³
PESO DELL'UNITA' DI VOLUME	γ	1.610	g/cm³
CONTENUTO IN ACQUA	w	55.68	%
PESO SECCO	γ_d	1.034	g/cm³
INDICE DEI VUOTI	e	1.365	
POROSITA'	n	57.72	%
GRADO DI SATURAZIONE	S_r	99.77	%

OSSERVAZIONI

LABORATORIO GEOTECNICO
- GEOSISTEM -
Via Madonna delle Grazie, 8
tel. 0828/32927 84025 EBOLI
Cod. Fisc. 01104200652

I.Geo. s.a.s.
Indagini geognostiche-geofisiche-idrogeologiche
Via Aldo Moro n. 2 - 81050 Pastorano (CE)
Tel-Fax: 0823/877562
E-Mail : igeosas@tin.it

Committente : Amm.ne Com.le di S. Marzano (SA)

Localita: S. Marzano (SA)

Sond. N°2

Perforatrice: CMV MK 420 | Lunghezza carotiere: 3.00 mt | diametro carotiere : 101 mm

Rivestimento : da mt a mt | diametro aste di perforazione : 76 mm

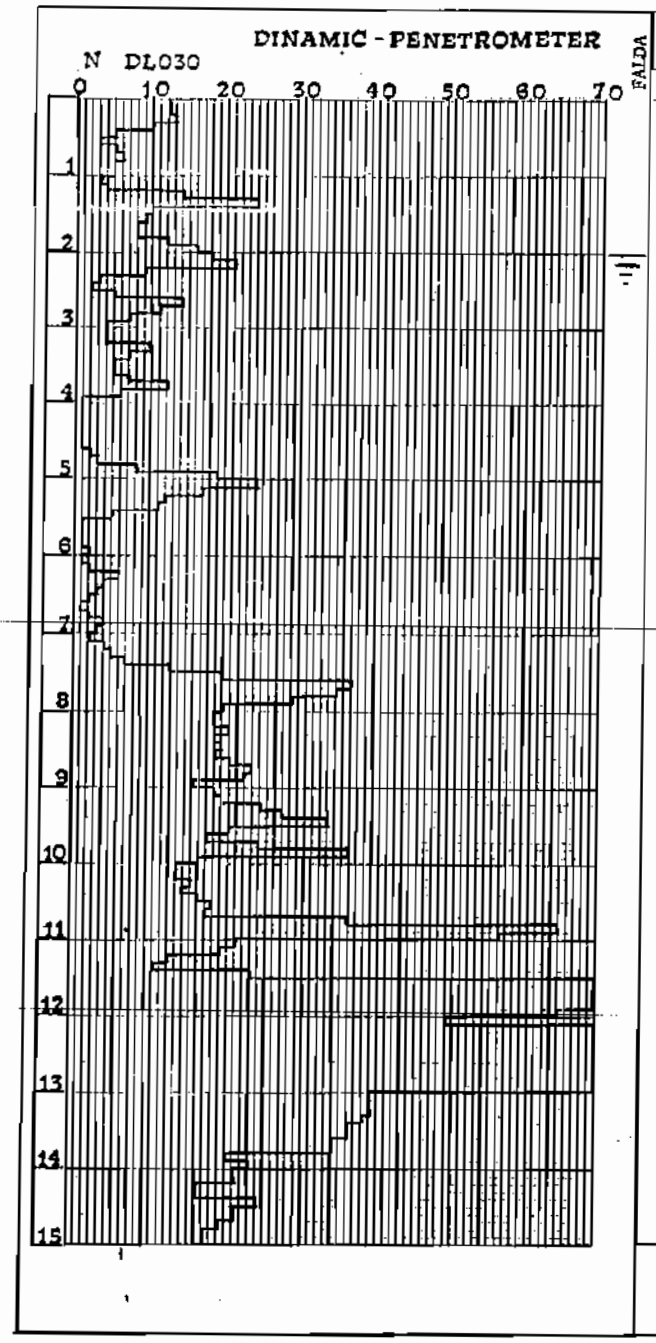
Data Giu/2001

Prof. (mt)	Pot. (mt)	Stratig.	Descrizione Litologica	Falde (mt)	camp. ind.	S.P.T. prof	S.P.T. n. colpi	percentuale di carotaggio (30 60 90)
3.50	3.50		Piroclastiti: limo sabbioso con piccoli elementi pomicei e scorie di colore marrone scuro		1.50 mt C 2.00 mt	2.00 ÷ 2.45	4 – 8 – 9	
6.50	3.00		Piroclastiti: limo sabbioso con piccoli elementi pomicei e scorie di colore marrone chiaro	4.00	6.50 mt C 7.00 mt			
12.50	6.00		Piroclastici : sabbia grossolana con lapilli e piccole pomici					
19.00	6.50		Piroclastici : limo sabbioso con piccoli elementi pomicei e scorie di colore marrone chiaro					
20.00			Piroclastici : sabbia grossolana con lapilli e piccole pomici					

Note :

PROFILO PENETROMETRICO

PARAMETRI GEOTECNICI



LOCALITA': P.R.G.
SAN MARZANO SUL SARNO

TEST N. 19

PROF.	RD	DR	FI	Eed
	21	0,30	36	56
1,20				
	27	0,42	37	71
3,90				
	2	< 0,20	< 25	18
4,80				
	37	0,50	38	106
5,40				
	7	< 0,20	< 25	29
7,40				
	40	0,60	38	135
10,70				
	75	0,76	44	289
13,80				
	30	0,48	35	135
15,00				

- GEOCONTROL -
VIA GIOVANNI XXIII EBOLI

PROF. = PROFONDITA' IN MT.

RD = RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA IN KG/CMQ

DR = DENSITA' RELATIVA

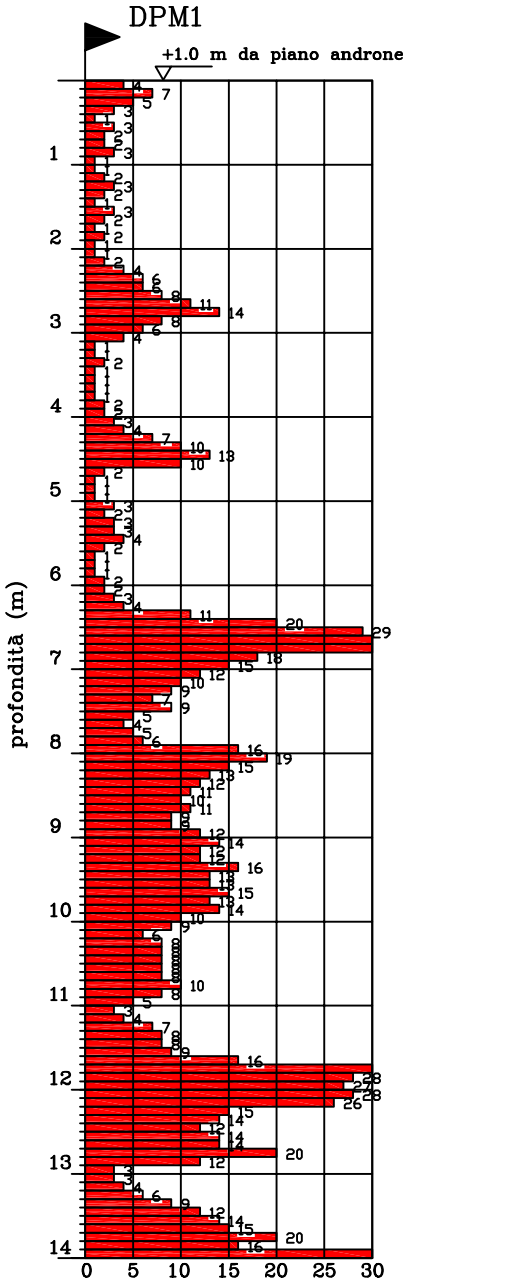
Eed = MODULO DI COMPRESSIBILITA' EDOMET. IN KG/CMQ

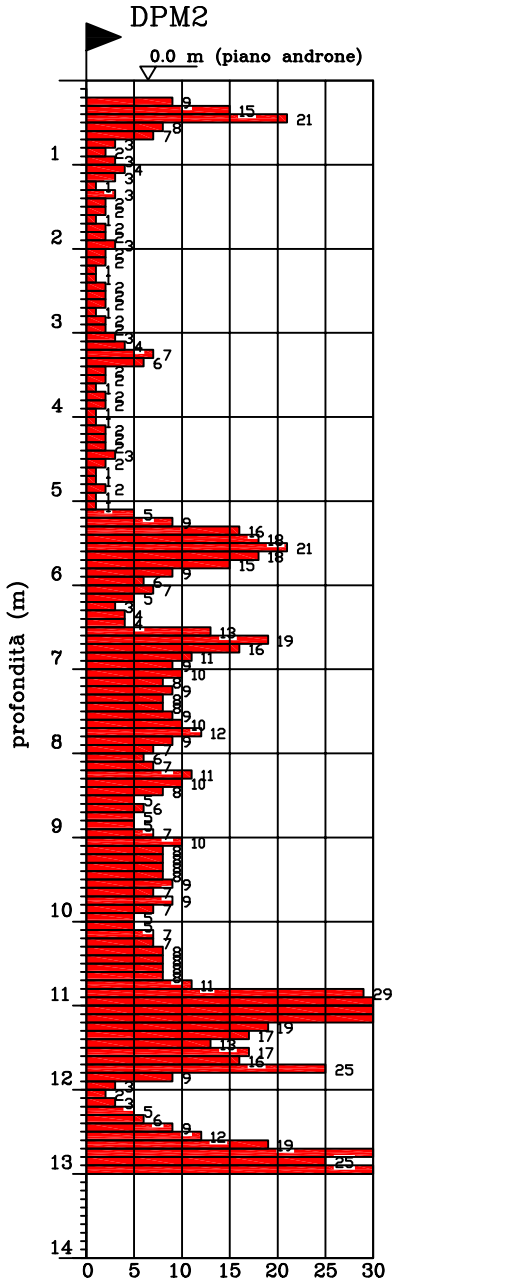
FI = ANGOLO DI ATTRITO IN GRADI

GEOCONTROL
via Giovanni XXIII (Parco Olimpia)
Tel. (0828) 39829 - 33660 - EBOLI
Codice Fiscale 01 8761 065 2

TAB.1: L I T O L O G I A S1

Profondita' dal p.c.[m]	DESCRIZIONE LITOTIPI
0.0 - 0.4	Materiali di riporto.
0.4 - 1.1	Pomici grigie in matrice sabbiosa marrone.
1.1 - 2.4	Sabbia deb. limosa di colore variabile dal grigio scuro al nerastro, da umida a molto umida. La granulometria diviene piu' uniforme verso il basso dove le pomici, presenti in tutto lo strato, diventano piu' rare e vi e' la presenza di episodi torbosi.
2.4 - 3.2	Pomici trachitiche di piccole e medie dimensioni, completamente alterate, in matrice sabbiosa marrone e molto umide.
3.2 - 5.0	Limo e Sabbia fine deb. argillosa, di colore var. dal marrone scuro ad avana, inglobante pomici completamente alterate e livelli torbosi. In falda da -4.5m.
5.0 - 6.6	Sabbia limosa di colore da avana a marrone o grigio (verso i -6.0m) inglobante piccolissime pomici e scorie nerastre, moderatamente addensata; In falda.
6.6 -	Sabbia grossa e Ghiaietto composti sia da materiali di origine alluvionale che piroclastica; colore dal marrone al grigio. Da moderatamente addensata ad addensata verso il basso. A luoghi presenza di livelletti pumicei e qualche ciottolo calcareo. Verso il basso il colore e' prevalentemente grigio. In falda.
14.0m = Fine sondaggio.	





Quadro di unione penetrogrammi

Committente: Sig. Schiavone Giuseppe Località: via Sergente De Pascale – Comune di San Marzano sul Sarno (SA)

Dott. Geol. Alfonso Pappalardo

ANALISI GENERALI COSTRUZIONI s.r.l.

SEDE LEGALE:
81055 S.MARIA C.V. (CE)
Via Santella (P.co La Perla)
E-mail: agclab@virgilio.it

SEDE LABORATORIO:
81020 S. NICOLA LA STRADA (CE)
Via Appia Antica, 12
Tel. 0823.424727 - Fax 0823.424729

Cod. Fisc. e Part. IVA 01108860618
C.C.I.A.A. n. 100078
Reg. Soc. Trib. n. 1741/82
Cap. Soc. Euro 42.120,16 int. vers.

LABORATORIO DI GEOTECNICA

AUTORIZZATO CON D.M.N. 53460 DEL 30-05-2005 e RINNOVO N. 6862 del- 19-07-2011

San Nicola la Strada, 28/08/2013	Certificato n° 2130	Accettazione n°3827 del 26/08/2013
RICHIEDENTE:	I.GEO. Sas	
INDIRIZZO:	Via Aldo Moro, 2 - Pastorano (CE)	
COMMITTENTE:	Sig. Schiavone Giuseppe	
OGGETTO DEI LAVORI:	Sopraelevazione fabbricato	
LOCALITA':	Via Sergente De Pascale - San Marzano sul Sarno (SA)	
CAMPIONE INDISTURBATO:	C1 m 4,00 ÷ 4,50	
SIGLA INTERNA:	T1	
DATA DI APERTURA CAMPIONE:	26/08/2013	
DATA INIZIO PROVE:	26/08/2013	

CARATTERISTICHE FISICHE DI UN TERRENO

(CNR UNI 10008 - BS 1377/75 - ASTM D 854/83 - CNR BU n°196/00)

Peso dell'unità di volume			Determinazione del contenuto d'acqua		
Massa Fustella	97,90	g	Tara	146,70	g
Volume fustella	109,80	cm^3	Massa lordo umida	2046,97	g
Massa lorda umida campione	284,12	g	Massa lorda secca	1617,80	g
γ =	**16,63**	**kN/m^3**	w =	**29,17**	**%**

Peso specifico del terreno		
Massa secca del campione	203,39	g
Massa del picnometro con acqua e campione	900,16	g
Massa del picnometro con acqua	774,79	g
Peso specifico dell'acqua alla temperatura di prova	9,769973	kN/m^3
Temperatura di prova	28,0	°C
γs =	**25,42**	**kN/m^3**

Peso secco dell'unità di volume	γd	=	**12,88**	**kN/m^3**
Peso dell'unità di volume saturo d'acqua	γsat	=	**17,71**	**kN/m^3**
Peso dell'unità di volume immerso in acqua	γ'	=	**7,91**	**kN/m^3**
Grado di saturazione	S	=	**0,78**	
Porosità	n	=	**0,49**	
Indice di porosità	e	=	**0,974**	

Descrizione visiva: Piroclastite sabbiosa debolmante limosa di colore marrone scuro con inclusi pomicei millimetrici.

ANALISI GENERALI COSTRUZIONI AGC s.r.l. CASERTA

LO SPERIMENTATORE
Dott. Geol. Ernesto De Fusco

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Giuseppina Ghiura

ALGI ASSOCIAZIONE LABORATORI GEOTECNICI ITALIANI

ANALISI GENERALI COSTRUZIONI s.r.l.

SEDE LEGALE:
81055 S.MARIA C.V. (CE)
Via Santelle (P.co La Perla)
E-mail: agclab@virgilio.it

SEDE LABORATORIO:
81020 S. NICOLA LA STRADA (CE)
Via Appia Antica, 12
Tel. 0823.424727 - Fax 0823.424729

Cod. Fisc. e Part. IVA 01108860618
C.C.I.A.A. n. 100078
Reg. Soc. Trib. n. 1741/82
Cap. Soc. Euro 42.120,16 int. vers.

LABORATORIO DI GEOTECNICA

AUTORIZZATO CON D.M.N. 53480 DEL 30-05-2005 e RINNOVO N. 6862 del- 19-07-2011

San Nicola la Strada, 28/08/2013	Certificato n° 2131	Accettazione n°3827 del 26/08/2013

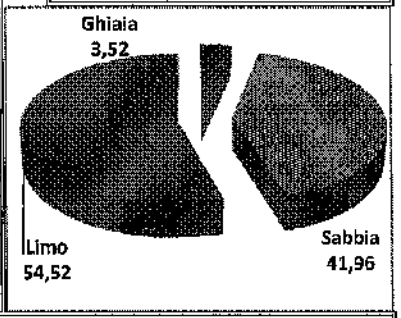
RICHIEDENTE:	I.GEO. Sas
INDIRIZZO:	Via Aldo Moro, 2 - Pastorano (CE)
COMMITTENTE:	Sig. Schiavone Giuseppe
OGGETTO DEI LAVORI:	Sopraelevazione fabbricato
LOCALITA':	Via Sergente De Pascale - San Marzano sul Sarno (SA)
CAMPIONE INDISTURBATO:	C1 m 4,00 ÷ 4,50
SIGLA INTERNA:	T1
DATA DI APERTURA CAMPIONE:	26/08/13
DATA INIZIO PROVE:	27/08/13

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA (CNR BU n.23/71)

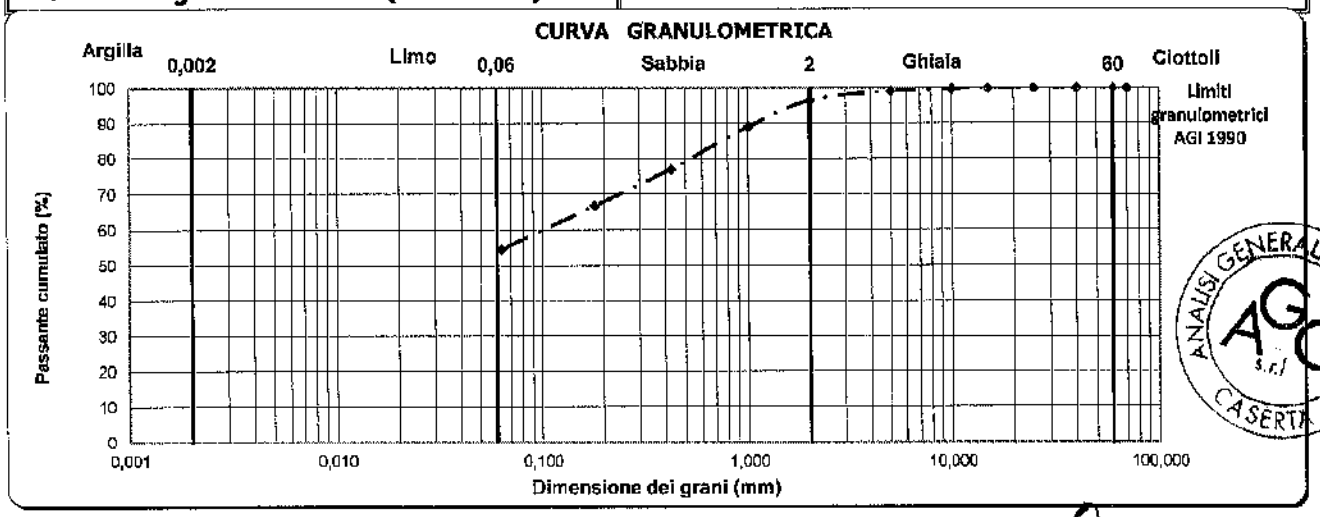
	Apertura maglia mm	Massa Ritenuta g	Massa riten. cumulato g	Ritenuto cumulato %	Passante cumulato %
Crivelli	70,00	0,00	0,00	0,00	100,00
	60,00	0,00	0,00	0,00	100,00
	40,00	0,00	0,00	0,00	100,00
	25,00	0,00	0,00	0,00	100,00
	15,00	0,00	0,00	0,00	100,00
	10,00	1,80	1,80	0,24	99,76
	5,00	4,84	6,64	0,89	99,11
Setacci	2,00	19,62	26,26	3,52	96,48
	1,00	55,20	81,46	10,93	89,07
	0,425	89,81	171,27	22,99	77,01
	0,180	76,26	247,53	33,22	66,78
	0,063	91,35	338,88	45,48	54,52
	Fondo	406,23	745,11	100,00	0,00

Granulometria eseguita
Per via umida ◉
Per via secca ○

Limiti granulometrici AGI	
Ghiaia	3,52 %
Sabbia	41,96 %
Limo	54,52 %



Definizione granulometrica (AGI 1990): **Limo con sabbia**

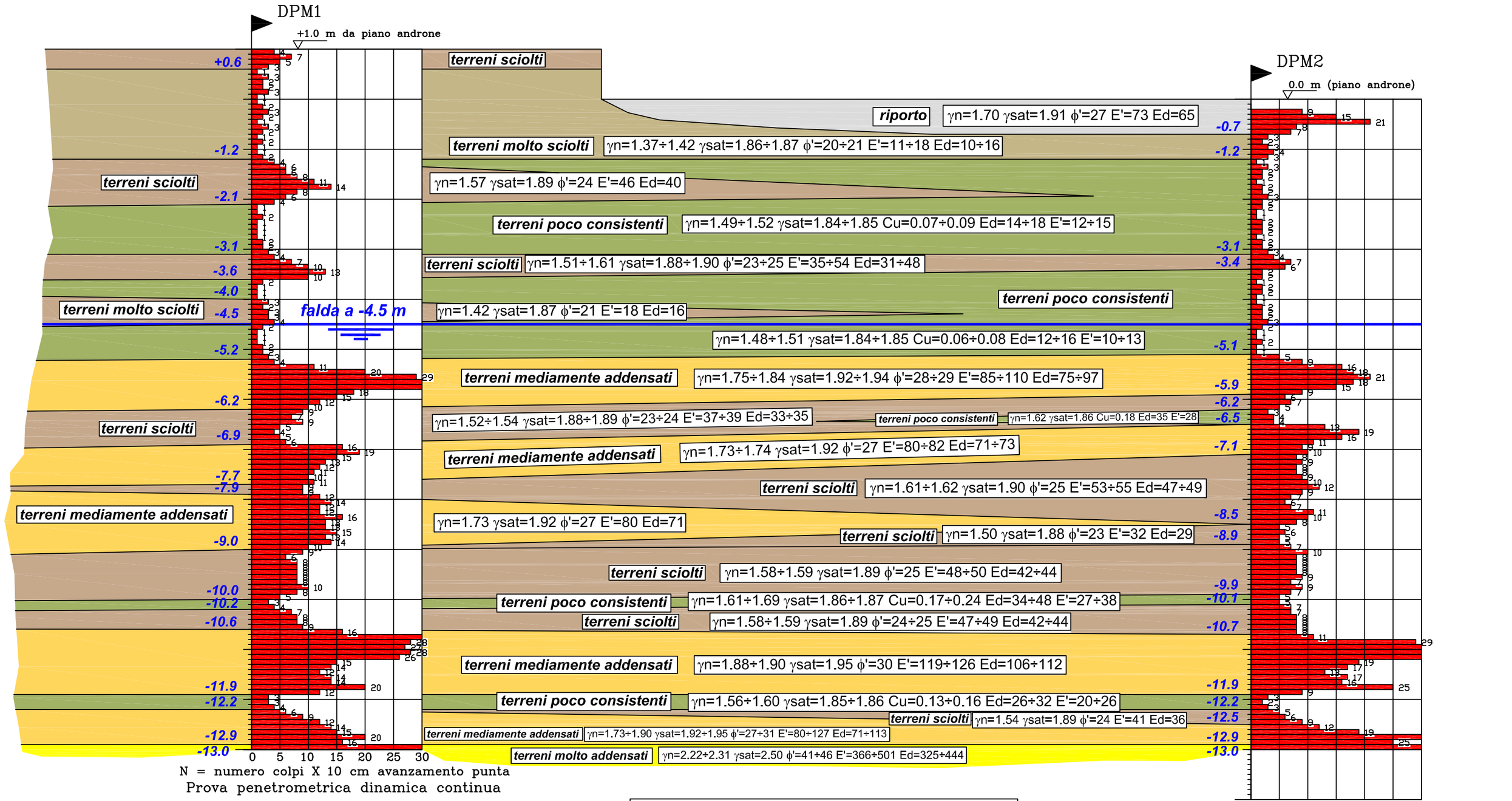


Nota: L'analisi granulometrica è stata eseguita su tutto il materiale residuo, dopo la realizzazione dei campioni per le prove geotecniche richieste.

LO SPERIMENTATORE
Dott. Geol. Ernesto De Fusco

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. GIUSEPPINA GRIURA

ALGI
ASSOCIAZIONE LABORATORI GEOTECNICI ITALIANI



Sezione geologico–tecnica
(Modello geotecnico del sottosuolo)

Legenda:
γn (t/mc) = peso unità di volume naturale
γsat (t/mc) = peso unità di volume saturo
ϕ (°) = angolo d'attrito
E' (kg/cmq) = modulo elastico
Ed (kg/cmq) = modulo edometrico
Cu (Kg/cmq) = coesione non drenata

COMMITTENTE:	***Spett.le* CONSORZIO DI BONIFICA INTEGRALE COMPRENSORIO SARNO.**
LOCALITÀ:	attraversamento Alveo Comune Nocerino in via A. Gramsci – San Marzano sul Sarno (SA).

Dati relativi alle indagini geognostiche eseguite sull'area di sedime oggetto del presente studio

ALLEGATI

- ✓ n°2 Penetrometrie D.P.S.H.
  - ♦ *Tabulati e grafici prove D.P.S.H.;*
  - ♦ *Tabulati proprietà geomeccaniche e litologiche;*
  - ♦ *Tav.12: Quadro di unione penetrogrammi DPSH;*
- ✓ Schede di laboratorio geotecnico eseguite su n°1 campione indisturbato di terreno prelevato nell'area di sedime;
- ✓ Relazione sismica specialistica indagine MASW e HVSR.

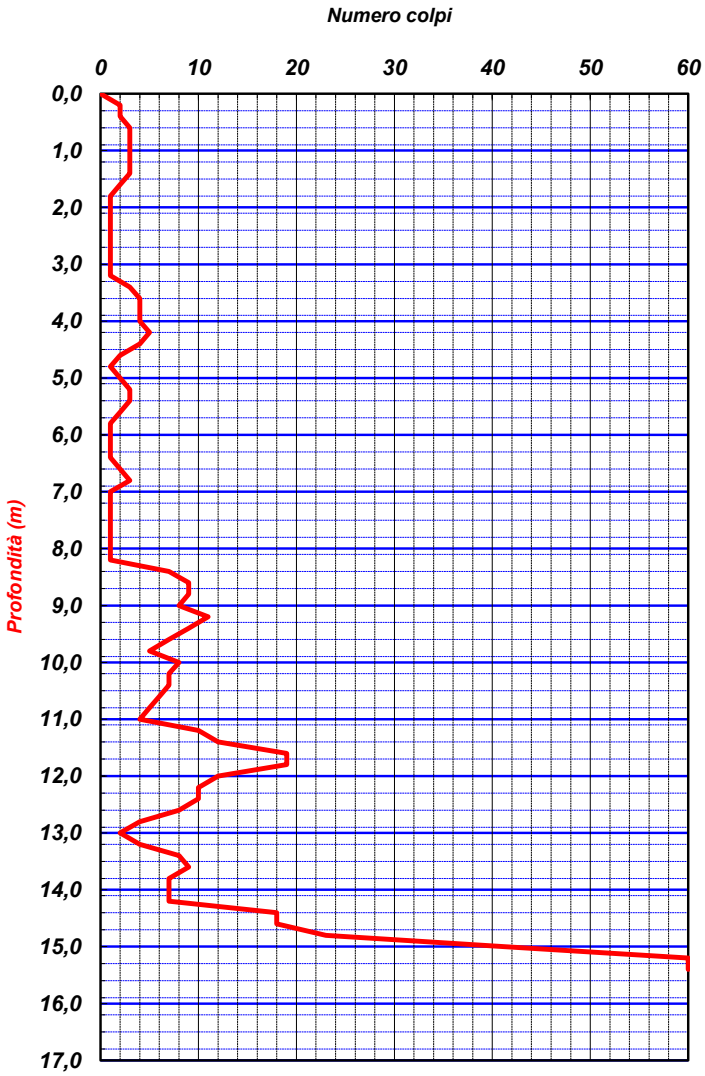
I. Geo. s.a.s.

Indagini geognostiche e geofisiche – Consolidamenti – pali – micropali
Via Aldo Moro, 2 - 81050 Pastorano (CE) - tel - fax 0823/879116 ; cell. 338/1534202
E-Mail: igeo2004@virgilio.it – P.Iva : 01956710618
ISO 9001:2015 QMS-05065959-19
Attestazione SOA n. 4685/66/02 OS 20-B Class. I - Indagini Geognostiche
valida fino al 21/01/2024 rilasciata da IMPRESOA SpA

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE DPSH

COMMITTENTE:	**Consorzio di Bonifica integrale del fiume Sarno**		
OGGETTO:	**Ricostruzione di tratti di argini dell'Alveo Comune Nocerino nei pressi di Via Gramsci**	**N° Certificato**	**1824/21**
LOCALITA':	**Argine alveo attraversamento Via Gramsci - San Marzano sul Sarno (SA)**	**Sigla Prova**	**DPSH 1**
MODELLO SONDA: TG63-200 KN	**PESO ASTE: 6,5 Kg** / **APERTURA DELLA PUNTA: 90°**	**Data emissione**	**21/12/2021**
DATA ESECUZIONE PROVA:	**21/12/2021** / **campione indisturbato (m)**	**Pagina**	**1/1**

Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi
0,00	0	8,20	1				
0,20	2	8,40	7				
0,40	2	8,60	9				
0,60	3	8,80	9				
0,80	3	9,00	8				
1,00	3	9,20	11				
1,20	3	9,40	9				
1,40	3	9,60	7				
1,60	2	9,80	5				
1,80	1	10,00	8				
2,00	1	10,20	7				
2,20	1	10,40	7				
2,40	1	10,60	6				
2,60	1	10,80	5				
2,80	1	11,00	4				
3,00	1	11,20	10				
3,20	1	11,40	12				
3,40	3	11,60	19				
3,60	4	11,80	19				
3,80	4	12,00	12				
4,00	4	12,20	10				
4,20	5	12,40	10				
4,40	4	12,60	8				
4,60	2	12,80	4				
4,80	1	13,00	2				
5,00	2	13,20	4				
5,20	3	13,40	8				
5,40	3	13,60	9				
5,60	2	13,80	7				
5,80	1	14,00	7				
6,00	1	14,20	7				
6,20	1	14,40	18				
6,40	1	14,60	18				
6,60	2	14,80	23				
6,80	3	15,00	41				
7,00	1	15,20	60				
7,20	1	15,40	60				
7,40	1						
7,60	1						
7,80	1						
8,00	1						



LEGENDA

Prof. = profondità dal piano campagna (m)
num. colpi. = numero di colpi

Il direttore tecnico
Dott. Geol. Giuseppe D'Onofrio

I.GEO S.a.s. di D'ONOFRIO GIUSEPPE & C. Via Aldo Moro 2 PASTORANO (CE) Part.Iva e Cod. Fisc.01956710618

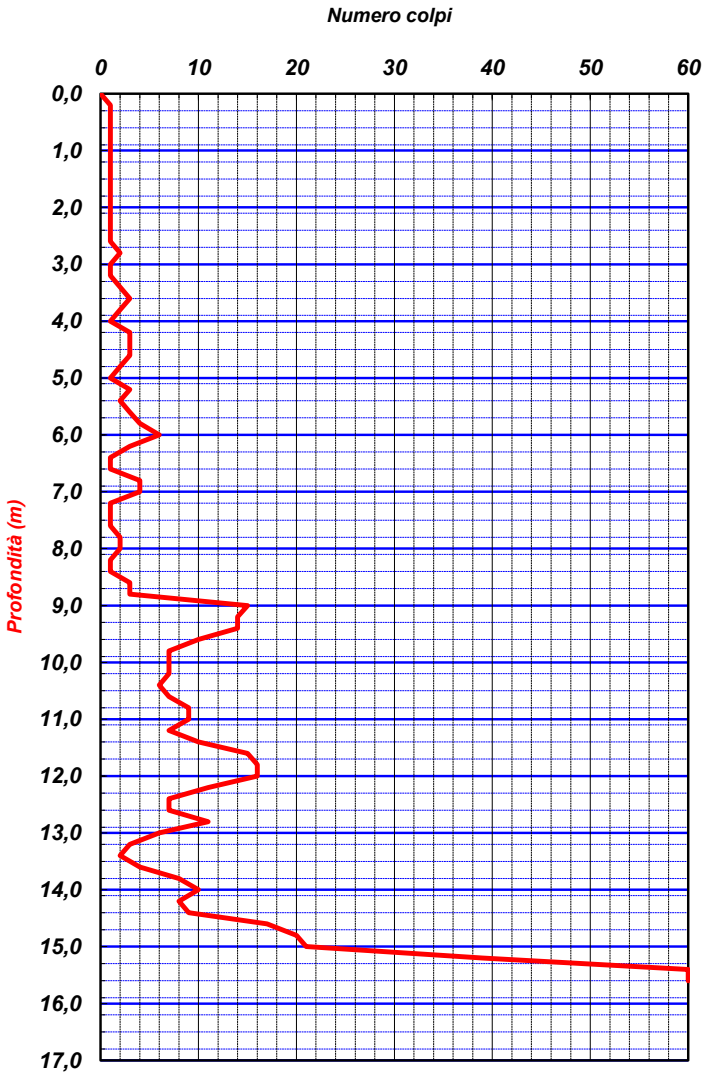
I. Geo. s.a.s.

Indagini geognostiche e geofisiche – Consolidamenti – pali – micropali
Via Aldo Moro, 2 - 81050 Pastorano (CE) - tel - fax 0823/879116 ; cell. 338/1534202
E-Mail: igeo2004@virgilio.it – P.Iva : 01956710618
ISO 9001:2015 QMS-05065959-19
Attestazione SOA n. 4685/66/02 OS 20-B Class. I - Indagini Geognostiche
valida fino al 21/01/2024 rilasciata da IMPRESOA SpA

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE DPSH

COMMITTENTE:	Consorzio di Bonifica integrale del fiume Sarno		
OGGETTO:	Ricostruzione di tratti di argini dell'Alveo Comune Nocerino nei pressi di Via Gramsci	N° Certificato	1825/21
LOCALITA':	Argine alveo attraversamento Via Gramsci - San Marzano sul Sarno (SA)	Sigla Prova	DPSH 2
MODELLO SONDA: TG63-200 KN	PESO ASTE: 6,5 Kg / APERTURA DELLA PUNTA: 90°	Data emissione	21/12/2021
DATA ESECUZIONE PROVA:	21/12/2021 / campione indisturbato (m) 4,00 - 4,50	Pagina	1/1

Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi
0,00	0	8,20	1				
0,20	1	8,40	1				
0,40	1	8,60	3				
0,60	1	8,80	3				
0,80	1	9,00	15				
1,00	1	9,20	14				
1,20	1	9,40	14				
1,40	1	9,60	10				
1,60	1	9,80	7				
1,80	1	10,00	7				
2,00	1	10,20	7				
2,20	1	10,40	6				
2,40	1	10,60	7				
2,60	1	10,80	9				
2,80	2	11,00	9				
3,00	1	11,20	7				
3,20	1	11,40	10				
3,40	2	11,60	15				
3,60	3	11,80	16				
3,80	2	12,00	16				
4,00	1	12,20	11				
4,20	3	12,40	7				
4,40	3	12,60	7				
4,60	3	12,80	11				
4,80	2	13,00	6				
5,00	1	13,20	3				
5,20	3	13,40	2				
5,40	2	13,60	4				
5,60	3	13,80	8				
5,80	4	14,00	10				
6,00	6	14,20	8				
6,20	3	14,40	9				
6,40	1	14,60	17				
6,60	1	14,80	20				
6,80	4	15,00	21				
7,00	4	15,20	39				
7,20	1	15,40	60				
7,40	1	15,60	60				
7,60	1						
7,80	2						
8,00	2						



LEGENDA

Prof. = profondità dal piano campagna (m)
num. colpi. = numero di colpi

Il direttore tecnico
Dott. Geol. Giuseppe D'Onofrio

I.GEO S.a.s.
di D'ONOFRIO GIUSEPPE & C.
Via Aldo Moro 2 PASTORANO (CE)
Part.Iva e Cod. Fisc:01956710618

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE
DPSH
(elaborazione)

Committente: Consorzio di Bonifica Integrale Comprensorio Sarno
Località: Argine Alveo Comune Nocerino - attraversamento via Gramsci
Comune: San Marzano sul Sarno (SA)

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63.5 Kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	0.63 Kg
Diametro punta conica	51.00 mm
Area di base punta	20.43 cm²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6.31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.40 m
Avanzamento punta	0.20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1.47
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

PROVA DPSH1

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data 21-12-2021
Profondità prova 15.20 m
Piano inizio indagine sommità argine fluviale
Falda rilevata
Profondità falda 3.60 m da piano inizio indagine

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	2	0.855	17.96	21.01	0.90	1.05
0.40	2	0.851	17.88	21.01	0.89	1.05
0.60	3	0.847	24.50	28.93	1.23	1.45
0.80	3	0.843	24.40	28.93	1.22	1.45
1.00	3	0.840	24.29	28.93	1.21	1.45
1.20	3	0.836	24.19	28.93	1.21	1.45
1.40	3	0.833	24.10	28.93	1.20	1.45
1.60	2	0.830	14.78	17.82	0.74	0.89
1.80	1	0.826	7.36	8.91	0.37	0.45
2.00	1	0.823	7.34	8.91	0.37	0.45
2.20	1	0.820	7.31	8.91	0.37	0.45
2.40	1	0.817	7.28	8.91	0.36	0.45
2.60	1	0.814	6.74	8.28	0.34	0.41
2.80	1	0.811	6.72	8.28	0.34	0.41
3.00	1	0.809	6.70	8.28	0.33	0.41
3.20	1	0.806	6.68	8.28	0.33	0.41
3.40	3	0.803	19.96	24.85	1.00	1.24
3.60	4	0.801	24.78	30.94	1.24	1.55
3.80	4	0.798	24.70	30.94	1.24	1.55
4.00	4	0.796	24.63	30.94	1.23	1.55
4.20	5	0.794	30.70	38.68	1.53	1.93
4.40	4	0.791	24.49	30.94	1.22	1.55
4.60	2	0.789	11.45	14.51	0.57	0.73
4.80	1	0.787	5.71	7.26	0.29	0.36
5.00	2	0.785	11.39	14.51	0.57	0.73
5.20	3	0.783	17.05	21.77	0.85	1.09
5.40	3	0.781	17.00	21.77	0.85	1.09
5.60	2	0.779	10.65	13.67	0.53	0.68
5.80	1	0.777	5.31	6.83	0.27	0.34
6.00	1	0.775	5.30	6.83	0.26	0.34

6.20	1	0.774	5.29	6.83	0.26	0.34
6.40	1	0.772	5.28	6.83	0.26	0.34
6.60	2	0.770	9.95	12.92	0.50	0.65
6.80	3	0.769	14.89	19.37	0.74	0.97
7.00	1	0.767	4.95	6.46	0.25	0.32
7.20	1	0.766	4.94	6.46	0.25	0.32
7.40	1	0.764	4.93	6.46	0.25	0.32
7.60	1	0.763	4.67	6.12	0.23	0.31
7.80	1	0.761	4.66	6.12	0.23	0.31
8.00	1	0.760	4.65	6.12	0.23	0.31
8.20	1	0.759	4.64	6.12	0.23	0.31
8.40	7	0.757	32.45	42.85	1.62	2.14
8.60	9	0.756	39.58	52.36	1.98	2.62
8.80	9	0.755	39.51	52.36	1.98	2.62
9.00	8	0.753	35.07	46.54	1.75	2.33
9.20	11	0.752	48.14	63.99	2.41	3.20
9.40	9	0.751	39.32	52.36	1.97	2.62
9.60	7	0.750	29.10	38.80	1.45	1.94
9.80	5	0.749	20.75	27.71	1.04	1.39
10.00	8	0.748	33.15	44.34	1.66	2.22
10.20	7	0.747	28.97	38.80	1.45	1.94
10.40	7	0.746	28.92	38.80	1.45	1.94
10.60	6	0.744	23.64	31.75	1.18	1.59
10.80	5	0.743	19.67	26.46	0.98	1.32
11.00	4	0.742	15.71	21.17	0.79	1.06
11.20	5	0.741	19.62	26.46	0.98	1.32
11.40	10	0.740	39.18	52.92	1.96	2.65
11.60	12	0.739	44.92	60.77	2.25	3.04
11.80	19	0.688	66.22	96.21	3.31	4.81
12.00	19	0.687	66.12	96.21	3.31	4.81
12.20	12	0.736	44.74	60.77	2.24	3.04
12.40	10	0.735	37.23	50.64	1.86	2.53
12.60	10	0.734	35.64	48.54	1.78	2.43
12.80	8	0.733	28.47	38.83	1.42	1.94
13.00	4	0.732	14.22	19.42	0.71	0.97
13.20	2	0.731	7.10	9.71	0.35	0.49
13.40	4	0.730	14.17	19.42	0.71	0.97
13.60	8	0.729	27.18	37.29	1.36	1.86
13.80	9	0.728	30.54	41.95	1.53	2.10
14.00	7	0.727	23.72	32.63	1.19	1.63
14.20	7	0.726	23.68	32.63	1.18	1.63
14.40	18	0.675	56.60	83.90	2.83	4.20
14.60	18	0.673	54.35	80.70	2.72	4.03
14.80	23	0.622	64.17	103.11	3.21	5.16
15.00	41	0.521	95.79	183.81	4.79	9.19
15.20	60	0.520	139.86	268.99	6.99	13.45
15.40	0	0.719	0.00	0.00	0.00	0.00

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH Nr.1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
Strato (4) limi debolmente sabbiosi	2.25	4.40-8.20	Terzaghi-Peck	0.14
Strato (8) limi debolmente sabbiosi	4.90	12.80-13.40	Terzaghi-Peck	0.31
Strato (10) cineriti vulcaniche	47.04	14.20-15.20	Terzaghi-Peck	3.18

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm²)
Strato (4) limi debolmente sabbiosi	2.25	4.40-8.20	Stroud e Butler (1975)	10.32
Strato (8) limi debolmente sabbiosi	4.90	12.80-13.40	Stroud e Butler (1975)	22.48
Strato (10) cineriti vulcaniche	47.04	14.20-15.20	Stroud e Butler (1975)	215.82

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm²)
Strato (4) limi debolmente sabbiosi	2.25	4.40-8.20	Apollonia	22.50
Strato (8) limi debolmente sabbiosi	4.90	12.80-13.40	Apollonia	49.00
Strato (10) cineriti vulcaniche	47.04	14.20-15.20	Apollonia	470.40

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato (4) limi debolmente sabbiosi	2.25	4.40-8.20	Meyerhof	1.58
Strato (8) limi debolmente sabbiosi	4.90	12.80-13.40	Meyerhof	1.75
Strato (10) cineriti vulcaniche	47.04	14.20-15.20	Meyerhof	2.50

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato (4) limi debolmente sabbiosi	2.25	4.40-8.20	Meyerhof	1.85
Strato (8) limi debolmente	4.90	12.80-13.40	Meyerhof	1.88

sabbiosi				
Strato (10) cineriti vulcaniche	47.04	14.20-15.20	Meyerhof	2.50

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) terreno di riporto (argine artificiale)	3.85	0.00-1.60	3.85	Skempton 1986	17.7
Strato (2) sabbie e limi	1.47	1.60-3.20	1.47	Skempton 1986	10.79
Strato (3) sabbie limose con pomici	5.88	3.20-4.40	5.88	Skempton 1986	23.14
Strato (5) sabbie limose con livelli di ghiaietti pomicei e scoriacei	11.39	8.20-10.60	11.39	Skempton 1986	35.98
Strato (6) sabbie e limi	6.86	10.60-11.20	6.86	Skempton 1986	25.62
Strato (7) sabbie e ghiaietti	18.38	11.20-12.80	16.69	Skempton 1986	45.98
Strato (9) sabbie e ghiaietti	11.39	13.40-14.20	11.39	Skempton 1986	35.98

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) terreno di riporto (argine artificiale)	3.85	0.00-1.60	3.85	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	22.6
Strato (2) sabbie e limi	1.47	1.60-3.20	1.47	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	19.7
Strato (3) sabbie limose con pomici	5.88	3.20-4.40	5.88	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	24.39
Strato (5) sabbie limose con livelli di ghiaietti pomicei e scoriacei	11.39	8.20-10.60	11.39	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	28.07
Strato (6) sabbie e limi	6.86	10.60-11.20	6.86	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	25.14
Strato (7) sabbie e ghiaietti	18.38	11.20-12.80	16.69	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	30.82
Strato (9) sabbie e ghiaietti	11.39	13.40-14.20	11.39	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	28.07

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato (1) terreno di riporto (argine artificiale)	3.85	0.00-1.60	3.85	Schmertmann (1978) (Sabbie)	30.80
Strato (2) sabbie e limi	1.47	1.60-3.20	1.47	Schmertmann (1978) (Sabbie)	11.76
Strato (3) sabbie limose con pomici	5.88	3.20-4.40	5.88	Schmertmann (1978) (Sabbie)	47.04
Strato (5) sabbie limose con livelli di ghiaietti pomicei e scoriacei	11.39	8.20-10.60	11.39	Schmertmann (1978) (Sabbie)	91.12
Strato (6) sabbie e limi	6.86	10.60-11.20	6.86	Schmertmann (1978) (Sabbie)	54.88
Strato (7) sabbie e ghiaietti	18.38	11.20-12.80	16.69	Schmertmann (1978) (Sabbie)	133.52
Strato (9) sabbie e ghiaietti	11.39	13.40-14.20	11.39	Schmertmann (1978) (Sabbie)	91.12

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato (1) terreno di riporto (argine artificiale)	3.85	0.00-1.60	3.85	Farrent 1963	27.33
Strato (2) sabbie e limi	1.47	1.60-3.20	1.47	Farrent 1963	10.44
Strato (3) sabbie limose con pomici	5.88	3.20-4.40	5.88	Farrent 1963	41.75
Strato (5) sabbie limose con livelli di ghiaietti pomicei e scoriacei	11.39	8.20-10.60	11.39	Farrent 1963	80.87
Strato (6) sabbie e limi	6.86	10.60-11.20	6.86	Farrent 1963	48.71
Strato (7) sabbie e ghiaietti	18.38	11.20-12.80	16.69	Farrent 1963	118.50
Strato (9) sabbie e ghiaietti	11.39	13.40-14.20	11.39	Farrent 1963	80.87

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
Strato (1) terreno di riporto (argine artificiale)	3.85	0.00-1.60	3.85	Terzaghi-Peck 1948	1.40
Strato (2) sabbie e limi	1.47	1.60-3.20	1.47	Terzaghi-Peck 1948	1.36
Strato (3) sabbie limose con pomici	5.88	3.20-4.40	5.88	Terzaghi-Peck 1948	1.42

Strato (5) sabbie limose con livelli di ghiaietti pomicei e scoriacei	11.39	8.20-10.60	11.39	Terzaghi-Peck 1948	1.49
Strato (6) sabbie e limi	6.86	10.60-11.20	6.86	Terzaghi-Peck 1948	1.44
Strato (7) sabbie e ghiaietti	18.38	11.20-12.80	16.69	Terzaghi-Peck 1948	1.56
Strato (9) sabbie e ghiaietti	11.39	13.40-14.20	11.39	Terzaghi-Peck 1948	1.49

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m^3)
Strato (1) terreno di riporto (argine artificiale)	3.85	0.00-1.60	3.85	Terzaghi-Peck 1948	1.87
Strato (2) sabbie e limi	1.47	1.60-3.20	1.47	Terzaghi-Peck 1948	1.85
Strato (3) sabbie limose con pomici	5.88	3.20-4.40	5.88	Terzaghi-Peck 1948	1.89
Strato (5) sabbie limose con livelli di ghiaietti pomicei e scoriacei	11.39	8.20-10.60	11.39	Terzaghi-Peck 1948	1.93
Strato (6) sabbie e limi	6.86	10.60-11.20	6.86	Terzaghi-Peck 1948	1.89
Strato (7) sabbie e ghiaietti	18.38	11.20-12.80	16.69	Terzaghi-Peck 1948	1.97
Strato (9) sabbie e ghiaietti	11.39	13.40-14.20	11.39	Terzaghi-Peck 1948	1.93

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm^2)
Strato (1) terreno di riporto (argine artificiale)	3.85	0.00-1.60	3.85	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	284.86
Strato (2) sabbie e limi	1.47	1.60-3.20	1.47	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	158.18
Strato (3) sabbie limose con pomici	5.88	3.20-4.40	5.88	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	368.98
Strato (5) sabbie limose con livelli di ghiaietti pomicei e scoriacei	11.39	8.20-10.60	11.39	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	552.64
Strato (6) sabbie e limi	6.86	10.60-11.20	6.86	Robertson e Campanella (1983)	405.42

				e Imai & Tonouchi (1982)	
Strato (7) sabbie e ghiaietti	18.38	11.20-12.80	16.69	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	697.96
Strato (9) sabbie e ghiaietti	11.39	13.40-14.20	11.39	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	552.64

Coefficiente spinta a Riposo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (1) terreno di riporto (argine artificiale)	3.85	0.00-1.60	3.85	Navfac 1971-1982	0.72
Strato (2) sabbie e limi	1.47	1.60-3.20	1.47	Navfac 1971-1982	0.14
Strato (3) sabbie limose con pomici	5.88	3.20-4.40	5.88	Navfac 1971-1982	1.19
Strato (5) sabbie limose con livelli di ghiaietti pomicei e scoriacei	11.39	8.20-10.60	11.39	Navfac 1971-1982	2.40
Strato (6) sabbie e limi	6.86	10.60-11.20	6.86	Navfac 1971-1982	1.41
Strato (7) sabbie e ghiaietti	18.38	11.20-12.80	16.69	Navfac 1971-1982	3.45
Strato (9) sabbie e ghiaietti	11.39	13.40-14.20	11.39	Navfac 1971-1982	2.40

PROVA DPSH2

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data 21-12-2021
Profondità prova 15.40 m
Piano inizio indagine sommità argine fluviale
Falda rilevata
Profondità falda 3.60 m dal piano inizio indagine

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	1	0.855	8.98	10.51	0.45	0.53
0.40	1	0.851	8.94	10.51	0.45	0.53
0.60	1	0.847	8.17	9.64	0.41	0.48
0.80	1	0.843	8.13	9.64	0.41	0.48
1.00	1	0.840	8.10	9.64	0.40	0.48
1.20	1	0.836	8.06	9.64	0.40	0.48
1.40	1	0.833	8.03	9.64	0.40	0.48
1.60	1	0.830	7.39	8.91	0.37	0.45
1.80	1	0.826	7.36	8.91	0.37	0.45
2.00	1	0.823	7.34	8.91	0.37	0.45
2.20	1	0.820	7.31	8.91	0.37	0.45
2.40	1	0.817	7.28	8.91	0.36	0.45
2.60	1	0.814	6.74	8.28	0.34	0.41
2.80	2	0.811	13.44	16.56	0.67	0.83
3.00	1	0.809	6.70	8.28	0.33	0.41
3.20	1	0.806	6.68	8.28	0.33	0.41
3.40	2	0.803	13.31	16.56	0.67	0.83
3.60	3	0.801	18.59	23.21	0.93	1.16
3.80	2	0.798	12.35	15.47	0.62	0.77
4.00	1	0.796	6.16	7.74	0.31	0.39
4.20	3	0.794	18.42	23.21	0.92	1.16
4.40	3	0.791	18.37	23.21	0.92	1.16
4.60	3	0.789	17.18	21.77	0.86	1.09
4.80	2	0.787	11.42	14.51	0.57	0.73
5.00	1	0.785	5.70	7.26	0.28	0.36
5.20	3	0.783	17.05	21.77	0.85	1.09
5.40	2	0.781	11.34	14.51	0.57	0.73
5.60	3	0.779	15.97	20.50	0.80	1.03
5.80	4	0.777	21.25	27.34	1.06	1.37
6.00	6	0.775	31.80	41.00	1.59	2.05
6.20	3	0.774	15.86	20.50	0.79	1.03

6.40	1	0.772	5.28	6.83	0.26	0.34
6.60	1	0.770	4.97	6.46	0.25	0.32
6.80	4	0.769	19.86	25.83	0.99	1.29
7.00	4	0.767	19.82	25.83	0.99	1.29
7.20	1	0.766	4.94	6.46	0.25	0.32
7.40	1	0.764	4.93	6.46	0.25	0.32
7.60	1	0.763	4.67	6.12	0.23	0.31
7.80	2	0.761	9.32	12.24	0.47	0.61
8.00	2	0.760	9.30	12.24	0.47	0.61
8.20	1	0.759	4.64	6.12	0.23	0.31
8.40	1	0.757	4.64	6.12	0.23	0.31
8.60	3	0.756	13.19	17.45	0.66	0.87
8.80	3	0.755	13.17	17.45	0.66	0.87
9.00	15	0.703	61.39	87.26	3.07	4.36
9.20	14	0.702	57.20	81.44	2.86	4.07
9.40	14	0.701	57.10	81.44	2.85	4.07
9.60	10	0.750	41.57	55.42	2.08	2.77
9.80	7	0.749	29.05	38.80	1.45	1.94
10.00	7	0.748	29.01	38.80	1.45	1.94
10.20	7	0.747	28.97	38.80	1.45	1.94
10.40	6	0.746	24.79	33.25	1.24	1.66
10.60	7	0.744	27.58	37.05	1.38	1.85
10.80	9	0.743	35.41	47.63	1.77	2.38
11.00	9	0.742	35.36	47.63	1.77	2.38
11.20	7	0.741	27.46	37.05	1.37	1.85
11.40	10	0.740	39.18	52.92	1.96	2.65
11.60	15	0.689	52.35	75.96	2.62	3.80
11.80	16	0.688	55.76	81.02	2.79	4.05
12.00	16	0.687	55.68	81.02	2.78	4.05
12.20	11	0.736	41.01	55.70	2.05	2.79
12.40	7	0.735	26.06	35.45	1.30	1.77
12.60	7	0.734	24.95	33.98	1.25	1.70
12.80	11	0.733	39.15	53.40	1.96	2.67
13.00	6	0.732	21.32	29.13	1.07	1.46
13.20	3	0.731	10.65	14.56	0.53	0.73
13.40	2	0.730	7.09	9.71	0.35	0.49
13.60	4	0.729	13.59	18.65	0.68	0.93
13.80	8	0.728	27.14	37.29	1.36	1.86
14.00	10	0.727	33.88	46.61	1.69	2.33
14.20	8	0.726	27.06	37.29	1.35	1.86
14.40	9	0.725	30.40	41.95	1.52	2.10
14.60	17	0.673	51.33	76.21	2.57	3.81
14.80	20	0.672	60.28	89.66	3.01	4.48
15.00	21	0.621	58.48	94.15	2.92	4.71
15.20	39	0.520	90.91	174.85	4.55	8.74
15.40	60	0.519	139.53	268.99	6.98	13.45

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH Nr.2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
Strato (4) limi deb. sabbiosi	2.20	4.60-5.00	Terzaghi-Peck	0.14
Strato (6) limi deb. sabbiosi	1.47	6.20-6.60	Terzaghi-Peck	0.09
Strato (8) limi debolmente sabbiosi	2.45	7.00-8.80	Terzaghi-Peck	0.15
Strato (11) limi debolmente sabbiosi	4.41	13.00-13.60	Terzaghi-Peck	0.28
Strato (13) cineriti vulcaniche	46.16	14.40-15.40	Terzaghi-Peck	3.12

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm²)
Strato (4) limi deb. sabbiosi	2.20	4.60-5.00	Stroud e Butler (1975)	10.09
Strato (6) limi deb. sabbiosi	1.47	6.20-6.60	Stroud e Butler (1975)	6.74
Strato (8) limi debolmente sabbiosi	2.45	7.00-8.80	Stroud e Butler (1975)	11.24
Strato (11) limi debolmente sabbiosi	4.41	13.00-13.60	Stroud e Butler (1975)	20.23
Strato (13) cineriti vulcaniche	46.16	14.40-15.40	Stroud e Butler (1975)	211.78

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm²)
Strato (4) limi deb. sabbiosi	2.20	4.60-5.00	Apollonia	22.00
Strato (6) limi deb. sabbiosi	1.47	6.20-6.60	Apollonia	14.70
Strato (8) limi debolmente sabbiosi	2.45	7.00-8.80	Apollonia	24.50
Strato (11) limi debolmente sabbiosi	4.41	13.00-13.60	Apollonia	44.10
Strato (13) cineriti vulcaniche	46.16	14.40-15.40	Apollonia	461.60

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato (4) limi deb. sabbiosi	2.20	4.60-5.00	Meyerhof	1.58
Strato (6) limi deb. sabbiosi	1.47	6.20-6.60	Meyerhof	1.52
Strato (8) limi debolmente sabbiosi	2.45	7.00-8.80	Meyerhof	1.60
Strato (11) limi debolmente	4.41	13.00-13.60	Meyerhof	1.72

sabbiosi				
Strato (13) cineriti vulcaniche	46.16	14.40-15.40	Meyerhof	2.50

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato (4) limi deb. sabbiosi	2.20	4.60-5.00	Meyerhof	1.85
Strato (6) limi deb. sabbiosi	1.47	6.20-6.60	Meyerhof	1.85
Strato (8) limi debolmente sabbiosi	2.45	7.00-8.80	Meyerhof	1.86
Strato (11) limi debolmente sabbiosi	4.41	13.00-13.60	Meyerhof	1.87
Strato (13) cineriti vulcaniche	46.16	14.40-15.40	Meyerhof	2.50

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) terreno di riporto (argine artificiale)	1.47	0.00-2.00	1.47	Skempton 1986	10.79
Strato (2) sabbie e limi	1.90	2.00-3.40	1.90	Skempton 1986	12.09
Strato (3) sabbie limose con pomici	3.68	3.40-4.60	3.68	Skempton 1986	17.23
Strato (5) sabbie limose	5.14	5.00-6.20	5.14	Skempton 1986	21.21
Strato (7) sabbie limose	5.88	6.60-7.00	5.88	Skempton 1986	23.14
Strato (9) sabbie limose con livelli di ghiaietti pomicei e scoriacei	13.72	8.80-11.20	13.72	Skempton 1986	40.64
Strato (10) sabbie e ghiaietti	16.17	11.20-13.00	15.59	Skempton 1986	44.07
Strato (12) sabbie e ghiaietti	12.86	13.60-14.40	12.86	Skempton 1986	38.97

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) terreno di riporto (argine artificiale)	1.47	0.00-2.00	1.47	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	19.7
Strato (2) sabbie e limi	1.90	2.00-3.40	1.90	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	20.34
Strato (3) sabbie limose con pomici	3.68	3.40-4.60	3.68	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	22.43
Strato (5) sabbie limose	5.14	5.00-6.20	5.14	Shioi-Fukuni	23.78

				1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	
Strato (7) sabbie limose	5.88	6.60-7.00	5.88	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	24.39
Strato (9) sabbie limose con livelli di ghiaietti pomicei e scoriacei	13.72	8.80-11.20	13.72	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	29.35
Strato (10) sabbie e ghiaietti	16.17	11.20-13.00	15.59	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	30.29
Strato (12) sabbie e ghiaietti	12.86	13.60-14.40	12.86	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	28.89

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato (1) terreno di riporto (argine artificiale)	1.47	0.00-2.00	1.47	Schmertmann (1978) (Sabbie)	11.76
Strato (2) sabbie e limi	1.90	2.00-3.40	1.90	Schmertmann (1978) (Sabbie)	15.20
Strato (3) sabbie limose con pomici	3.68	3.40-4.60	3.68	Schmertmann (1978) (Sabbie)	29.44
Strato (5) sabbie limose	5.14	5.00-6.20	5.14	Schmertmann (1978) (Sabbie)	41.12
Strato (7) sabbie limose	5.88	6.60-7.00	5.88	Schmertmann (1978) (Sabbie)	47.04
Strato (9) sabbie limose con livelli di ghiaietti pomicei e scoriacei	13.72	8.80-11.20	13.72	Schmertmann (1978) (Sabbie)	109.76
Strato (10) sabbie e ghiaietti	16.17	11.20-13.00	15.59	Schmertmann (1978) (Sabbie)	124.68
Strato (12) sabbie e ghiaietti	12.86	13.60-14.40	12.86	Schmertmann (1978) (Sabbie)	102.88

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato (1) terreno di riporto (argine artificiale)	1.47	0.00-2.00	1.47	Farrent 1963	10.44
Strato (2) sabbie e limi	1.90	2.00-3.40	1.90	Farrent 1963	13.49
Strato (3) sabbie limose con pomici	3.68	3.40-4.60	3.68	Farrent 1963	26.13

Strato (5) sabbie limose	5.14	5.00-6.20	5.14	Farrent 1963	36.49
Strato (7) sabbie limose	5.88	6.60-7.00	5.88	Farrent 1963	41.75
Strato (9) sabbie limose con livelli di ghiaietti pomicei e scoriacei	13.72	8.80-11.20	13.72	Farrent 1963	97.41
Strato (10) sabbie e ghiaietti	16.17	11.20-13.00	15.59	Farrent 1963	110.65
Strato (12) sabbie e ghiaietti	12.86	13.60-14.40	12.86	Farrent 1963	91.31

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
Strato (1) terreno di riporto (argine artificiale)	1.47	0.00-2.00	1.47	Terzaghi-Peck 1948	1.36
Strato (2) sabbie e limi	1.90	2.00-3.40	1.90	Terzaghi-Peck 1948	1.37
Strato (3) sabbie limose con pomici	3.68	3.40-4.60	3.68	Terzaghi-Peck 1948	1.39
Strato (5) sabbie limose	5.14	5.00-6.20	5.14	Terzaghi-Peck 1948	1.41
Strato (7) sabbie limose	5.88	6.60-7.00	5.88	Terzaghi-Peck 1948	1.42
Strato (9) sabbie limose con livelli di ghiaietti pomicei e scoriacei	13.72	8.80-11.20	13.72	Terzaghi-Peck 1948	1.52
Strato (10) sabbie e ghiaietti	16.17	11.20-13.00	15.59	Terzaghi-Peck 1948	1.55
Strato (12) sabbie e ghiaietti	12.86	13.60-14.40	12.86	Terzaghi-Peck 1948	1.51

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
Strato (1) terreno di riporto (argine artificiale)	1.47	0.00-2.00	1.47	Terzaghi-Peck 1948	1.85
Strato (2) sabbie e limi	1.90	2.00-3.40	1.90	Terzaghi-Peck 1948	1.85
Strato (3) sabbie limose con pomici	3.68	3.40-4.60	3.68	Terzaghi-Peck 1948	1.87
Strato (5) sabbie limose	5.14	5.00-6.20	5.14	Terzaghi-Peck 1948	1.88
Strato (7) sabbie limose	5.88	6.60-7.00	5.88	Terzaghi-Peck 1948	1.89
Strato (9) sabbie limose con livelli di ghiaietti	13.72	8.80-11.20	13.72	Terzaghi-Peck 1948	1.95

pomicei e scoriacei					
Strato (10) sabbie e ghiaietti	16.17	11.20-13.00	15.59	Terzaghi-Peck 1948	1.96
Strato (12) sabbie e ghiaietti	12.86	13.60-14.40	12.86	Terzaghi-Peck 1948	1.94

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato (1) terreno di riporto (argine artificiale)	1.47	0.00-2.00	1.47	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	158.18
Strato (2) sabbie e limi	1.90	2.00-3.40	1.90	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	185.02
Strato (3) sabbie limose con pomici	3.68	3.40-4.60	3.68	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	277.10
Strato (5) sabbie limose	5.14	5.00-6.20	5.14	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	339.87
Strato (7) sabbie limose	5.88	6.60-7.00	5.88	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	368.98
Strato (9) sabbie limose con livelli di ghiaietti pomicei e scoriacei	13.72	8.80-11.20	13.72	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	619.20
Strato (10) sabbie e ghiaietti	16.17	11.20-13.00	15.59	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	669.35
Strato (12) sabbie e ghiaietti	12.86	13.60-14.40	12.86	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	595.19

Coefficiente spinta a Riposo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (1) terreno di riporto (argine artificiale)	1.47	0.00-2.00	1.47	Navfac 1971-1982	0.14
Strato (2) sabbie e limi	1.90	2.00-3.40	1.90	Navfac 1971-1982	0.24
Strato (3) sabbie limose con pomici	3.68	3.40-4.60	3.68	Navfac 1971-1982	0.68
Strato (5) sabbie limose	5.14	5.00-6.20	5.14	Navfac 1971-1982	1.02
Strato (7) sabbie limose	5.88	6.60-7.00	5.88	Navfac 1971-	1.19

				1982	
Strato (9) sabbie limose con livelli di ghiaietti pomicei e scoriacei	13.72	8.80-11.20	13.72	Navfac 1971-1982	2.87
Strato (10) sabbie e ghiaietti	16.17	11.20-13.00	15.59	Navfac 1971-1982	3.24
Strato (12) sabbie e ghiaietti	12.86	13.60-14.40	12.86	Navfac 1971-1982	2.70

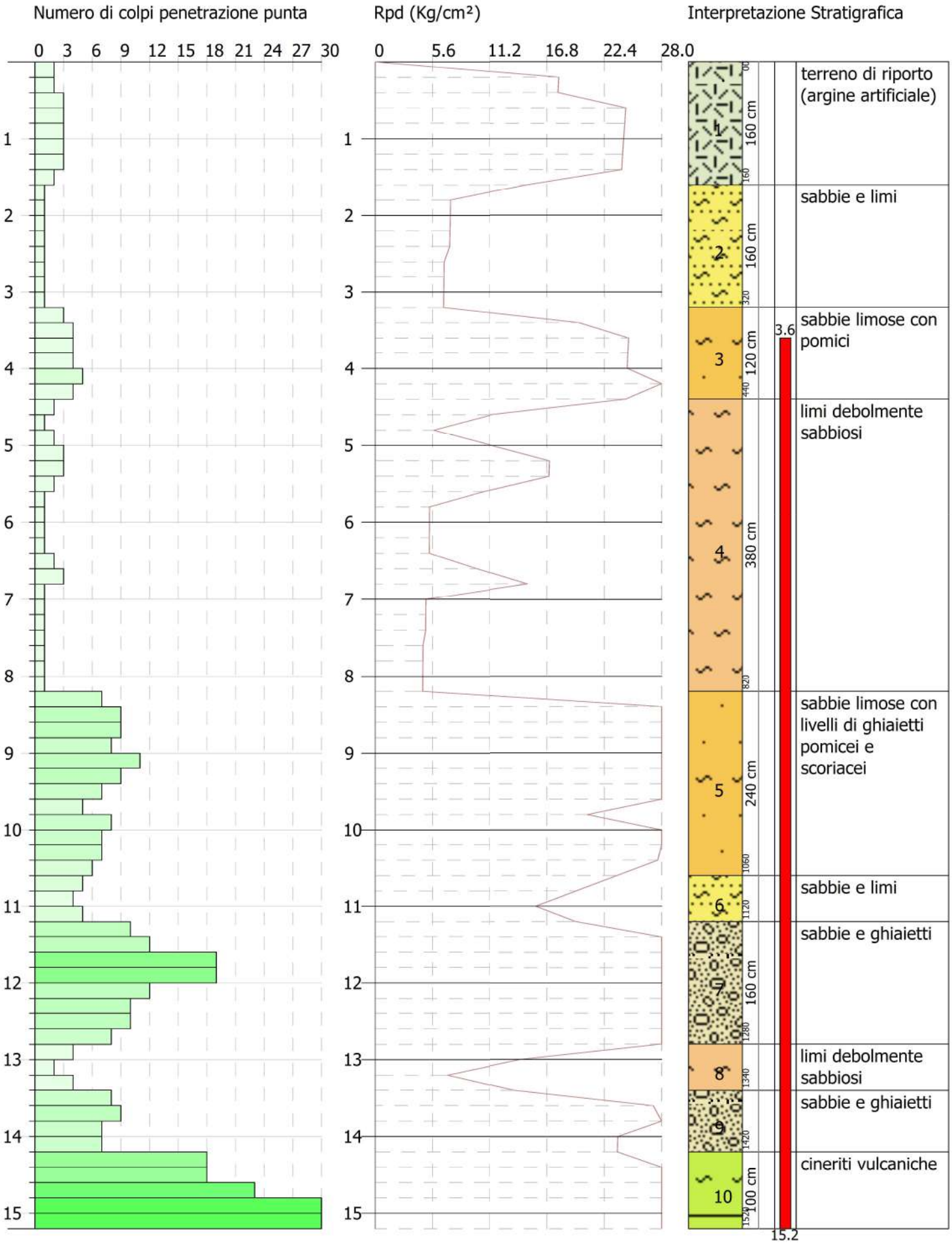
Dott. Geologo Alfonso Pappalardo

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Consorzio di Bonifica Integrale Comprensorio Sarno

Località: Argine Alveo Comune - attraversamento via Gramsci - Comune di San Marzano sul Sarno (SA)

Scala 1:70



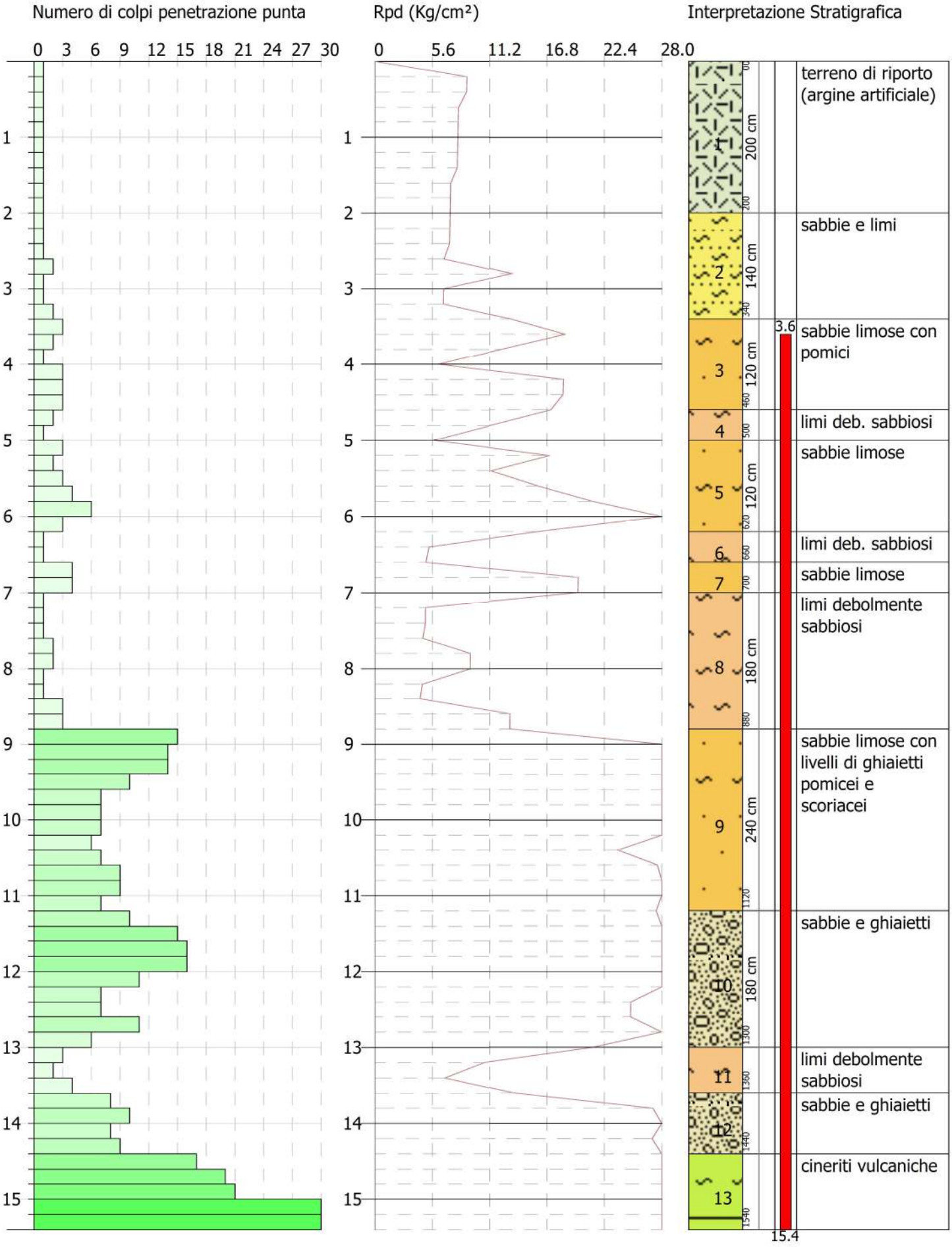
Dott. Geologo Alfonso Pappalardo

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

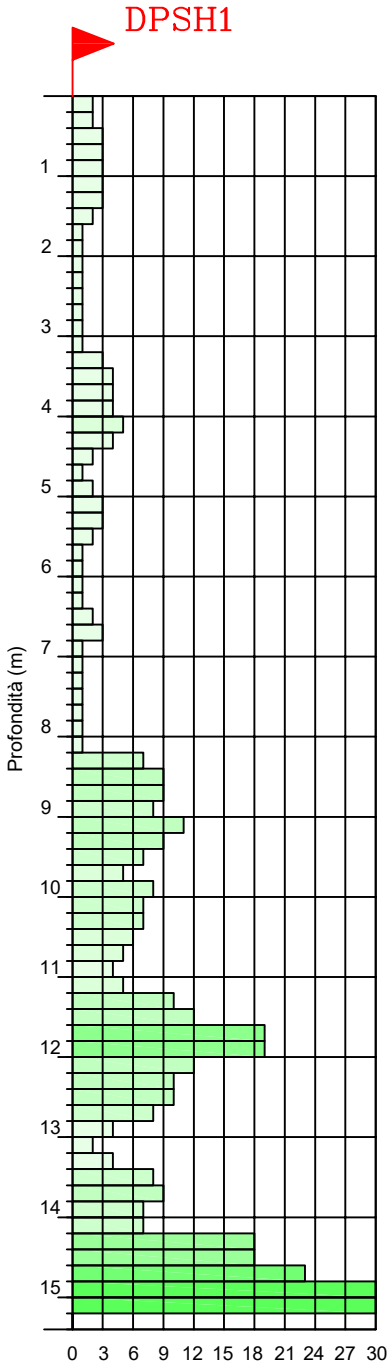
Committente: Consorzio di Bonifica Integrale Comprensorio Sarno

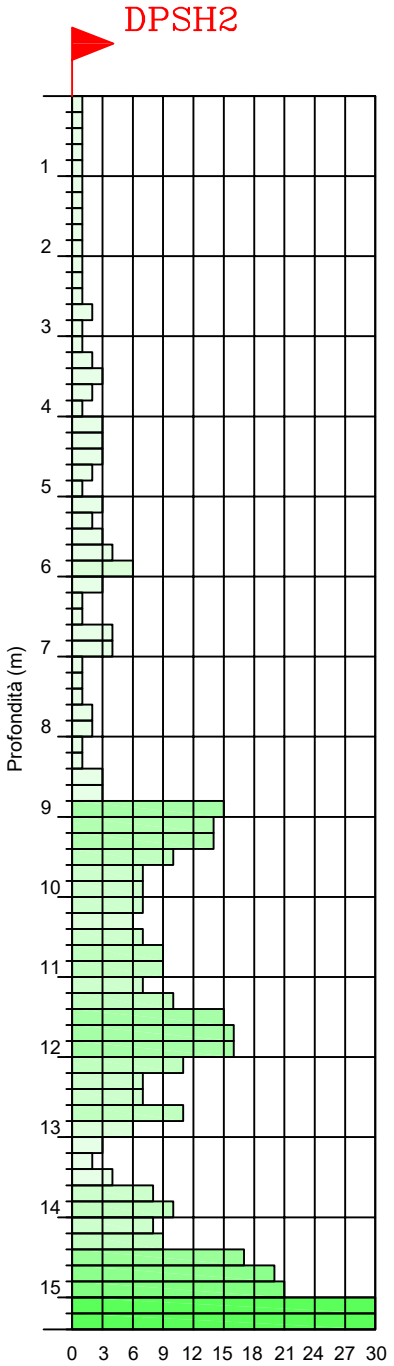
Località: Argine Alveo Comune - attraversamento via Gramsci - Comune di San Marzano sul Sarno (SA)

Scala 1:71



Committente: Consorzio di Bonifica Integrale Comprensorio Sarno
Località: Argine Alveo Comune Nocerino – attraversamento via Gramsci
Comune: San Marzano sul Sarno (SA)





Quadro di unione penetrogrammi

Dott. Geol. Alfonso Pappalardo

SOIL TEST s.r.l.
LABORATORIO TERRE – CONTROLLI STRUTTURALI
GEOGNOSTICA – PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Aut. N° 315 del 04/07/2018 – Circ. 7618/STC
Prove sulle terre e Prove esterne
Art. 59 DPR 380/01

IDENTIFICAZIONE CAMPIONE

Norma di riferimento: - ASTM D 2488-00

MC-41 Rev. 00
del 03/01/2013

Verbale di accettazione n°:	TR 429/21	Certificato n°:	2988-2021
del:	*22.12.2021*	Data certificato:	*29.12.2021*

Richiedente:	I.GEO. Sas
Committente:	Consorzio di bonifica integrale del fiume Sarno
Cantiere:	Ricostruzone di tratti di argini dell'Alveo Comune Nocerino nei pressi di Via Gramsci
Località:	argine alveo attraversamento Via Gramsci - San Marzano sul Sarno (SA)
Data di prova:	22.12.2021

DATI IDENTIFICATIVI DEL CAMPIONE				
Sondaggio	Campione	Profondità (m dal p.c.)	Tipo campione	Data prelievo
Dpsh2	C1	4,00-4,50	indisturbato	21.12.2021

DATI GENERALI		PROVE SPEDITIVE	
Contenitore:	Fustella	Pocket penetrometer Test (MPa)	***
Diametro (cm):	9,5	Pocket vane Test (MPa)	***
Lunghezza (cm):	45,0	Classe di Qualità (AGI)	Q5
Peso netto campione estratto (N)	58,0	Colore (Tabella colori Munsell)	5YR Dark reddish brown 3/4

DESCRIZIONE LITOLOGICA

Limo sabbioso di colore marrone con clasti poligenici eterometrici, moderatamente addensato.

Tecnico Sperimentatore
Dr. Geol. F. MARTONE

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. G. VERRILLO

LABORATORIO TERRE PROVE IN SITO SOIL TEST S.R.L.

SOIL TEST s.r.l.
LABORATORIO TERRE – CONTROLLI STRUTTURALI
GEOGNOSTICA – PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Aut. N° 315 del 04/07/2018 – Circ. 7618/STC
Prove sulle terre e Prove esterne
Art. 59 DPR 380/01

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Norma di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-1, 2, 3 - ASTM D854 - ASTM D2216

MC-01 Rev. 01 del 03/01/2013

Verbale di accettazione n°: TR 429/21 **Certificato n°:** 2989-2021
del: *22.12.2021* **Data certificato:** *29.12.2021*

Richiedente: I.GEO. Sas
Committente: Consorzio di bonifica integrale del fiume Sarno
Cantiere: Ricostruzone di tratti di argini dell'Alveo Comune Nocerino nei pressi di Via Gramsci
Località: argine alveo attraversamento Via Gramsci - San Marzano sul Sarno (SA)
Data di prova: 22.12.2021

DATI IDENTIFICATIVI DEL CAMPIONE				
Sondaggio	Campione	Profondità (m dal p.c.)	Tipo campione	Data prelievo
Dpsh2	C1	4,00-4,50	indisturbato	21.12.2021

RISULTATI DELLE PROVE

Grandezze indici rilevate in laboratorio

γ_n	Peso dell'unità di volume naturale	KN/m^3	18,21
γ_s	Peso specifico dei granuli	KN/m^3	25,66
w	Contenuto di acqua naturale	%	19,44

Grandezze indici derivate analiticamente

γ_d	Peso dell'unità di volume secco	KN/m^3	15,24
n	Porosità	%	40,60
e	Indice dei vuoti	---	0,68
s_r	Grado di saturazione	%	74,43
γ_{sat}	Peso dell'unità di volume saturo	KN/m^3	19,22
γ'	Peso dell'unità di volume sommerso	KN/m^3	9,42

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. F. MARTONE

Direttore Laboratorio
Dr Geol. G. VERRILLO

Sede Legale ed Operativa: Via Assunta n°47 fraz. Falciano - CASERTA
C.F./P.IVA e numero di iscrizione R.I. CE: 03794560619 R.E.A. CE 273059
Tel/Fax 0823.341739 – e-mail info@soiltestsrl.it – p.e.c. info@pec.soiltestsrl.it

SOIL TEST s.r.l.
LABORATORIO TERRE – CONTROLLI STRUTTURALI
GEOGNOSTICA – PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Aut. N° 315 del 04/07/2018 – Circ. 7618/STC
Prove sulle terre e Prove esterne
Art. 59 DPR 380/01

ANALISI GRANULOMETRICA

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - ASTM D422 - CNR 23

MC - 03 Rev. 01 del 03/01/2013

Verbale di accettazione n°: TR 429/21 **del:** *22.12.2021*

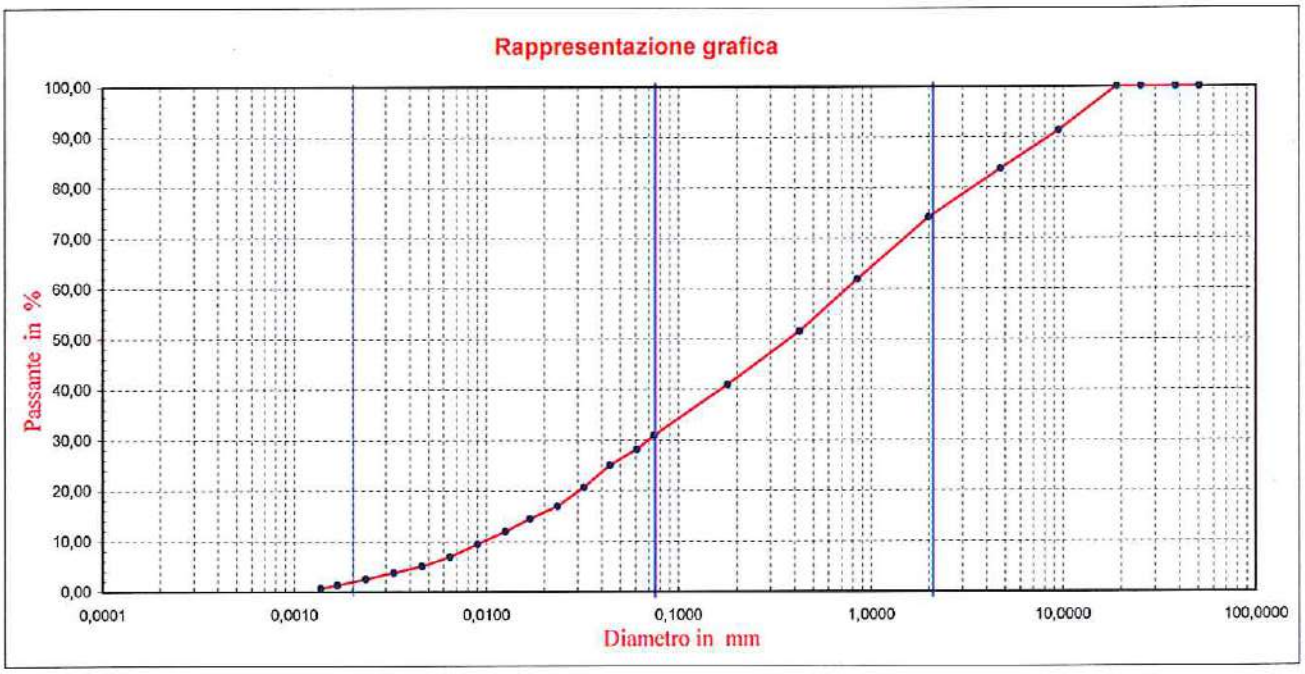
Certificato n°: 2990-2021 **Data certificato:** *29.12.2021*

Richiedente: I.GEO. Sas
Committente: Consorzio di bonifica integrale del fiume Sarno

Cantiere: Ricostruzone di tratti di argini dell'Alveo Comune Nocerino nei pressi di Via Gramsci

Località: argine alveo attraversamento Via Gramsci - San Marzano sul Sarno (SA)
Data di prova: 22.12.2021

DATI IDENTIFICATIVI DEL CAMPIONE				
Sondaggio	Campione	Profondità (m dal p.c.)	Tipo campione	Data prelievo
Dpsh2	C1	4,00-4,50	indisturbato	21.12.2021



SETACCIATURA											
Diametro (mm)	50,00	37,50	25,40	19,00	9,50	4,75	2,00	0,85	0,425	0,180	0,075
Passante (%)	100,00	100,00	100,00	100,00	91,21	83,66	74,01	61,79	51,48	40,93	30,91

SEDIMENTAZIONE													
D. (mm)	0,0611	0,0443	0,0324	0,0236	0,0169	0,0126	0,0090	0,0065	0,0046	0,0033	0,0024	0,0017	0,0014
P. (%)	28,14	25,01	20,64	16,88	14,38	11,88	9,38	6,88	5,00	3,75	2,50	1,25	0,63

Composizione granulometrica				Definizione granulometrica:
Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	Sabbia con ghiaia con limo
25,99	45,87	25,64	2,50	

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. F. MARTONE

Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. G. VERRILLO

LABORATORIO PROVE IN SITO SOIL TEST S.R.L.

SOIL TEST s.r.l.
LABORATORIO TERRE – CONTROLLI STRUTTURALI
GEOGNOSTICA – PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Aut. N° 315 del 04/07/2018 – Circ. 7618/STC
Prove sulle terre e Prove esterne
Art. 59 DPR 380/01

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013

Verbale di accettazione n°: TR 429/21 **Certificato n°:** 2991-2021
del: *22.12.2021* **Data certificato:** *29.12.2021*
Richiedente: I.GEO. Sas
Committente: Consorzio di bonifica integrale del fiume Sarno
Cantiere: Ricostruzone di tratti di argini dell'Alveo Comune Nocerino nei pressi di Via Gramsci
Località: argine alveo attraversamento Via Gramsci - San Marzano sul Sarno (SA)
Data di prova: 22.12.2021

Dati identificativi del campione				
Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
Dpsh2	C1	4,00-4,50	indisturbato	21.12.2021

Tipo di prova	Consolidata drenata	
Velocità di prova	0,0105	mm/min

Caratteristiche del campione

	Sezione (cm^2)	Altezza iniziale (mm)	Peso Volume (KN/m^3)	Contenuto acqua iniziale (%)	Contenuto acqua finale (%)
Provino 1	36,00	23,00	18,27	18,81	24,40
Provino 2	36,00	23,00	18,13	20,08	24,01
Provino 3	36,00	23,00	18,21	18,57	21,75

Fase di consolidazione

	Tempo (ore)	Carico applicato (KPa)	Cedimento (mm)
Provino 1	24	50	0,38
Provino 2	24	100	0,94
Provino 3	24	150	1,38

ATTREZZATURA UTILIZZATA: MATEST S/N S277-01/AD/0005

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. F. MARTONE

Direttore Laboratorio
Dr Geol. G. VERRILLO

Sede Legale ed Operativa: Via Assunta n°47 fraz. Falciano - CASERTA
C.F./P.IVA e numero di iscrizione R.I. CE: 03794560619 R.E.A. CE 273059
Tel/Fax 0823.341739 – e-mail info@soiltestsrl.it – p.e.c. info@pec.soiltestsrl.it

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013

Verbale di accettazione n°: TR 429/21 **Certificato n°:** 2991-2021
del: *22.12.2021* **Data certificato:** *29.12.2021*
Richiedente: I.GEO. Sas
Committente: Consorzio di bonifica integrale del fiume Sarno
Cantiere: Ricostruzone di tratti di argini dell'Alveo Comune Nocerino nei pressi di Via Gramsci
Località: argine alveo attraversamento Via Gramsci - San Marzano sul Sarno (SA)
Data di prova: 22.12.2021

Dati identificativi del campione				
Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
Dpsh2	C1	4,00-4,50	indisturbato	21.12.2021

Dati relativi al provino 1

σ_v	50	KPa												
dt	Sh	Sv	F	τ	dt	Sh	Sv	F	τ	dt	Sh	Sv	F	τ
min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa
0	0,00	0,000	0,000	0,0										
20	0,21	0,019	0,014	4,0										
40	0,42	0,044	0,026	7,3										
60	0,63	0,060	0,038	10,6										
80	0,84	0,075	0,050	13,8										
100	1,05	0,090	0,057	15,9										
120	1,26	0,099	0,065	18,1										
140	1,47	0,108	0,071	19,7										
160	1,68	0,118	0,077	21,4										
180	1,89	0,126	0,083	23,0										
200	2,10	0,132	0,087	24,1										
220	2,31	0,137	0,091	25,2										
240	2,52	0,142	0,094	26,1										
260	2,73	0,145	0,096	26,6										
280	2,94	0,150	0,098	27,3										
300	3,15	0,152	0,099	27,4										
320	3,36	0,156	0,098	27,1										
340	3,57	0,160	0,096	26,6										
360	3,78	0,162	0,094	26,0										
380	3,99	0,166	0,091	25,3										
400	4,20	0,167	0,088	24,4										
420	4,41	0,170	0,085	23,5										
440	4,62	0,171	0,081	22,4										
460	4,83	0,172	0,077	21,3										

Pressione a rottura	**27,4**	**(KPa)**
Deformazione a rottura	**3,15**	**(mm)**

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. F. MARTONE

Direttore Laboratorio
Dr Geol. G. VERRILLO

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013

Verbale di accettazione n°: TR 429/21 **Certificato n°:** 2991-2021
del: *22.12.2021* **Data certificato:** *29.12.2021*
Richiedente: I.GEO. Sas
Committente: Consorzio di bonifica integrale del fiume Sarno

Cantiere: Ricostruzone di tratti di argini dell'Alveo Comune Nocerino nei pressi di Via Gramsci

Località: argine alveo attraversamento Via Gramsci - San Marzano sul Sarno (SA)
Data di prova: 22.12.2021

Dati identificativi del campione				
Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
Dpsh2	C1	4,00-4,50	indisturbato	21.12.2021

Dati relativi al provino 2

σ_v	100	KPa												
dt	Sh	Sv	F	τ	dt	Sh	Sv	F	τ	dt	Sh	Sv	F	τ
min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa
0	0,00	0,000	0,000	0,0										
20	0,21	0,034	0,023	6,5										
40	0,42	0,062	0,050	14,0										
60	0,63	0,081	0,071	19,8										
80	0,84	0,098	0,089	24,8										
100	1,05	0,116	0,104	29,0										
120	1,26	0,127	0,119	33,0										
140	1,47	0,137	0,130	36,0										
160	1,68	0,146	0,139	38,5										
180	1,89	0,155	0,147	40,9										
200	2,10	0,162	0,155	43,1										
220	2,31	0,169	0,161	44,7										
240	2,52	0,177	0,165	45,8										
260	2,73	0,183	0,169	47,0										
280	2,94	0,189	0,172	47,7										
300	3,15	0,194	0,174	48,2										
320	3,36	0,198	0,175	48,6										
340	3,57	0,203	0,173	48,0										
360	3,78	0,206	0,172	47,7										
380	3,99	0,209	0,170	47,1										
400	4,20	0,211	0,167	46,4										
420	4,41	0,214	0,164	45,5										
440	4,62	0,215	0,160	44,4										
460	4,83	0,218	0,156	43,4										

Pressione a rottura	**48,6**	**(KPa)**
Deformazione a rottura	**3,36**	**(mm)**

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. F. MARTONE

Direttore Laboratorio
Dr Geol. G. VERRILLO

SOIL TEST s.r.l.
LABORATORIO TERRE – CONTROLLI STRUTTURALI
GEOGNOSTICA – PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Aut. N° 315 del 04/07/2018 – Circ. 7618/STC
Prove sulle terre e Prove esterne
Art. 59 DPR 380/01

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013

Verbale di accettazione n°: TR 429/21 **Certificato n°:** 2991-2021
del: *22.12.2021* **Data certificato:** *29.12.2021*
Richiedente: I.GEO. Sas
Committente: Consorzio di bonifica integrale del fiume Sarno
Cantiere: Ricostruzone di tratti di argini dell'Alveo Comune Nocerino nei pressi di Via Gramsci
Località: argine alveo attraversamento Via Gramsci - San Marzano sul Sarno (SA)
Data di prova: 22.12.2021

Dati identificativi del campione				
Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
Dpsh2	C1	4,00-4,50	indisturbato	21.12.2021

Dati relativi al provino 3

σ_v	150	KPa												
dt	Sh	Sv	F	τ	dt	Sh	Sv	F	τ	dt	Sh	Sv	F	τ
min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa
0	0,00	0,000	0,000	0,0										
20	0,21	0,063	0,042	11,6										
40	0,42	0,090	0,082	22,7										
60	0,63	0,109	0,110	30,6										
80	0,84	0,131	0,140	38,8										
100	1,05	0,150	0,164	45,5										
120	1,26	0,162	0,188	52,3										
140	1,47	0,175	0,206	57,3										
160	1,68	0,185	0,220	61,0										
180	1,89	0,197	0,231	64,3										
200	2,10	0,207	0,243	67,5										
220	2,31	0,215	0,249	69,2										
240	2,52	0,221	0,255	70,8										
260	2,73	0,226	0,258	71,8										
280	2,94	0,230	0,262	72,8										
300	3,15	0,236	0,265	73,5										
320	3,36	0,239	0,266	74,0										
340	3,57	0,244	0,268	74,5										
360	3,78	0,246	0,270	74,9										
380	3,99	0,248	0,266	74,0										
400	4,20	0,250	0,264	73,3										
420	4,41	0,248	0,258	71,6										
440	4,62	0,249	0,251	69,6										
460	4,83	0,248	0,244	67,8										

Pressione a rottura	**74,9**	**(KPa)**
Deformazione a rottura	**3,78**	**(mm)**

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. F. MARTONE

Direttore Laboratorio
Dr Geol. G. VERRILLO

LABORATORIO TERRE PROVE IN SITO SOIL TEST S.R.L.

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013

Verbale di accettazione n°: **TR 429/21** **Certificato n°:** **2991-2021**

del: *22.12.2021* **Data certificato:** *29.12.2021*

Richiedente: I.GEO. Sas

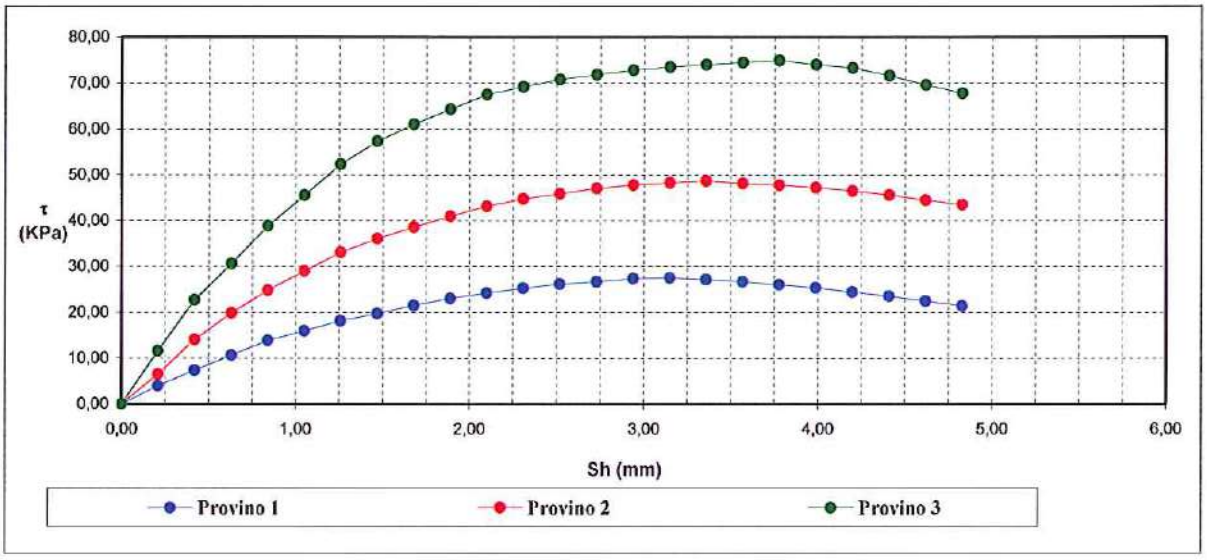
Committente: Consorzio di bonifica integrale del fiume Sarno

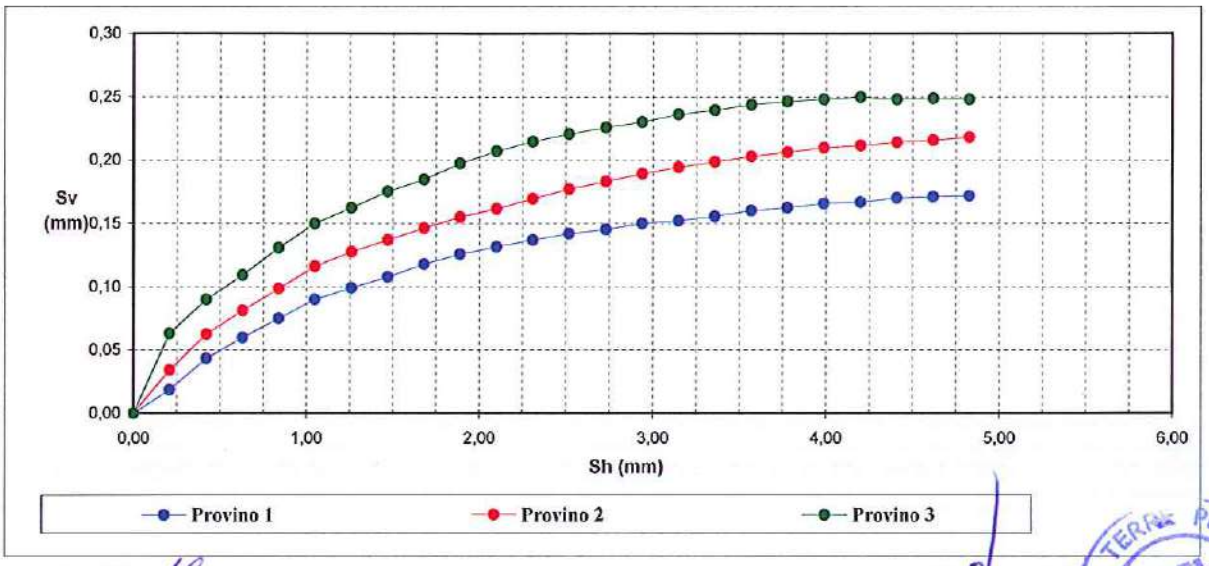
Cantiere: Ricostruzone di tratti di argini dell'Alveo Comune Nocerino nei pressi di Via Gramsci

Località: argine alveo attraversamento Via Gramsci - San Marzano sul Sarno (SA)

Data di prova: 22.12.2021

Dati identificativi del campione				
Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
Dpsh2	C1	4,00-4,50	indisturbato	21.12.2021





Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. F. MARTONE

Direttore Laboratorio
Dr Geol. G. VERRILLO

SOIL TEST s.r.l.
LABORATORIO TERRE – CONTROLLI STRUTTURALI
GEOGNOSTICA – PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Aut. N° 315 del 04/07/2018 – Circ. 7618/STC
Prove sulle terre e Prove esterne
Art. 59 DPR 380/01

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

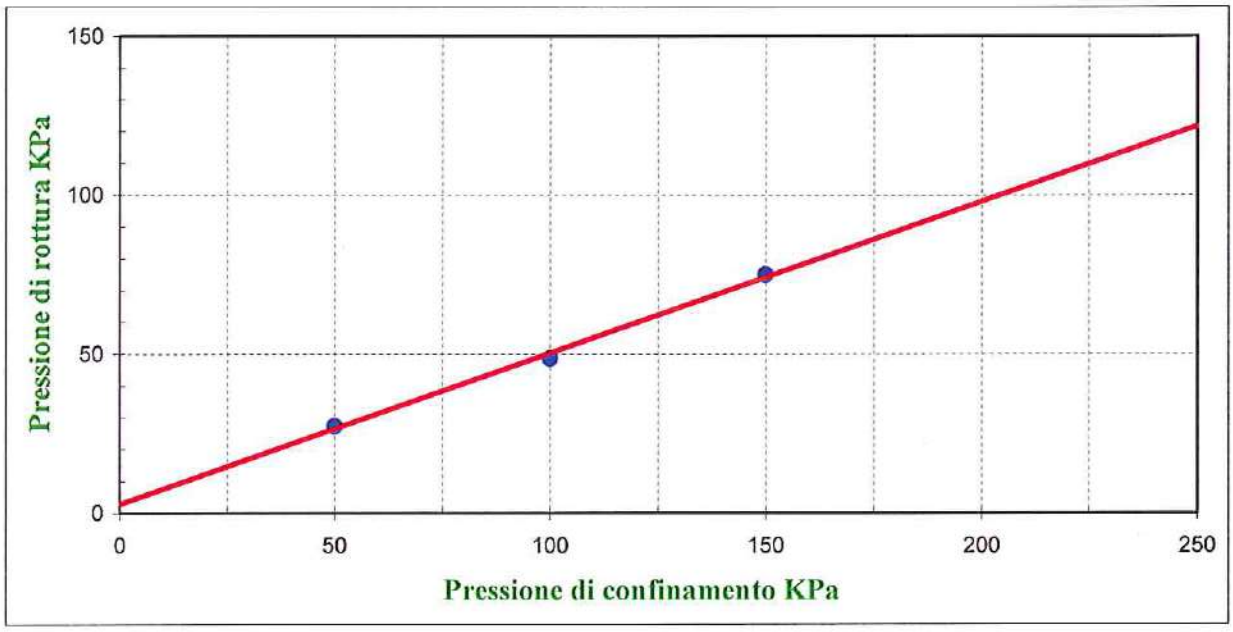
Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013

Verbale di accettazione n°: TR 429/21 **Certificato n°:** 2991-2021
del: *22.12.2021* **Data certificato:** *29.12.2021*
Richiedente: I.GEO. Sas
Committente: Consorzio di bonifica integrale del fiume Sarno
Cantiere: Ricostruzone di tratti di argini dell'Alveo Comune Nocerino nei pressi di Via Gramsci
Località: argine alveo attraversamento Via Gramsci - San Marzano sul Sarno (SA)
Data di prova: 22.12.2021

Dati identificativi del campione				
Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
Dpsh2	C1	4,00-4,50	indisturbato	21.12.2021

Parametri meccanici a rottura			
	Press. di consolidazione (KPa)	Press. di rottura (KPa)	Def. a rottura (mm)
Provino 1	50,00	27,40	3,15
Provino 2	100,00	48,60	3,36
Provino 3	150,00	74,90	3,78



Risultati sperimentali		
Angolo di attrito	25,41	Gradi
Coesione	2,80	KPa

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. V. MARTONE

Direttore Laboratorio
Dr Geol. G. VERRILLO

Sede Legale ed Operativa: Via Assunta n°47 fraz. Falciano - CASERTA
C.F./P.IVA e numero di iscrizione R.I. CE: 03794560619 R.E.A. CE 273059
Tel/Fax 0823.341739 – e-mail info@soiltestsrl.it – p.e.c. info@pec.soiltestsrl.it

AGE-X AMBIENTE GEOFISICO
Indagini,Consulenze,Servizi sul Territorio
geologo Sabato Lamberti

COMUNE DI
SAN MARZANO SUL SARNO
PROVINCIA DI SALERNO

Relazione Geofisica Specialistica

conforme al D.P.R. 328/01 art.41, al D.M. 17.01.2018 § 3.2. §6.2.2 e §7.11.
Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 esplicativa delle applicazioni del D.M.17/01/18 .

OGGETTO: **prospezione sismica multicanale di superficie a metodologia M.A.S.W. (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) finalizzata alla determinazione del profilo verticale di propagazione della velocità delle onde di taglio Vs_{eq}**

LOCALITA' : ATTRAVERSAMENTO VIA GRAMSCI-ALVEO COMUNE

CANTIERE : ARGINE SINISTRO ALVEO COMUNE NOCERINO

RICHIEDENTE : DOTT. GEOLOGO ALFONSO PAPPALARDO

DATA DI INIZIO: 22 DICEMBRE 2021

RELATORE : GEOLOGO SABATO LAMBERTI

ORDINE DEI GEOLOGI - della Regione Campania
geologo Dr. Sabato Lamberti Albo N° 2487

Geologo Sabato Lamberti
Via E. Siciliano 33 – 84014 Nocera Inferiore (SA)
cell. 347 14 06 141 sabalamb@libero.it

Indice

1. Premessa pag.1

2. Strumentazione pag.2

3. Prospezione sismica di superficie con onde Rayleigh pag.3

3.1 Metodo MASW attivo pag.3
3.2 Metodo HVSR a stazione singola pag.5
3.3 Acquisizioni di campagna pag.6

4. Elaborazione dati pag.8
4.1 Analisi shots e sovrapposizione sismogrammi pag.8
4.2 Analisi dati acquisizione onde superficiali pag.10

5. Modello sismico locale pag.17

Appendice pag.22

Fonti bibliografiche pag.26

ALLEGATI
Pianta ubicazioni indagini
Documentazione fotografica
Sismogrammi
Schede elaborazione prove H/V

Geologo Sabato Lamberti
Via E. Siciliano 33 – Nocera Inferiore (SA)
Cell. 347 14 06 141
sabalamb@libero.it

1 PREMESSA

Su incarico e per conto del dott. Geologo Alfonso Pappalardo è stato eseguito uno studio geofisico lungo una stradina privata, adiacente l'argine sinistro dell'alveo comune dei torrenti Solofrana-Cavaiola, nei pressi dell'attraversamento di via A.Gramsci n.64 nel Comune di San Marzano sul Sarno (SA).

Scopo del presente lavoro è quello di determinare un profilo di propagazione delle velocità delle onde di taglio Vs, in funzione della profondità, con l'esecuzione di una prospezione di sismica di superficie multicanale per acquisizione di onde superficiali con dati successivamente elaborati con metodologia M.A.S.W. (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) e una misura di rumore sismico di controllo elaborata con metodologia HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*).

Le misure condotte, elaborate con metodologia a integrazione di dati e/o a fit vincolato, permettono la ricostruzione del modello geofisico del sito risalendo a una stima del valore del parametro Vs_{eq} e quindi alla categoria di sottosuolo, per un eventuale approccio semplificato alla caratterizzazione sismica, laddove se ne riconoscano i presupposti, come previsto dall'attuale normativa (NTC 2018 – DM 17.01.2018, CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP e successive modifiche) e alla valutazione della frequenza di risonanza caratteristica del sito, in base alla stratigrafia presente, secondo le direttive del progetto europeo SESAME 2005 (***S**ite **E**ffect**S** **A**ssessment using a**M**bient **E**xcitations*).

Nella presente relazione geofisica sono riportati i risultati ottenuti, corredati di grafici e tabelle, previa descrizione della strumentazione utilizzata, la metodologia adottata nelle acquisizioni, analisi ed elaborazioni.

La presenta relazione geofisica (relazione specialistica) è stata redatta in conformità con quanto previsto dal D.P.R. 328/01 art.41, dal D.M. 17.01.2018 § 3.2. §6.2.2 e §7.11. in osservanza di quanto specificato nella circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP

2 STRUMENTAZIONE

La strumentazione utilizzata nell'acquisizione dei tempi di percorso delle onde Rayleigh della linea MASW consta di una antenna sismica digitale a 24 canali SoilSpy della Micromed srl le cui caratteristiche sono :

- Campionamento 89 kHz per canale in modo continuo
- Frequenza di campionamento : 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192, 16384, 32768 Hz
- Lunghezza record – senza limiti per fs < 2048 Hz
- Stacking selezionabile per qualsiasi frequenza di campionamento
- Range dinamico 142 dB
- Qualsiasi canale selezionabile come trigger
- Pre trigger di lunghezza selezionabile fino ad 1s
- Acquisizione in stacking-phase inversion- averaging attraverso software dedicato

All'antenna sismica è collegato un notebook mod. Asus A4000 sul quale è installato il software proprietario per acquisizione dati e gestione delle tracce e per l'analisi preliminare dei dati in campagna. L'array sismico è realizzato con geofoni verticali da superficie a bassa frequenza tipo Geospace GS 11D da 4.5 Hz con base arpionante per acquisizione su suoli duri. La sorgente energizzante è costituita da una mazzacoppia da 8kg battente su una piastra di alufer di 400cm^2 di superficie e 3cm di spessore di forma quadrata.

foto 1 – sismografo acquisitore

foto 2 – geofono Geospace 11D 4.5 Hz infisso con base arpionante

Per le misure a stazione singola HVSR è stato utilizzato un tromografo portatile compatto (Tromino Engy Plus) della Micromed srl che alloggia in un unico contenitore rigido metallico tre sensori sismometrici, un digitalizzatore a 24 bit ed il sistema di archiviazione su flash memory. Le principali caratteristiche sono :

- Conformità agli standard EN 55011, IEC 61000-4-2, IEC 61000-4-4, IEC 61000-4-3.
- Numero di canali : 7 + 1 canale analogico
- Frequenza di campionamento : 16384 Hz per canale
- Frequenza di sovracampionamento: 32x, 64x, 128x
- Risoluzione A/D : 24 bit
- Orologio interno sincronizzato
- GPS : 12 canali con marcatempo (precisione di 1 μs)
- Livellamento: a bolla, alta precisione orizzontale, sensibilità 5' arco (0.083°)
- Registrazione dati: memoria interna 2 Gb
- Connessioni : portaUSB
- Sensori : 3 velocimetri elettrodinamici ortogonali

foto 3 – Tromografo Tromino Engy plus

3. PROSPEZIONE SISIMICA DI SUPERFICIE CON ONDE DI RAYLEIGH

3.1 Metodo M.A.S.W. (*Multichannel Analysis of Surface Waves*)

La metodologia MASW è una tecnica di elaborazione che sfrutta il fenomeno della dispersione delle onde superficiali (*per ulteriori dettagli si veda l'appendice A allegata*) per la ricostruzione della distribuzione delle velocità Vs con la profondità; l'acquisizione delle onde è di tipo attivo in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del suolo e misurate da uno stendimento lineare di sensori equidistanziati. Tale metodologia generalmente consente di ottenere una serie di velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentali apparenti nel range di frequenze compreso tra 3-10Hz e 70-100Hz, quindi fornisce informazioni sulla parte più superficiale del suolo, generalmente compresa nei primi 30m-50m, in funzione della rigidezza del suolo e delle caratteristiche della sorgente.

Teoricamente la profondità investigabile dipende dalla lunghezza d'onda massima misurabile con lo stendimento di sensori disponibile; una stima cautelativa indica in circa 1/3-1/2 della massima lunghezza d'onda[1] la profondità raggiungibile per cui l'ordine di grandezza di quest'ultima è correlabile grossomodo alle dimensioni dello stendimento. I fondamenti teorici del metodo MASW (*cfr.bibliografia*) fanno riferimento a un semispazio stratificato con strati paralleli, orizzontali e privi di eteropie laterali; quindi una limitazione alla sua applicabilità potrebbe essere rappresentata dalla presenza di pendenze degli strati superiori a 15°-20°, a variazioni significative della quota topografica di ciascun sensore e dalle diverse discontinuità elastiche.

La metodologia utilizzata si esplica nelle seguenti fasi:

a) acquisizione dei segnali generati da una sorgente impulsiva superficiale ai due estremi dello stendimento di sensori.
b) calcolo della curva di dispersione sperimentale con software dedicato
c) calcolo della curva di dispersione numerica per iterazioni successive con software dedicato

[1] nel caso presente la massima lunghezza d'onda è 94m con profondità massima teorica nel range 31.5m÷47.2m

a) individuazione del profilo di velocità delle onde Vs, modificando opportunamente lo spessore h, le velocità delle onde di taglio, la densità di massa ed il coefficiente di Poisson degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (*forward modelling*).

3.2 Metodo HVSR a stazione singola

La tecnica utilizzata si basa sui rapporti spettrali H/V ed è stata originariamente proposta da Nakamura (1989) per lo studio delle amplificazioni di sito (*per ulteriori dettagli si veda l'appendice B allegata*); consiste principalmente nel calcolo del rapporto degli spettri di Fourier del rumore nel piano orizzontale H (generalmente lo spettro H viene calcolato come media euclidea degli spettri di Fourier delle componenti orizzontali NS ed EW) e della componente verticale Z.

Nella sua formulazione originaria, tale metodologia assume che i microtremori consistano principalmente di onde di Rayleigh che si propagano in un singolo strato soffice su semispazio e che la presenza di questo strato sia la causa dell'amplificazione al sito. Tale tecnica permette di separare i termini di sorgente-percorso e di sito tramite i rapporti tra le componenti del moto, senza utilizzare alcun sito di riferimento. Il metodo è applicabile alle misure di rumore registrate in una singola stazione posta su sedimenti.

La metodologia utilizzata si esplica nelle seguenti fasi :

a) campionatura del rumore sismico non inferiore a 20' affinché sia meglio mediato a livello statistico;
b) le curve H/V sono calcolate mediando le curve H/V che si ottengono dividendo il segnale acquisito in finestre non sovrapposte di campionamento selezionabili da 20s a 35s.
c) ciascuna finestra è addizionata di valori 0 nello spettro originale se sottocampionata (padding); il segnale viene corretto per la linea di base (sottraendo a ciascun punto la media effettuata sull'intera traccia); corretti (detrended) da andamenti (trend) anomali (sottraendo la retta della regressione lineare effettuata su tutti i punti della traccia);

d) di ciascuna traccia si effettua la trasformata di Fourier e quindi viene lisciata con finestra triangolare di larghezza pari al 10% della frequenza centrale (tapering);
e) ciascun segnale è filtrato con un filtro passabanda tra 0.1 e 64 Hz dato che la frequenza di campionamento è pari a 128 Hz
f) la media Euclidea viene utilizzata per ottenere dalle singole tracce orizzontali NS e EW la traccia orizzontale H.

per ciascuna curva H/V viene graficato l'intervallo di confidenza $\pm\sigma\ \Delta(H/V)$.

3.3 Acquisizione Di Campagna

Al fine di determinare le caratteristiche di propagazione delle velocità delle onde di taglio attribuibili ai litotipi presenti nel sottosuolo, per la ricostruzione del modello geofisico del sito, è stata eseguita un'indagine sismica di superficie secondo un allineamento orientato da N verso S, indicato con masw1 (linea rossa), alle coordinate medie *latitudine Nord 40°46'14.25" longitudine Est 14°35'24.96"(punto indaco)*. E' stata anche realizzata una misura HVSR di confronto indicata dal cerchio blu (HV) Come sorgente energizzante è stata utilizzata una massa battente su una piastra di alluminio che ha generato segnali di sufficiente qualità. Per l'energizzazione è stata usata una configurazione a 1 punto di scoppio (shot) in acquisizione W-E (6m off-set minimo) e 1shot in acquisizione E-W (off-set 6m minimo) con uno stacking di 5 energizzazioni per shot.

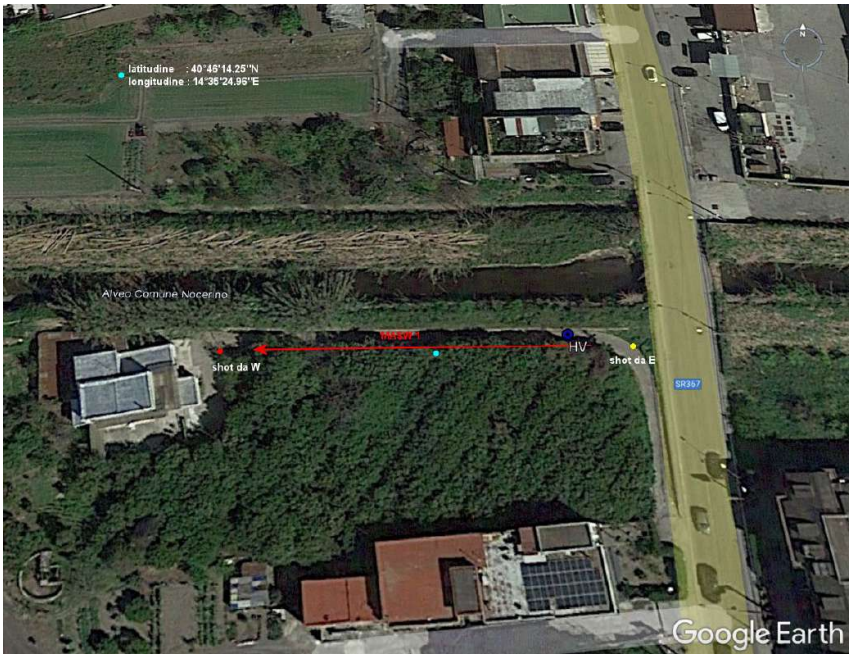


foto 4 – ubicazione linea masw 1 e stazione HVSR

Le energizzazione coniugate sono utilizzate per verificare l'assunto base della tecnica MASW di monodimensionalità cioè di sedimenti stratificati orizzontalmente e senza discontinuità o eteropie di sedimentazione. Le caratteristiche dell'allineamento sono le seguenti:

linea n°	orientamento	Lunghezza (m)	Geofoni n°	Interdistanza geofonica (m)	Shots diretti off-set da geofono 1 (m)	Shots inversi off-set da geofono 18 (m)	Tempo acquisizione (s)	Frequenza (Hz)	Pre trigger (s)
1	E-W	51	18	3	6	6	3	512	0.0625

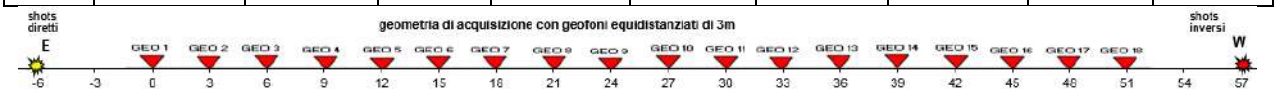


foto 5: posizionamento geofoni linea masw 1 E-W

foto 6: posizionamento stazione HV1

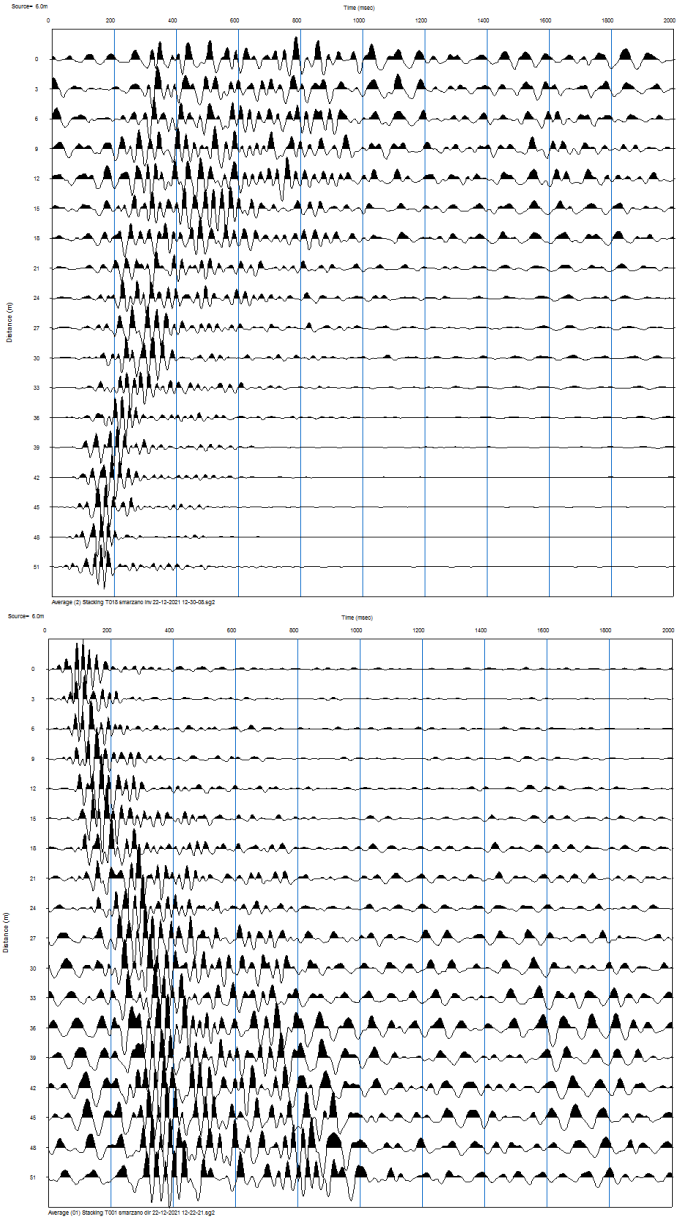
Le caratteristiche della stazione HVSR sono le seguenti (coordinate geografiche in WGS84) localizzazione GPS:

Sito N°	Nome stazione	Latitudine N	Longitudine E	Durata acquisizione	Frequenza di Campionamento (Hz)	pre trigger (s)
A	HV1	40°46.2346	14°35.4368	48' 00"	128	15

4. ELABORAZIONI DATI

4.1 Analisi shots e sovrapposizione sismogrammi

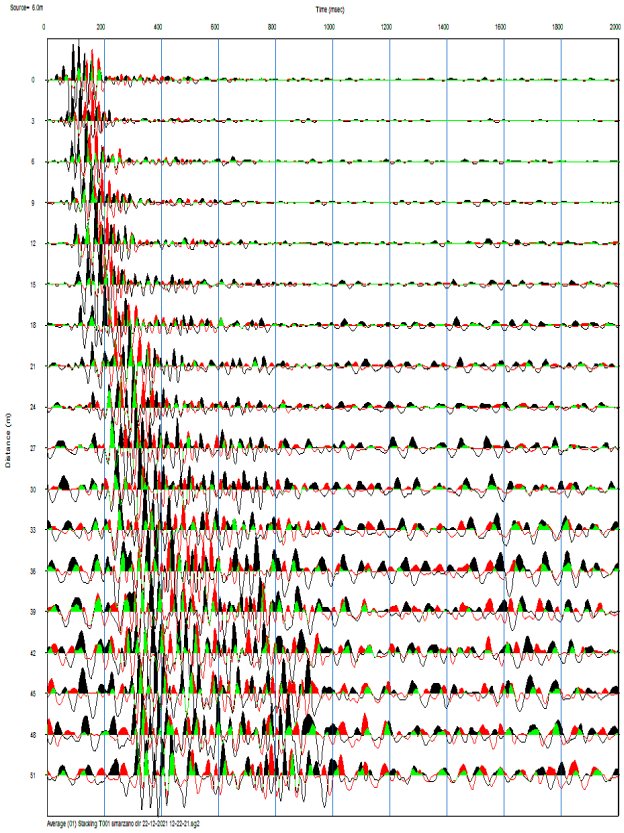
Una prima valutazione sulla stratigrafia 1D del sottosuolo è stata fatta confrontando i sismogrammi acquisiti per ciascun shot, mediante sovrapposizione degli stessi, per determinare anche il grado di attendibilità nella ripetizione delle battute sulla piastra e osservare, qualitativamente, la variazione di energia elastica indotta nel suolo; le ampiezze delle onde superficiali possono essere individuate tra 0,2s e 0,6s.



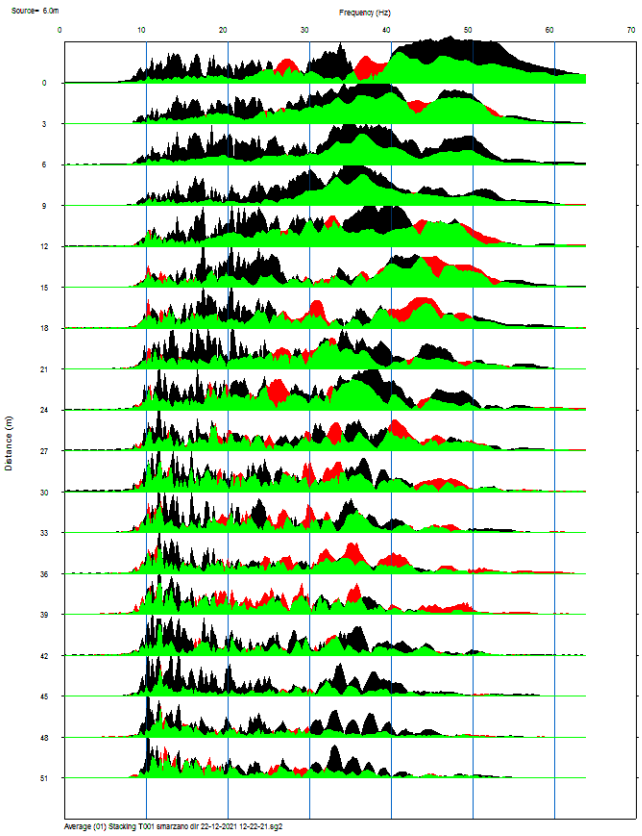
Sovrapposizione dei sismogrammi relativi agli shot W (inferiore) e W-E (superiore) con off-set 6m. Le tracce sono normalizzate e la lunghezza record è troncata a 2s.

Geologo Sabato Lamberti - Via E. Siciliano 33 – 84014 Nocera Inferiore (SA)
tel/fax 081 924699 – cell. 347 1406141 - e-mail sabalamb@libero.it

Sovrapponendo i sismogrammi relativi agli stessi off-set in entrambe le direzioni è possibile verificare se la propagazione dell'energia elastica avviene con le stesse modalità oppure, a causa della presenza di discontinuità stratigrafiche, subisce delle variazioni imputabili, principalmente, ad assorbimenti (attenuazioni). Si nota in particolare che le forme d'onda registrate, sostanziante simili, non si sovrappongono bene indicando una scarsa ripetibilità dell'energizzazione. Per il contenuto in frequenza si nota una distribuzione abbastanza uniforme con una media sovrapposizione di valori. Il campo spettrale ottimale e meglio sovrapposto (dovuto principalmente al tipo di sorgente) appare compreso tra 10 e 25Hz.



Sovrapposizione dei sismogrammi relativi agli shots W-E e E-W con off-set a 6m. In nero sono rappresentati i sismogrammi relativi agli shots E-W, in rosso quelli relativi agli shots W-E e in verde sono rappresentate le ampiezze sovrapposte. Le tracce sono normalizzate e la lunghezza record è troncata a 2s.



Sovrapposizione degli spettri di potenza relativi agli shots W-E e E-W con off-set a 6m. In nero sono rappresentati gli spettri di potenza relativi agli shots E-W, in rosso quelli relativi agli shots W-E e in verde sono rappresentate le ampiezze sovrapposte. Le tracce sono normalizzate e la lunghezza record è troncata a 70Hz.

Geologo Sabato Lamberti - Via E. Siciliano 33 – 84014 Nocera Inferiore (SA)
tel/fax 081 924699 – cell. 347 1406141 - e-mail sabalamb@libero.it

4.2 Analisi dati acquisizione onde superficiali

Durante la fase di acquisizione si sono eseguite 5 energizzazioni per i due off-set scelti per valutare la stabilità della curva di dispersione sperimentale apparente, necessaria per verificare l'assenza di eccessive variazioni laterali, che è fondamentale prima di eseguire la fase di inversione 1D per la ricostruzione dell'andamento delle velocità Vs. Per ciascun off-set si sono calcolati, con apposito programma (*Grilla* ®), gli spettri di velocità in funzione della frequenza e la distribuzione delle curve di dispersione teoriche con indicati i punti di massima ampiezza (dots bianchi) che vengono di seguito mostrate:

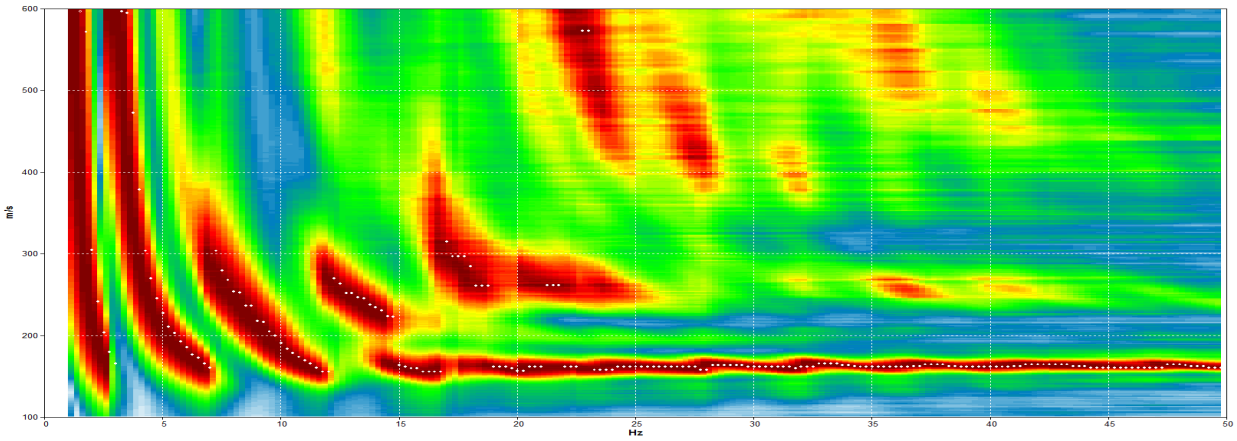


Fig.1 linea 1 shot off-set 6m E-W

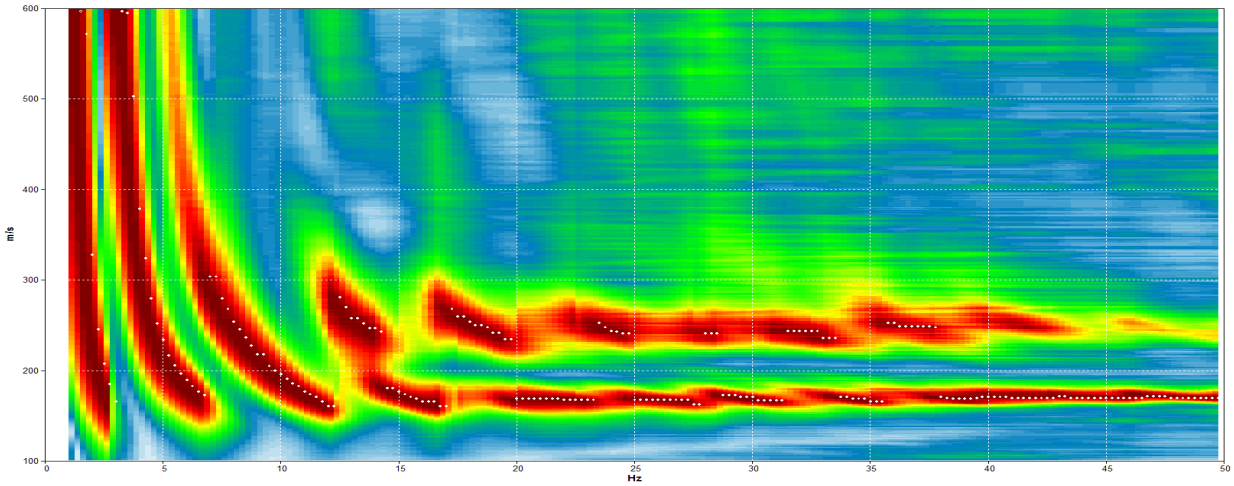


Fig.2 linea 1 shot off-set 6m W-E

L'andamento delle curve di dispersione con l'attendibilità del modello a strati piani paralleli sembra essere mediamente verificata come già illustrato dalla sovrapposizione dei sismogrammi. Sovrapponendo le curve di dispersione relative a ciascun off-set si nota che esiste un ricoprimento delle stesse e vi sono diverse discontinuità nella distribuzione dell'energia e splitting verso modi superiori nel tratto tra 7 e 25Hz (*M. Cercato 2011*) a causa della presenza di strati a diversa consistenza con inversioni di velocità. La curva modale media effettiva è stata ottenuta dalla media dei valori delle due curve sperimentali. Essa è stata utilizzata per modellazione diretta del sottosuolo per la determinazione del profilo di velocità.

Modellazione curve di dispersione delle velocità di fase delle onde Rayleigh

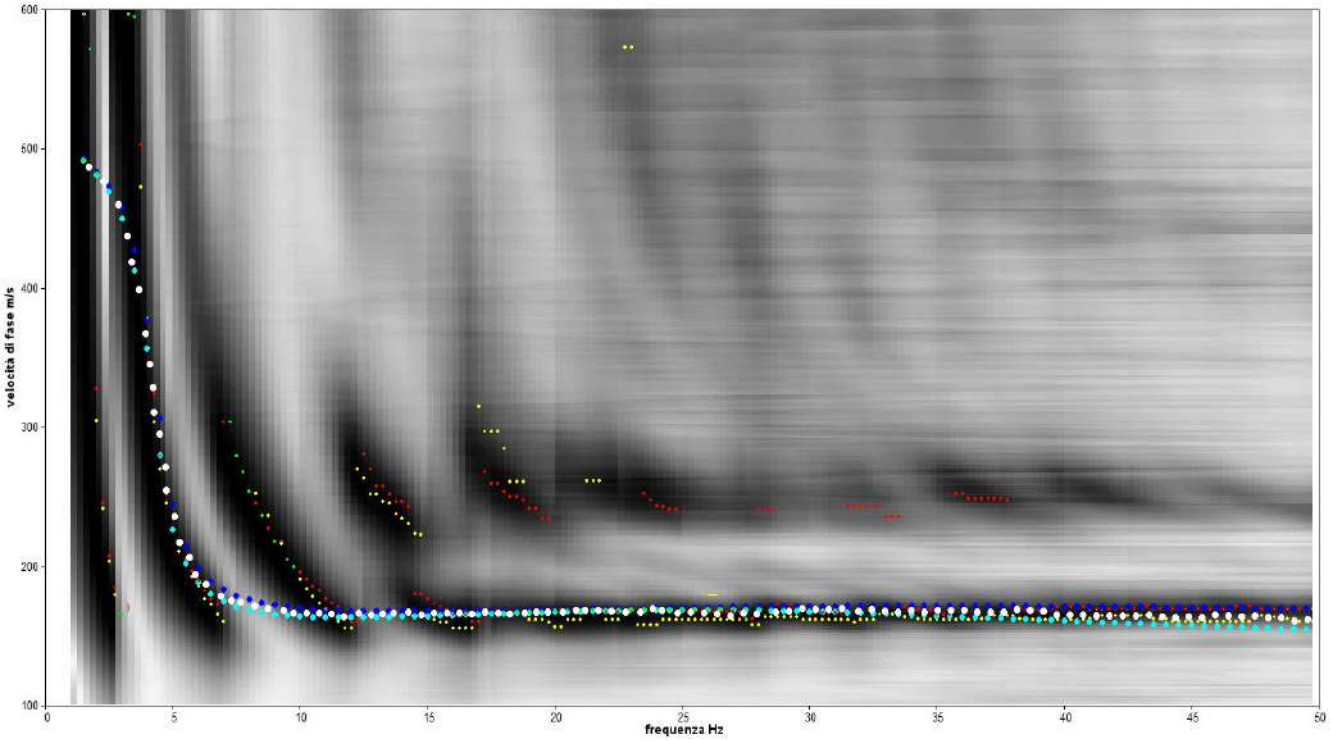


Fig.3 Modellazione delle curve di dispersione delle velocità di fase delle onde Rayleigh . Sovrapposizione delle curve di dispersione teoriche relative ai 2off-sets elaborati. I dots gialli indicano la dispersione dello shot 6m E-W (modello curva dots ciano), quelli rossi la dispersione dello shot 6 m W-E (modello curva dots blu) e infine i verdi indicano sovrapposizione. I dots bianchi indicano la curva modale del modello di dispersione medio.

Ogni curva di dispersione relativa a ciascun off-set è stata invertita per ottenere un profilo di velocità, attribuendo al sottosuolo lo stesso modello di sedimentazione dove, variando opportunamente le velocità Vs, il coefficiente di Poisson ed il peso specifico, sulla scorta di informazioni riguardanti la stratigrafia fornite dal committente, è stato possibile determinare una curva numerica media che rappresenta la convergenza della serie di modellazioni del sottosuolo (*forward modelling*).

Il grafico sottostante mostra la disposizione delle singole curve numeriche modellate sulle curve teoriche di dispersione.

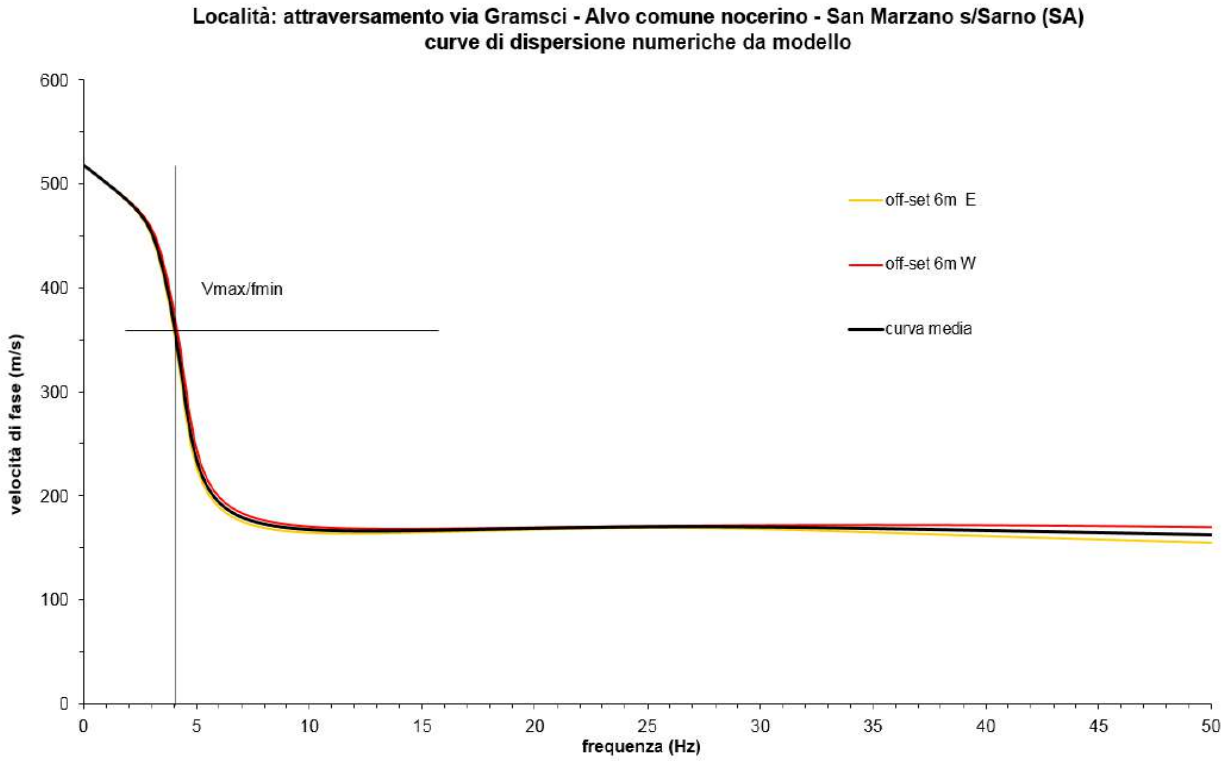


Fig.4 curve numeriche ottenute da due modelli di stratificazione relativamente agli shots eseguiti con off-set 6m in direzione N e S

Ai fini del calcolo per la valutazione del parametro Vs_{-eq}, si ritiene che la massima profondità teorica raggiunta sia circa -22.0m in quanto si stima che la massima velocità ottenuta per inversione della curva di dispersione numerica mediata sia di 360 m/s per una frequenza minima (teorica) di 4.05 Hz. La massima profondità teorica è stata determinata attraverso la relazione (*Krebes 1989*):

$$h = \frac{Vs\left(n + \frac{1}{2}\right)}{2f}$$

indicando con ***h*** lo spessore investigato, ***f*** la frequenza dell'ennesimo modo ***n***[2] e **Vs** la velocità delle onde di taglio determinata dalla curva di inversione.

Tutti i modelli numerici e quindi il modello medio da determinare per modellazione diretta (forward modelling) sono stati vincolati, come detto, ai dati acquisiti dai sondaggi geognostici eseguiti dal committente.

Di seguito si riporta la certificazione della modellazione relativa alla curva di dispersione dello shot ad off-set di 6m W-E che presenta maggiore coerenza relativamente alla curva media.

[2] ponendo n=0 si ottiene il modo fondamentale di vibrazione

SAN MARZANO INV
Start recording: 22/12/21 12:30:08 End recording: 22/12/21 12:35:01
Trace length: 0h00'03".
Sampling rate: 512 Hz
Channel labels: TR01 +TR01 ; TR02 +TR02 ; TR03 +TR03 ; TR04 +TR04 ; TR05 +TR05 ; TR06 +TR06 ; TR07 +TR07 ; TR08 +TR08 ; TR09 +TR09 ; TR10 +TR10 ; TR11 +TR11 ; TR12 +TR12 ; TR13 +TR13 ; TR14 +TR14 ; TR15 +TR15 ; TR16 +TR16 ; TR17 +TR17 ; TR18 +TR18
Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 33.0 36.0 39.0 42.0 45.0 48.0 51.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE

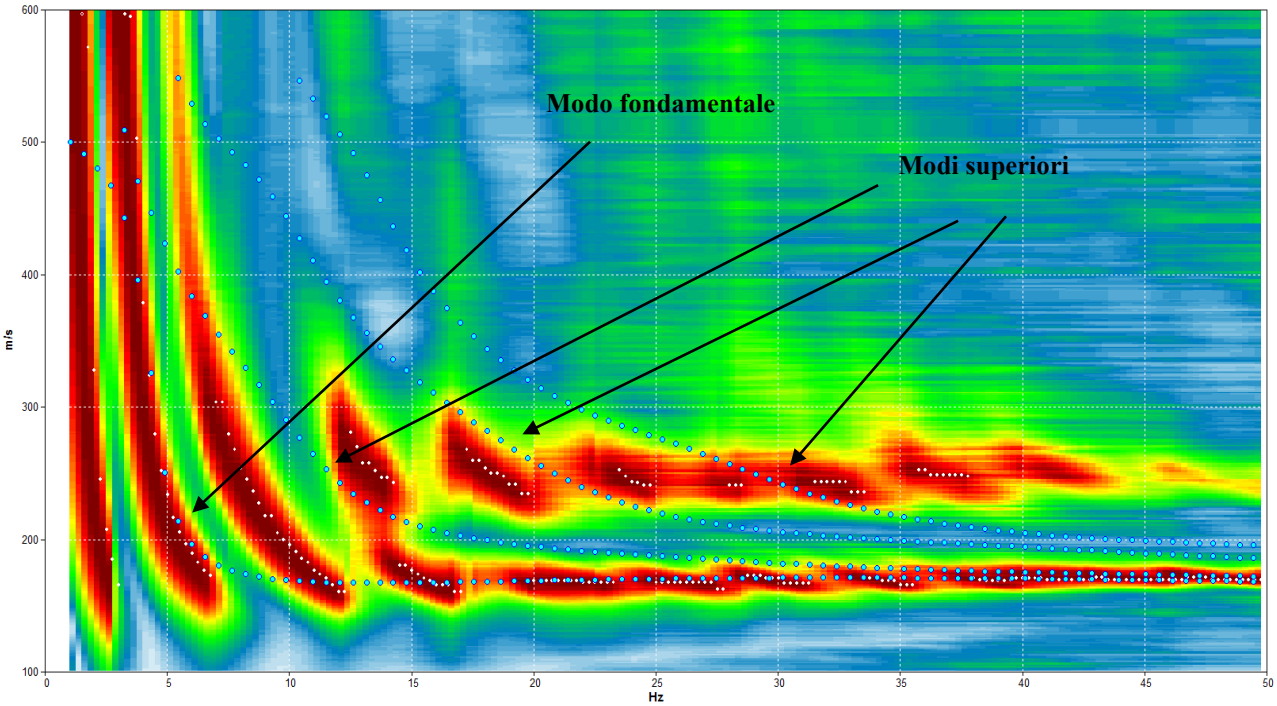
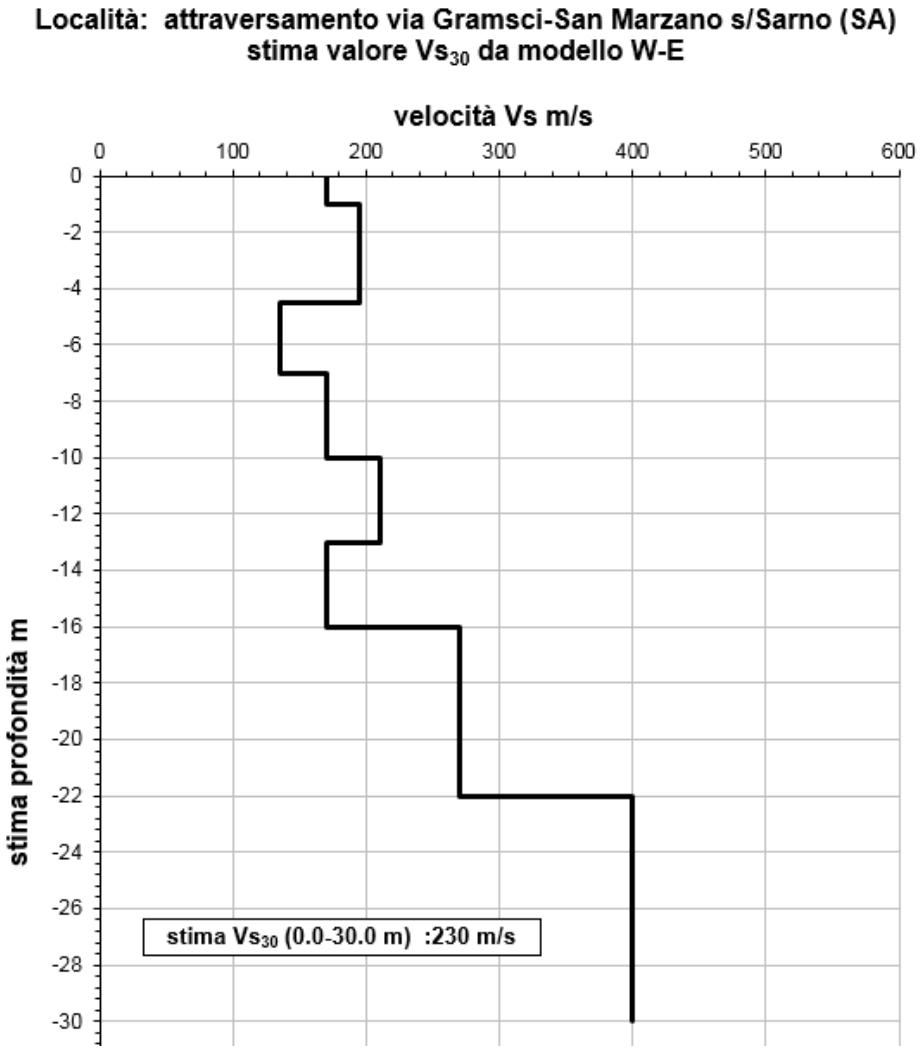


Fig.5 sovrapposizione del modello numerico (dots azzurri) sulle curve di dispersione sperimentali (dots bianchi) relativamente allo shot 6m W-E

Il modello stratigrafico corrispondente alla curva numerica suddetta ottenuto per modellazione diretta (forward modelling) è di seguito illustrato :

Profondità dal p.c. (m)	Spessore (m)	**Vs (m/s)**	**v**	**γ (t/m³)**	**litotipo**
1.00	1.00	160	0.45	1.36	Terreno vegetale
4.50	3.50	190	0.45	1.5	Sabbie limose e sabbie con limi
7.00	2.50	155	0.45	1.6	Sabbie e limi pomicei
10.00	3.00	175	0.45	1.65	Limi- limi sabbiosi
13.00	3.00	210	0.44	1.45	Sabbie e ghiaie
16.00	3.00	170	0.45	1.6	Sabbie piroclastiche
22.00	6.00	290	0.43	1.6	Sabbia tufacea
30.00	8.00	400	0.42	1.9	Tufo grigio ignimbritico

La stima dell'andamento della velocità Vs in funzione della profondità, con l'indicazione del valore di $Vs_{\_eq}$, è riportata nel grafico sottostante.

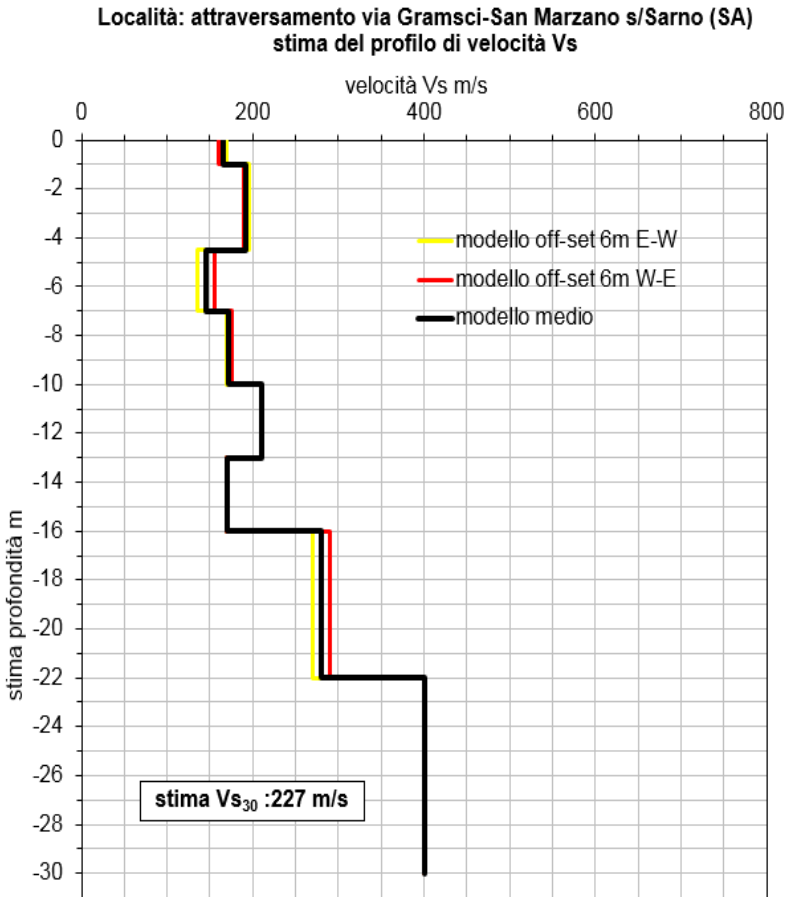


Geologo Sabato Lamberti - Via E. Siciliano 33 – 84014 Nocera Inferiore (SA)
tel/fax 081 924699 – cell. 347 1406141 - e-mail sabalamb@libero.it

Il modello medio stratigrafico ottenuto per inversione della curva modale mediata risulta essere il seguente :

Profondità dal p.c. (m)	Spessore (m)	**Vs (m/s)**	**ν**	**γ (t/m³)**	**litotipo**
-1.0	1	165	0.45	1.36	Terreno vegetale
-4.5	3.5	193	0.45	1.5	Sabbie limose e sabbie con limi
-7.0	2.5	145	0.45	1.6	Sabbie e limi pomicei
-10.0	3	173	0.45	1.65	Limi- limi sabbiosi
-13.0	3	210	0.44	1.45	Sabbie e ghiaie
-16.0	3	170	0.45	1.6	Sabbie piroclastiche
-22.0	6	280	0.43	1.6	Sabbia tufacea
-30.0	8	400	0.42	1.9	Tufo grigio ignimbritico

La massima profondità raggiunta per il calcolo del parametro $Vs_{\_eq}$, come precedentemente detto, è valutabile su -22m in quanto si ritiene che la massima velocità ottenuta per inversione della curva di dispersione media calcolata sia di 360 m/s per una frequenza minima teorica di 4.05 Hz. **Il valore di $Vs_{\_eq}$ è pari a 227 m/s** desunto come media ponderale tra i valori calcolati per i due modelli. Il calcolo del parametro è esteso fino a 30m di profondità in quanto è ragionevole supporre che l'ultimo litotipo individuato sia esistente fino a oltre 30m di profondità dall'attuale p.c.



5. MODELLO SISMICO LOCALE

I valori di velocità Vs_{30} sono stati calcolati utilizzando la formula (3.2.1) tratta deal paragrafo (3.2.2) delle Nuove Norme Tecniche D.M. 17 gennaio 2018:

$$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=,N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

hi = spessore dell'i-esimo strato;

V_S,i = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N = numero di strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da **Vs** non inferiore a 800 m/s.

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

La velocità Vs equivalente mediata lungo una verticale di 30m dall'attuale piano campagna è stata stimata **227 m/s**.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi quali il calcolo del valore massimo dell'accelerazione al suolo pga, quello della velocità pgv, quello dello spostamento pgd ecc. attraverso l'uso di accelerogrammi reali opportunamente scalati, in relazione alla zona sismica di appartenenza, sia in scenari near field e far field utilizzando simulazioni in modelli di calcolo 1D e 2D (Shake, Quad4, EERA, NERA, STRATA ecc.) .

In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella tabella seguente (Tab. 3.2.II), si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, Vs., (D.M. 17 gennaio 2018) e da questa **desumere** gli spettri normalizzati ai diversi stati limite per la definizione dell'azione sismica di progetto.

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

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

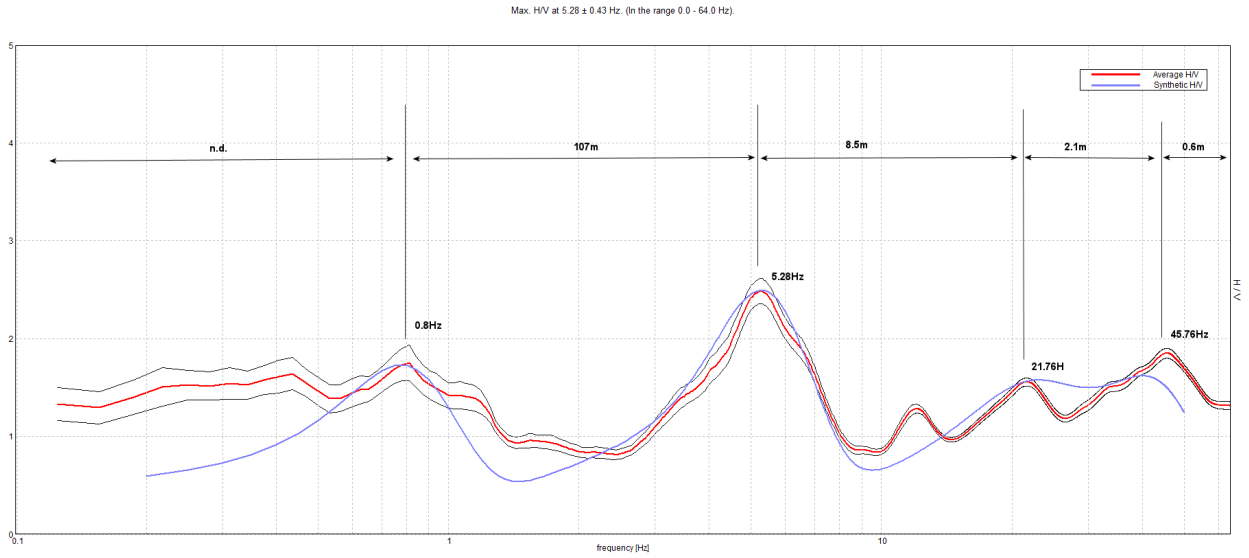
Dalla ricostruzione del quadro geofisico emerso dal suddetto studio si evidenzia uno spessore di sedimenti limo-sabbiosi e sabbioso-limosi di natura piroclastica, rimaneggiati, poggianti su litotipo tufaceo (ignimbrite grigia campana) che passa da termini mediamente addensati fino a addensati; **il valore di velocità equivalente Vs_eq è pari a 227 m/s.** La velocità indicata si riferisce al campo libero.

Sebbene nello sviluppo del modello stratigrafico adottato per la definizione del profilo delle Vs siano presenti alcune inversioni di velocità nell'ambito dei primi 16m di profondità, esse non si ritengono significative in quanto non sono verificate **contemporaneamente** le seguenti condizioni:

- un terreno rigido che in profondità sovrasta un terreno soffice con un rapporto Vs rig/ Vs sof > 1.5;
- la differenza fra le Vs dei due terreni deve essere > 200 m/s;
- lo spessore dello strato a minore velocità deve essere > 5mt
- la Vs dello strato più rigido deve essere >> 500 m/s.

L'elaborazione della misura tromografica di confronto ha evidenziato nella curva di ellitticità H/V la presenza di un medio picco di risonanza alle medie frequenze che potrebbe correlarsi all'esistenza di un contrasto di impedenza, di valore non elevato, generato dal contatto tra il litotipo più addensato costituito presumibilmente da cineriti vulcaniche e la copertura sedimentaria sovrastante; non si evidenziano ulteriori picchi molto pronunciati.

I picchi alle alte frequenze (21.76Hz e 45.76Hz) evidenziano il contrasto di velocità nei primi 3m di profondità. Il picco di valore più alto (ampiezza 2.5) 5.28Hz indica la presenza di sabbioni tufacei, inizialmente poco addensati, passanti poi a tufo grigio addensato; tale



passaggio non risulta ben evidenziato essendo inglobato nei successivi 107 m di spessore dei litotipi sottostanti le sabbie cineritiche. L'assenza di ulteriori frequenze significative rende piuttosto incerta l'affidabilità della correlazione tra H/V e MASW a partire dai -12m di profondità in poi mentre risulta molto buona fino a tale profondità; il valore del parametro **Vs_{30}** , da queste misure, è stato stimato intorno a **294 m/s.** L'aspetto della curva di ellitticità tra 0.4Hz e 1.2Hz evidenzierebbe la presenza di un grosso banco di sedimenti forse sabbiosi addensati, sottostanti al tufo grigio, in alternanza con limi sabbiosi e depositi alluvionali in livelli sottili con addensamento crescente con la profondità. Un bedrock litoide o pseudo litoide (750m/s<Vs<800m/s) non è stato individuato.

La modellazione della curva di ellitticità H/V è stata ottenuta integrando il modello stratigrafico elaborato a metodologia MASW con valori di profondità maggiori rispetto ai -30m (elaborazione congiunta MASW/HVSR); la corrispondenza tra i due modelli appare buona nell'ambito dei primi 12m di profondità e piuttosto incerta per le profondità successive. La velocità *Vs_eq* calcolata dall'inversione della curva di ellitticità , di valore 294m/s, differisce di circa il 30% dal valore di 227m/s prima calcolato dalle curve di dispersione.

Pur con le dovute considerazioni cautelative rispetto ai valori di Vs_{eq} calcolati con metodologia MASW[3], si ritiene che il sito in oggetto di studio possa rientrare nella **Categoria di sottosuolo C** *(Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.).*

Tanto si doveva per incarico ricevuto

Nocera Inferiore, dicembre 2021

ORDINE DEI GEOLOGI - della Regione Campania - geologo Dr. Sabato Lamberti Albo N° 2487

Il tecnico
Dott. Geologo
Sabato Lamberti

[3] L'errore di calcolo di solito è inserito entro il ±20%

Appendice A : Onde superficiali e metodologia MASW

Nella trattazione della propagazione delle onde elastiche in un mezzo di estensione infinita omogeneo ed isotropo sono di solito considerate solo le onde di volume che risultano le sole esistenti; tuttavia, in un mezzo stratificato possono generarsi altri tipi di onde. Queste onde, definite onde canalizzate, si formano dall'interferenza costruttiva delle onde P e S e propagandosi lungo una superficie libera del terreno sono dette onde superficiali riconosciute come onde di Rayleigh e onde di Love.

La caratteristica comune a questo tipo di onde è che la loro ampiezza diminuisce esponenzialmente con la profondità e l'energia da esse trasportate rimane confinata in prossimità della superficie: si tratta quindi di fasi sismiche molto energetiche e facilmente riconoscibili. Le onde di Rayleigh rappresentano un tipo di onde superficiali molto particolari che possono propagarsi in un semispazio omogeneo (Rayleigh, 1885) e sono generate, come detto, dall'interferenza costruttiva delle onde di volume P e Sv.

Le Rayleigh sono onde caratterizzate da una polarizzazione ellittica su un piano verticale parallelo alla direzione di propagazione (ground roll). Il loro moto è detto retrogrado se avviene lungo la superficie di un semispazio, ma può essere retrogrado o progrado in base alla stratificazione del sottosuolo e alla profondità (Telford 1990).

La velocità Vr delle onde di Rayleigh è leggermente inferiore a quella delle onde di taglio Vs ed il loro rapporto (s= Vs/Vr) dipende dal rapporto delle velocità delle onde di taglio con le onde P (n=Vs/Vp) esse sono legate dalla relazione di Rayleigh :

$$-4s^2\sqrt{s^2-n^2}\sqrt{s^2-1}+\left(1-2s^2\right)^2=0$$

La soluzione trovata a questa equazione (Rayleigh 1885) rappresenta il valore della velocità Vr che può essere approssimata dall'equazione (Nazarian 1999)

$$Vr = Vs/(1.13-0.16v)$$

Un impulso verticale su un terreno propaga in esso circa il 67% dell'energia elastica sottoforma di onde Rayleigh per cui esse mostrano un'ampiezza maggiore delle onde di volume P e S sulla superficie; infatti, essendo caratterizzate da uno smorzamento (attenuazione) a legge geometrica, la loro ampiezza decade proporzionalmente alla radice quadrata della distanza dalla sorgente impulsiva (Richart 1970) e in relazione al campo di frequenze dell'eccitazione impulsiva (Auersch 2010). In realtà la più o meno rapida attenuazione dell'ampiezza dipende dalla lunghezza d'onda associata; difatti si può affermare che all'aumentare della lunghezza d'onda λ (bassa frequenza), aumenta lo spessore (profondità) del mezzo interessato dalla perturbazione e al diminuire di λ (alta frequenza) si ha una diminuzione dello spessore (profondità) del mezzo interessato dalla perturbazione .

In un mezzo stratificato, con differenti proprietà fisiche alle diverse profondità, si propagheranno diverse lunghezze d'onda (o diverse frequenze) ciascuna con una sua caratteristica velocità.

Infatti, velocità e lunghezza d'onda sono legate dalla relazione : $\lambda = VT$ ovvero $\lambda = V/f$ per cui a parità di velocità, la profondità aumenta con l'aumento di T (periodo) e al diminuire di f (frequenza).

Le onde Rayleigh generalmente coinvolgono strati di spessore pari a 0.3-0.5λ. La variazione del valore della velocità Vr in funzione della variazione della relativa lunghezza d'onda o del periodo o della frequenza è detta **dispersione**.

Nei mezzi stratificati può capitare che l'interferenza delle onde di volume alla superficie si mostri con diverse modalità per cui le onde superficiali possono esibire diversi modi di propagazione e ciascuno di essi può originare una sua caratteristica curva di dispersione (linea isoanomala che unisce diversi valori di velocità e frequenza per uno stesso modo di propagazione) ed una sua caratteristica energia.

Di solito, nei mezzi a velocità crescenti, il modo di propagazione dominante è quello fondamentale, ma in condizioni diverse ciò può non essere vero. Onde di superficie che viaggiano a velocità di fase diverse (diverse frequenze) possono interferire tra loro per cui il massimo dell'energia che viene trasportata ha una velocità diversa (velocità di gruppo) da quella delle singole fasi (velocità di fase).

Lo studio della curva di dispersione relativa a ciascun modo di propagazione fornisce informazioni sulla distribuzione delle velocità nel sottosuolo nei vari strati.

Le difficoltà incontrate nella ricostruzione della curva di dispersione dei primi metodi di analisi tipo SASW (Spectral Analysis of Surface Waves) inizialmente utilizzato da diversi ricercatori per la caratterizzazione geotecnica dei suoli (Stokoe II et al, 1988, Nazarian and Stokoe II, 1984, Nazarian, 1984,Sànchez-Salinero, I., 1987) si è cercato di superarle introducendo l'acquisizione multicanale delle onde superficiali con la metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) inizialmente proposta da C.B. Park del Kansas Geological Survey (Park et all. 1999) e via via sperimentata da altri autori.

Il metodo MASW (in effetti una SASW ripetuta) è una tecnica di elaborazione che sfrutta il fenomeno della dispersione delle onde superficiali per la ricostruzione della distribuzione delle velocità Vs con la profondità; è una metodologia di tipo attivo in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del suolo e misurate da uno stendimento lineare di sensori equidistanziati.

Tale metodologia generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 6-10Hz e 70-100Hz, quindi fornisce informazioni sulla parte più superficiale del suolo, generalmente compresa nei primi 30m-50m, in funzione della rigidezza del suolo e delle caratteristiche della sorgente.

Teoricamente la profondità investigabile dipende dalla lunghezza d'onda massima misurabile con lo stendimento di sensori disponibile; una stima cautelativa indica in circa 1/3-1/2 della massima lunghezza d'onda la profondità raggiungibile per cui l'ordine di grandezza di quest'ultima è correlabile grossomodo alle dimensioni dello stendimento.

I fondamenti teorici della metodologia MASW fanno riferimento ad un semispazio stratificato con strati paralleli, orizzontali e privi di eteropie laterali; quindi una limitazione alla sua applicabilità potrebbe essere rappresentata dalla presenza di pendenze degli strati superiori a 15°-20°, a variazioni significative della quota topografica di ciascun sensore e dalle diverse discontinuità elastiche.

Geologo Sabato Lamberti - Via E. Siciliano 33 – 84014 Nocera Inferiore (SA)
tel/fax 081 924699 – cell. 347 1406141 - e-mail sabalamb@libero.it

Appendice B : Microtremori e metodologia a stazione singola HVSR

Come rumore sismico si intendono generalmente le oscillazioni di piccola ampiezza, quasi sempre non avvertibili dall'uomo, che producono piccolissimi spostamenti del suolo dell'ordine di 10-4mm (Okada 2003). Tali oscillazioni possono essere effetti di cause naturali come maree, vento, stress sonico da tuoni ecc. oppure artificiali di solito legate all'azione umana come traffico, insediamenti industriali, insediamenti civili ecc.; il rumore sismico è ulteriormente diviso in microtremori e microsismi indicando nei primi principalmente le attività antropiche (Asten 1978). Il campo di frequenza dei microsismi per cause naturali è di solito compreso tra 0,1 e 5 Hz; i microtremori da sorgenti antropiche hanno valori di frequenza, di solito, a partire da 3 Hz-5Hz in su. I tipi di onde nei microsismi con frequenza più bassa di 1Hz sono essenzialmente onde Rayleigh nel modo fondamentale mentre nei microtremori sono generalmente composizioni di onde di volume e onde Rayleigh per lo più in modi superiori. I microtremori sono utilizzati, tra le altre, dalla tecnica dei rapporti spettrali H/V basata sul rapporto degli spettri di Fourier della componente orizzontale (H) e verticale (V) delle time histories provenienti dalla registrazione di una stazione sismica a tre componenti. Diversi ricercatori giapponesi a partire da Kanai (Kanai e Tanaka, 1961; Nogoshi & Igarashi 1971; Kobayashi 1980; Matsushima and Okada 1990; Field & Jacob, 1993; Lachet & Bard, 1994; Tokimatsu et al., 1996;) sono stati i principali propugnatori della tesi scaturita dall'osservazione che nella forma dell'ellitticità delle onde di Rayleigh, la prima frequenza di risonanza coincide con la frequenza fondamentale di risonanza per un sito posto su sedimenti e che la forma della curva di ellitticità dipende fortemente dal contrasto di impedenza tra i sedimenti e risulta condizionata dalla polarizzazione del modo fondamentale delle onde di Rayleigh. La tecnica è stata successivamente modificata da Nakamura nel 1989 e in seguito perfezionata dallo stesso autore nel 1996. La tecnica di Nakamura si basa sulle seguenti ipotesi:

- *i microtremori hanno origini locali ed è trascurabile l'apporto da sorgenti profondi;*
- *le cause che generano i microtremori in superficie non hanno influenza sui microtremori localizzati alla base del substrato;*
- *la componente verticale del moto non è influenzata da effetti di amplificazione locale;*

Sotto queste ipotesi, il rapporto fra le componenti verticali del moto in superficie ed alla base contiene solo termini delle sorgenti locali AS(f) e delle sorgenti alla base AB(f), ed è pari a:

$$R_V(f) = \frac{V_S(f)}{V_B(f\omega)} = \frac{A_S(f)}{A_B(f)}$$

mentre il rapporto fra l'ampiezza dello spettro della componente orizzontale del moto in superficie (HS) e alla base dello strato (HB), contiene oltre che il termine di sorgente anche il termine di amplificazione di sito in superficie S(f) e può essere espresso nel seguente modo:

$$R_H(f) = \frac{H_S(f)}{H_B(f)} = \frac{A_S(f)S_S(f)}{A_B(f)}$$

I due rapporti R si dividono tra loro per rimuovere l'effetto di sorgente dei segnali e la funzione di trasferimento di sito Ss è calcolata dalla seguente espressione :

$$\frac{R_H(f)}{R_V(f)} = S_S(\omega) = \frac{H_S(f)}{H_B(f)} \cdot \frac{V_B(f)}{V_S(f)}$$

Ipotizzando infine che alla base dei sedimenti l'ampiezza spettrale della componente verticale e di quella orizzontale siano uguali e cioè:

$$\frac{V_B(f)}{H_B(f)} = 1$$

il fattore di amplificazione del moto orizzontale in superficie potrà essere valutato direttamente nel seguente modo:

$$S(f) = \frac{H_S(f)}{V_S(f)}$$

il picco visibile nel grafico della variazione H/V è correlabile con la frequenza di risonanza caratteristica del sito e dipende fortemente dalla stratigrafia del suolo soggetto alla propagazione di onde Sv e con il picco fondamentale.

Geologo Sabato Lamberti - Via E. Siciliano 33 – 84014 Nocera Inferiore (SA)
tel/fax 081 924699 – cell. 347 1406141 - e-mail sabalamb@libero.it

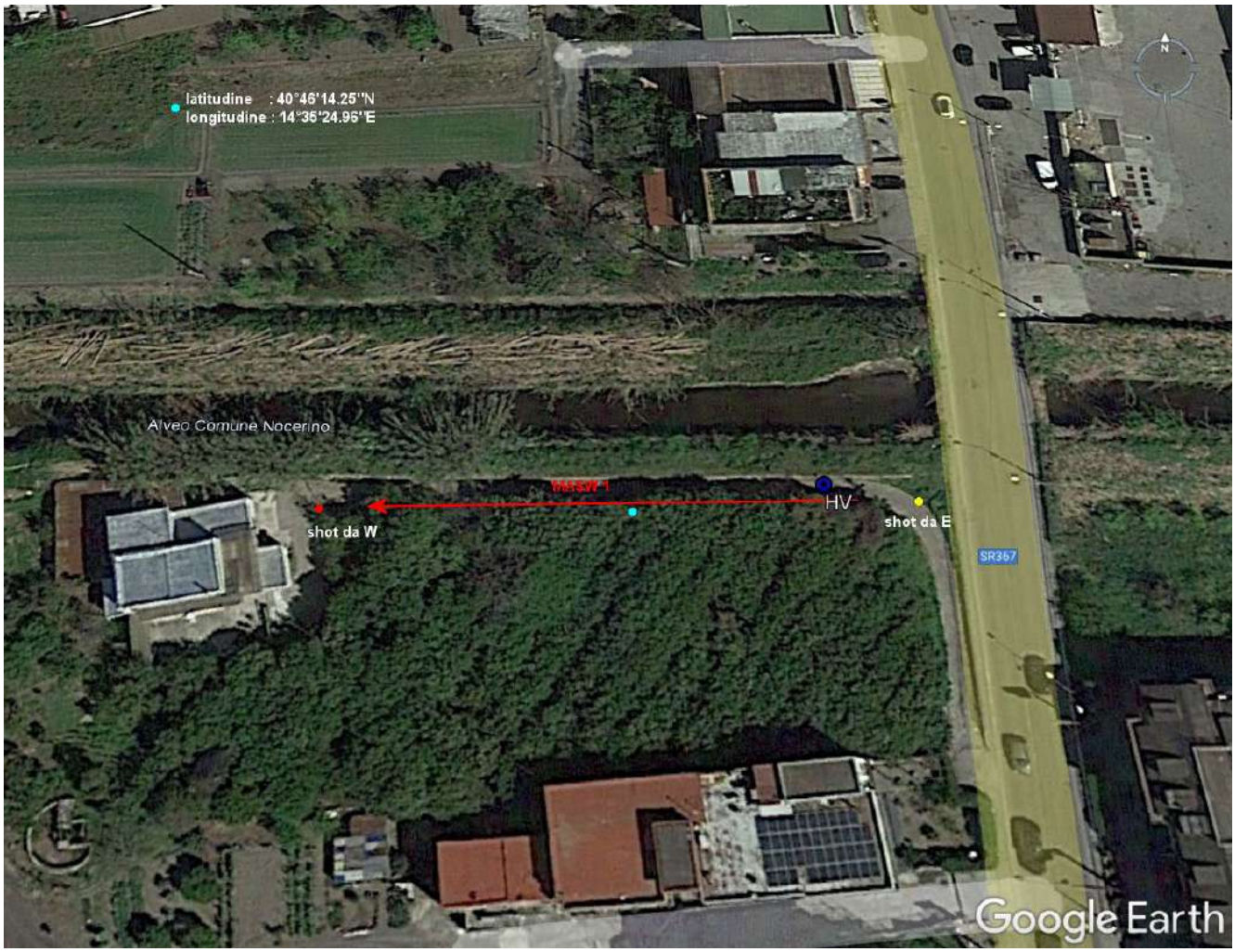
Fonti Bibliografiche

- Asten M. W. (1978): "Geological control of the three-component spectra of Rayleigh wave microseisms". Bull. Seism. Soc. Am. , 68(6), 1623-1636.
- Auersch L. (2010): "Technically induced surface waves fields, part I: measured attenuation and theoretical amplitude-distance laws". Bull. Seism. Soc. Am. , 100(4), 1528-1539
- Beaty, K. S., and D. R. Schmitt, 2003, Repeatability of multimode Rayleighwave dispersion studies: Geophysics, 68, 782–790
- Cercato M. (2011) : " Global surface wave inversion with model constraints" ; *Geophysical Prospecting vol. 59 n.2 pp210-226*
- Dal Moro G. (2019): " Acquisizione ed analisi di dati sismici e vibrazionali per studi di caratterizzazione sismica e geotecnica". Dario Flaccovio Editore- Palermo 2019
- Field E.H. et K. Jacob (1993): "The theoretical response of sedimentary layers to ambient seismic noise".Geophysical Research Letters, 20(24), 2925-2928.
- Krebes E. (1989) "Seismic Theory and Methods: Geophysics 551 course notes" University of Calgary, 4.1-4.18
- Lin, C., and C. Lin, 2007, Effect of lateral heterogeneity on surface wave testing numerical simulations and a countermeasure: Soil Dynamics andEarthquake Engineering, 27, 541–552
- Nazarian S., Stokoe K.H. II, 1986, "Use of surface waves in pavement evaluation". Transp.Res. Rec, 1070, 132-144
- Nazarian S., Stokoes II K.H., 1984, "In situ shear wave velocity from spectral analysis of surface waves"; Proc 8th Conference on Earthquake engineering- St Francisco, vol. 3, Prentice Hall, pp.31-38
- O'Neill A., Matsuoka T., 2005, Dominant Higher Surface-wave Modes and Possible Inversion Pitfalls, *Journal of Environmental & Engineering Geophysics*, 10, 185-201
- Park C.B., Miller R.D., Xia J., 1999, "Multichannel analysis of surface waves"; Geophysics, 64(3), 800-808
- Park C.B., Miller R.D., Xia J., 2001, "Offset and resolution of dispersion curve in multichannel analysis of surface waves (MASW)"; proc. SAGEEP 2001
- Rayleigh J.W.S., 1887, "On waves propagated along the plane surface of an elastic solid"; Proc. Lond. Math. Soc., 17, 4-11
- Richart F.E. Jr., Woods R.D., Hall J.R., 1970, "Vibration of soil and foundations" Prentice-Hall, New Jersey
- Sanchez-Salinero I., 1987, "Analytical investigation of seismic methods used for engineering applications"; PhD Dissertation, University of Texas at Austin
- Stokoe K.H. II, Nazarian S., 1985, "Use of Rayleigh wave in liquefaction studies"; Proc. Of the Measurement and Use of shear wave velocity for evaluating dynamic soil properties, ASCE, N.Y., 1-17
- Stokoe K.H., Wright S.G., Bay J., Roesset J.M., 1994, "Characterization of geotechnical sites by SASW method, in Geophysical characterization of sites"; (ISSMFE TC#10) by R.D. Woods (ed), Oxford & IBH Publ., pp. 15-25
- Yilmaz O., 1988, "Seismic Data Processing", Society of Exploration Geophysicists, Tulsa.

Ubicazioni delle indagini effettuate

San Marzano sul Sarno – attraversamento via A.Gramsci

Alveo Comune Nocerino

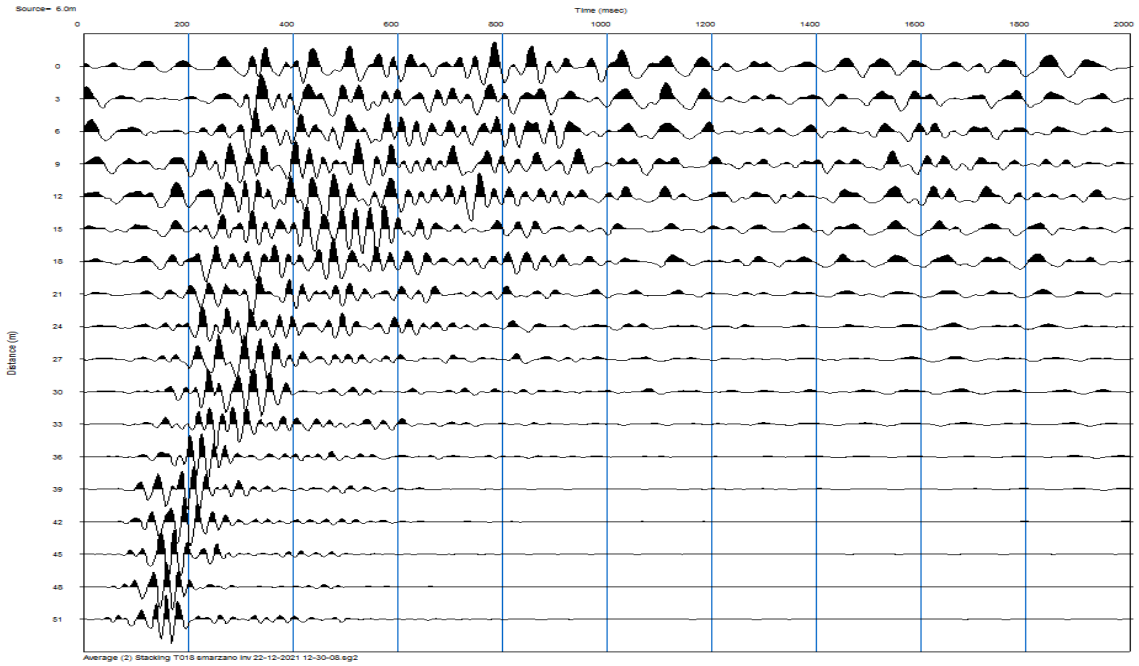


Allineamento geofonico per la prospezione sismica

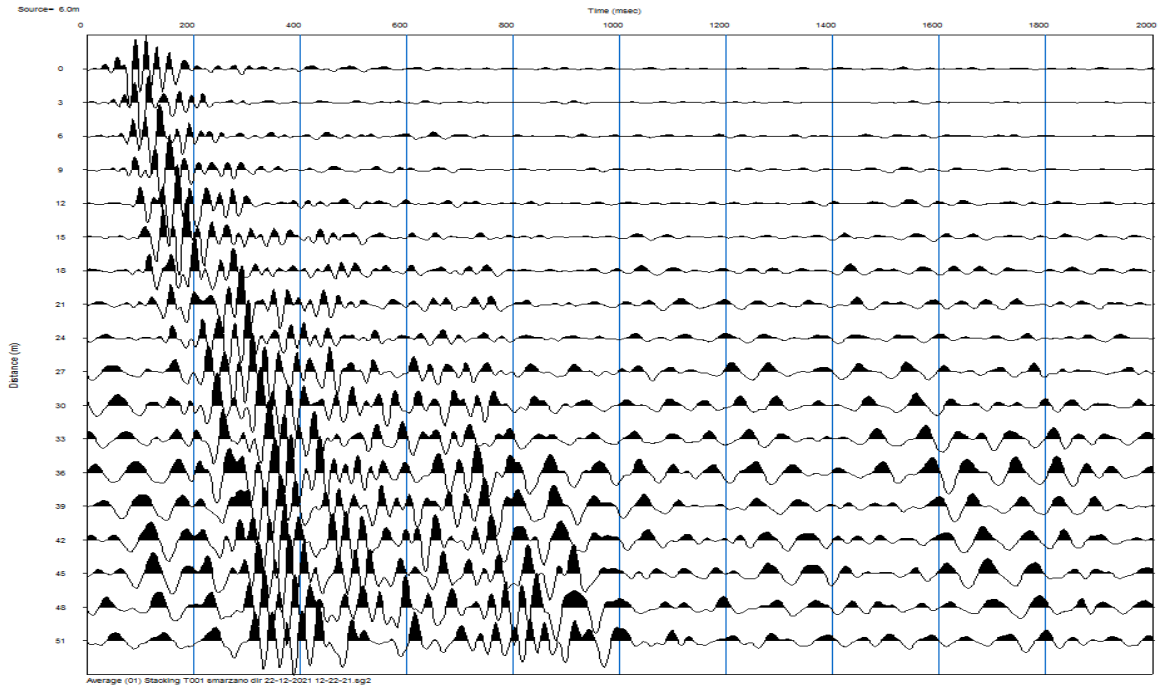
Acquisizione dei segnali

Ubicazione stazione HV1

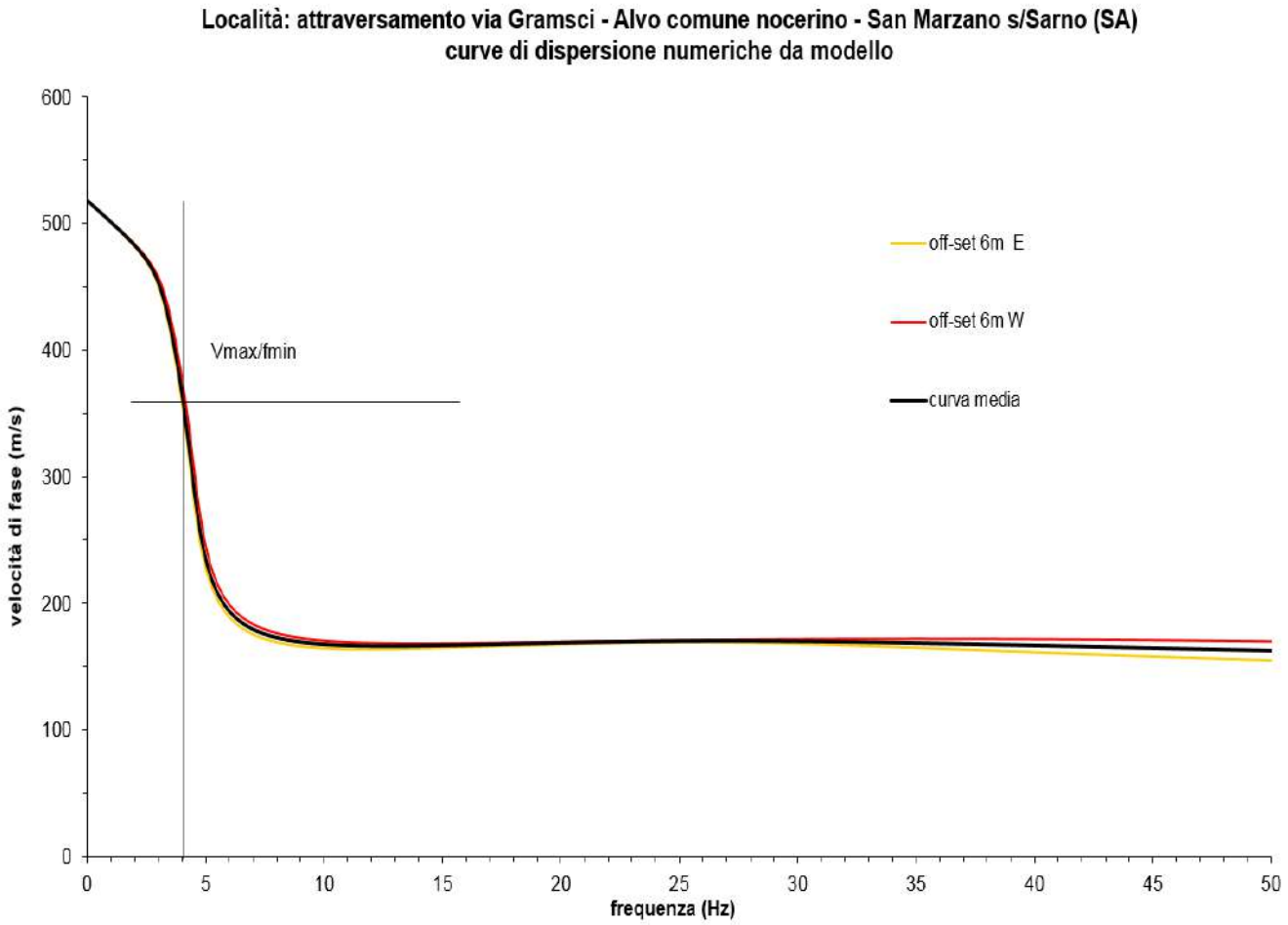
Sismogrammi normalizzati

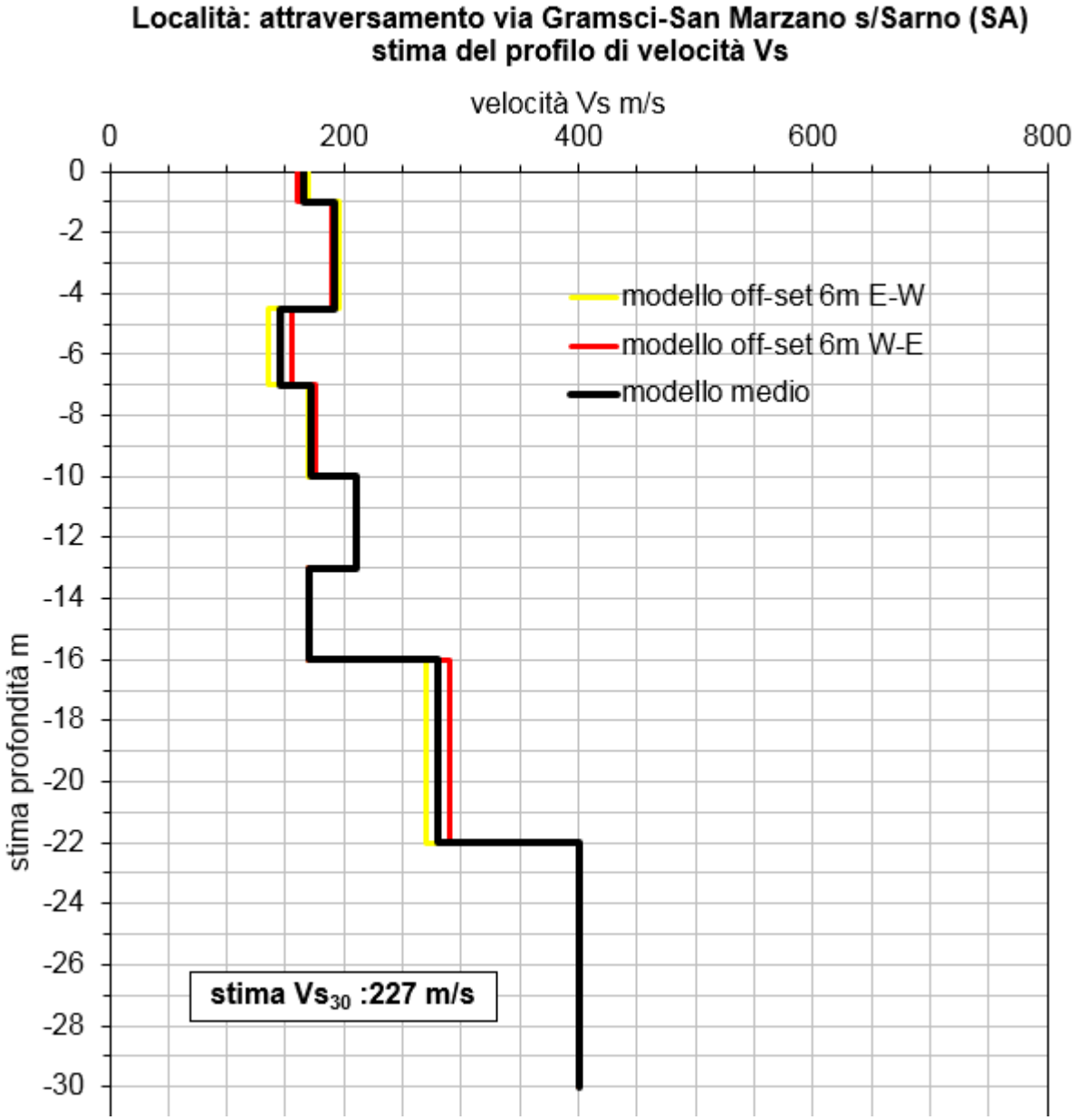


Shot inverso W-E off-set 6m

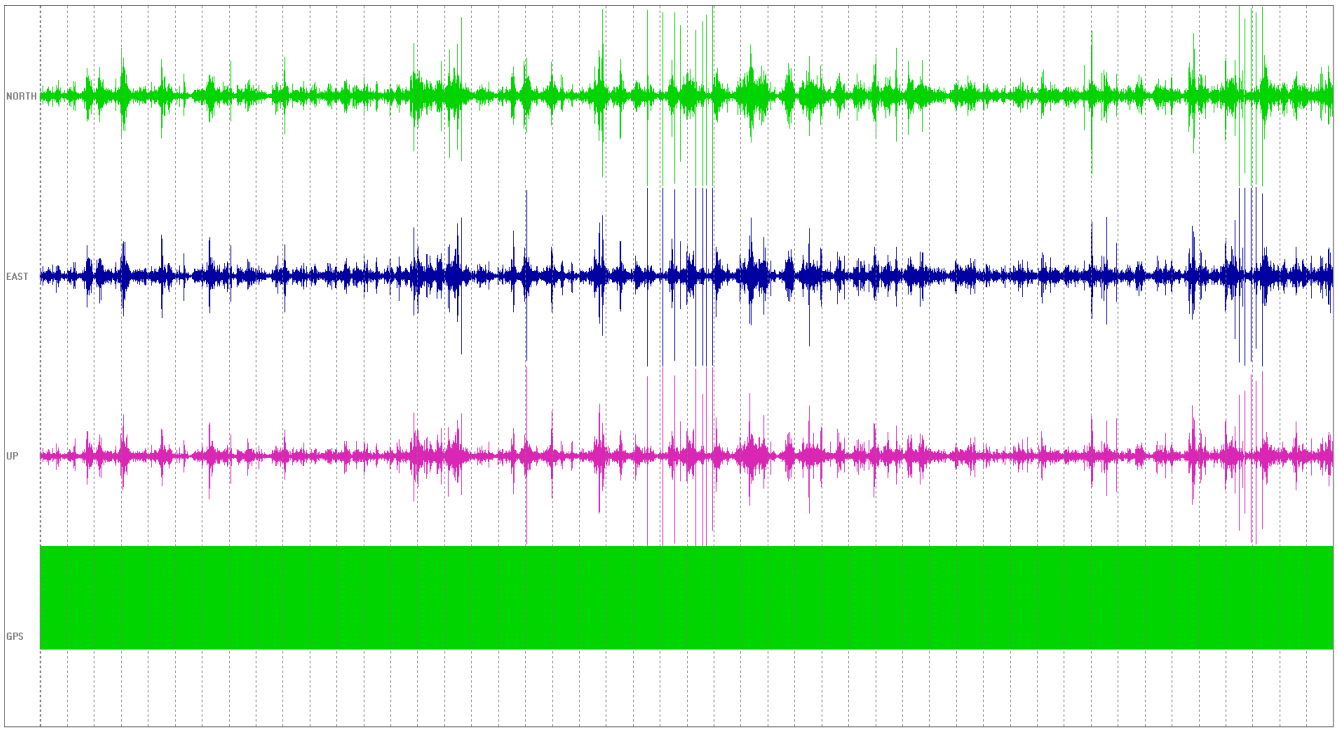


Shot diretto E-W off-set 6m


Località: attraversamento via Gramsci - Alvo comune nocerino - San Marzano s/Sarno (SA)
curve di dispersione numeriche da modello
velocità di fase (m/s)
frequenza (Hz)
Vmax/fmin
off-set 6m E
off-set 6m W
curva media
0
100
200
300
400
500
600
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50


Località: attraversamento via Gramsci-San Marzano s/Sarno (SA)
stima del profilo di velocità Vs
velocità Vs m/s
0
200
400
600
800
0
-2
-4
-6
-8
-10
-12
-14
-16
-18
-20
-22
-24
-26
-28
-30
stima profondità m
modello off-set 6m E-W
modello off-set 6m W-E
modello medio
stima Vs30 :227 m/s

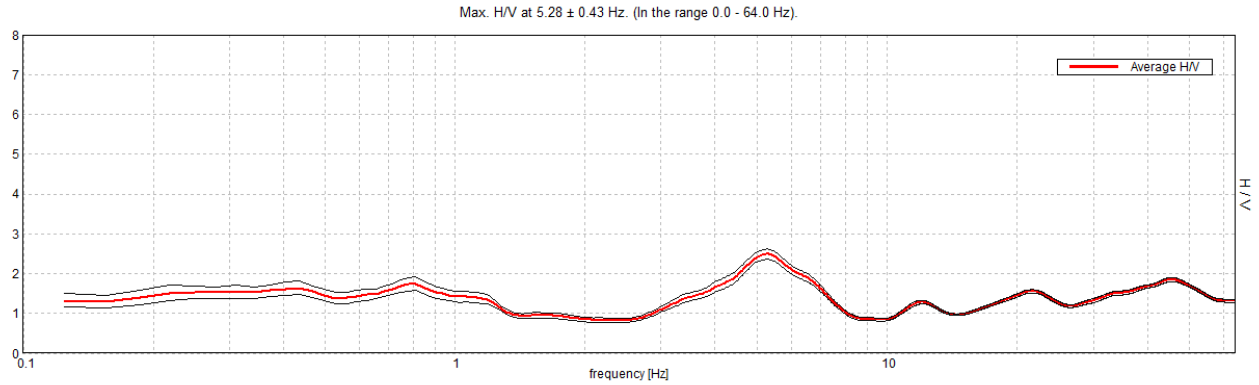
registrazione storia temporale stazione HV1



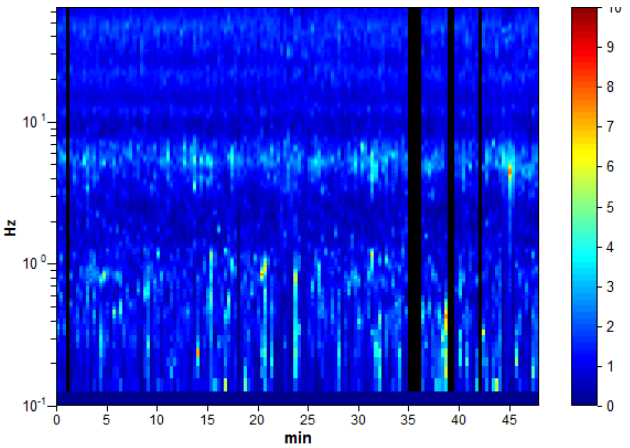
SAN MARZANO - ALVEO

Instrument: TEP-0065/01-10
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 22/12/21 12:38:36 End recording: 22/12/21 13:26:36
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; GPS + GPS -
GPS location: 014°35.4368 E, 40°46.2346 N (22.0 m)
(UTC time synchronized to the first recording sample): 10:38:36 + 0 + 0 samples
Satellite no.: 04
Trace length: 0h48'00". Analyzed 94% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

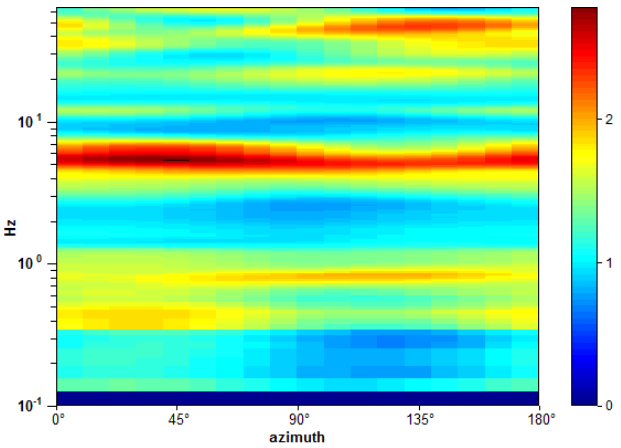
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



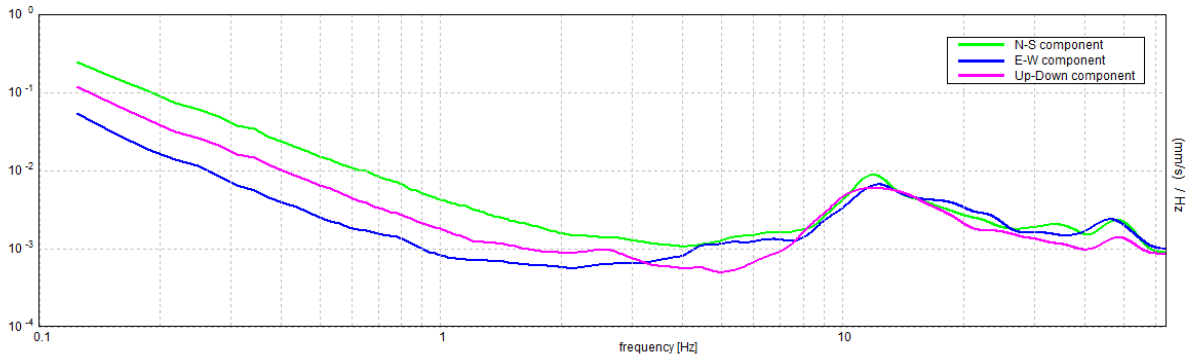
H/V TIME HISTORY



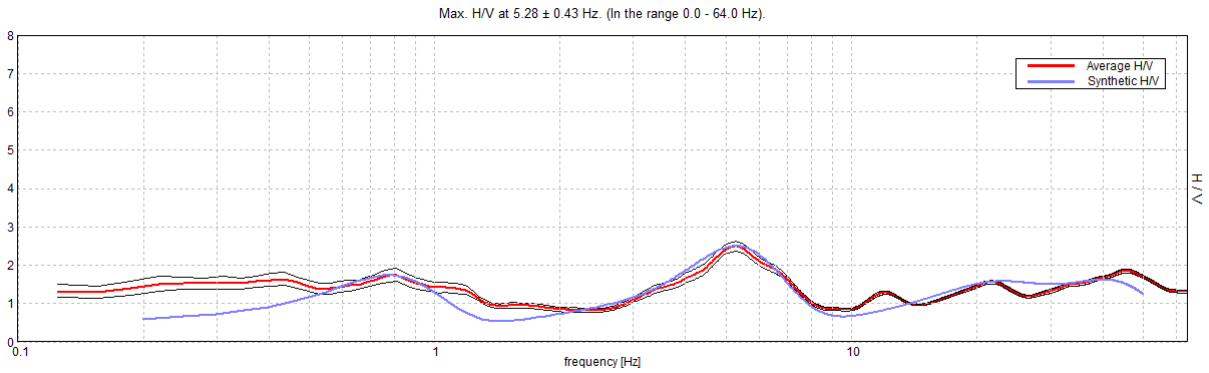
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



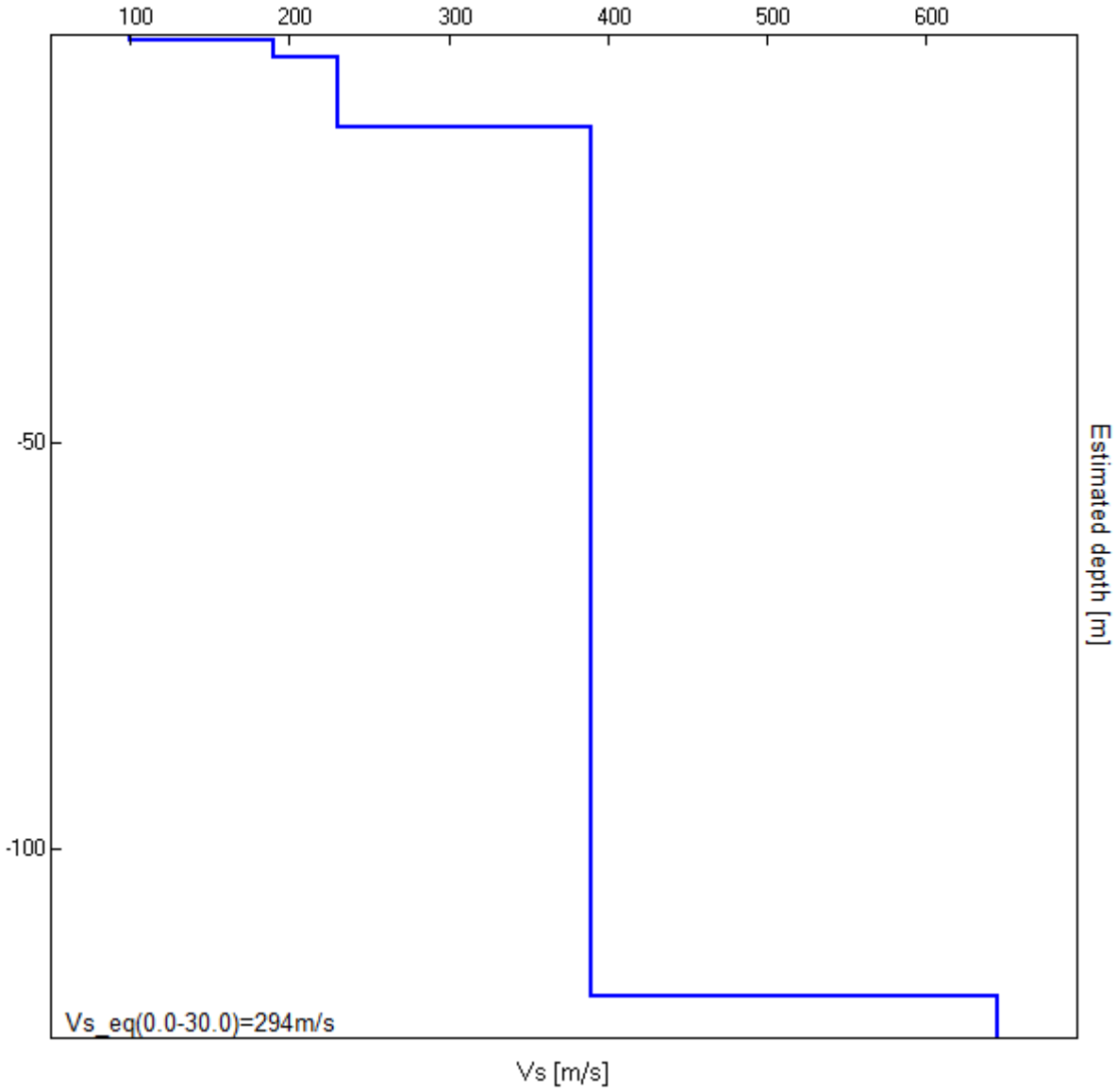
EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.60	0.60	100	0.45
2.70	2.10	190	0.44
11.20	8.50	230	0.44
118.20	107.00	390	0.44
inf.	inf.	645	0.45

Vs_eq(0.0-30.0)=294m/s

Geologo Sabato Lamberti - Via E. Siciliano 33 - 84014 Nocera Inferiore (SA)
tel/fax 081 924699 - cell. 347 1406141 - e-mail sabalamb@libero.it


100
200
300
400
500
600
-50
-100
Estimated depth [m]
Vs_eq(0.0-30.0)=294m/s
Vs [m/s]

[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the** *Grilla* **manual before interpreting the following tables**.]

Max. H/V at 5.28 ± 0.43 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	5.28 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	14365.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz**	Exceeded 0 out of 254 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	3.188 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	7.594 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.49 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.08229| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.43459 < 0.26406		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1296 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Geologo Sabato Lamberti - Via E. Siciliano 33 - 84014 Nocera Inferiore (SA)
tel/fax 081 924699 - cell. 347 1406141 - e-mail sabalamb@libero.it

COMMITTENTE:	***Spett.le* CONSORZIO DI BONIFICA INTEGRALE COMPRENSORIO SARNO.**
LOCALITÀ:	attraversamento Alveo Comune Nocerino in via A. Gramsci – San Marzano sul Sarno (SA).

Modello Geologico e Geotecnico del sottosuolo

ALLEGATI

- ◊ Tav.13: "*Modello geologico*" del sottosuolo dell'area d'interesse;
- ◊ "*Modello Geotecnico*" del sottosuolo dell'area d'interesse:
  - ♦ *Tabulati della verifica alla "liquefazione" dei terreni in fase sismica;*
  - ♦ Tav.14*: Sezione schematica tratto di Alveo Comune Nocerino interessato dalle indagini;*
  - ♦ Tav.15*: Sezione geotecnica schematica (con penetrogrammi e caratteristiche geomeccaniche dei terreni);*
  - ♦ Tavv.16: *Stratigrafia geotecnica schematica* (schede riepilogative con caratteristiche geomeccaniche dei terreni d'interesse).

Committente: Consorzio di Bonifica Integrale Comprensorio Sarno
Località: Argine Alveo Comune Nocerino – attraversamento via Gramsci
Comune: San Marzano sul Sarno (SA)

Modello Geologico del sottosuolo

Ⓐ Terreno di riporto (argine artificiale)

Depositi piroclastico–alluvionali e piroclastici della piana alluvionale del F. Sarno

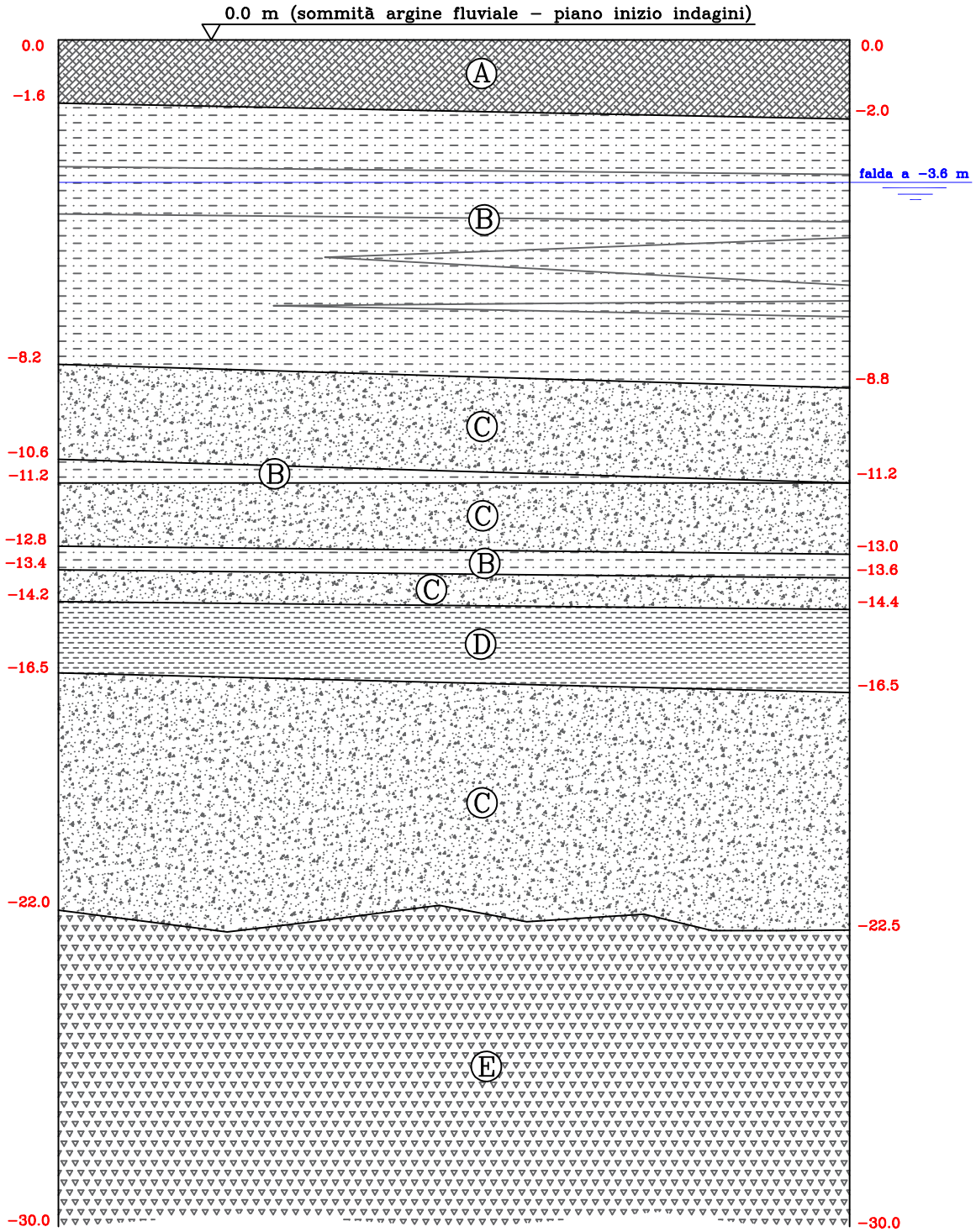
Ⓑ Alternanze di lenti e livelli da centimetrici a decimetrici di sabbie più o meno limose, di limi più o meno sabbiosi e di lapilli pomicei e scoriacei in matrice sabbioso–limosa

Ⓒ Alternanze di lenti e livelli da centimetrici a decimetrici di sabbie piroclastiche grossolane più o meno limose e di ghiaietti pomicei e scoriacei in matrice sabbiosa

Ⓓ Cineriti vulcaniche con intercalati livelletti centimetrici di lapilli pomicei e di sabbie piroclastiche

Ignimbrite Campana (40.000 anni B.P.)

Ⓔ Tufo ignimbritico in facies ora prevalentemente scoriacea ora cineritica



Dott. Geol. Alfonso Pappalardo

Verifica a liquefazione

Committente: Consorzio di Bonifica Integrale Comprensorio Sarno

Località: Argine Alveo Comune Nocerino - attraversamento via Gramsci

Comune: San Marzano sul Sarno (SA)

Analisi con metodi semplificati

Metodo di Seed & Idriss (1982)

Metodi semplificati di analisi della suscettibilità alla liquefazione

I metodi semplificati richiedono per la loro esecuzione la definizione del *sisma di progetto* , sisma rispetto al quale eseguire la stima della suscettibilità del terreno alla liquefazione, mediante l'identificazione dell' *accelerazione sismica orizzontale massima* in superficie e della *Magnitudo* di riferimento. La valutazione di tale sisma di progetto può essere realizzata attraverso varie metodologie.
Per quanto attiene la *Magnitudo* essa può essere valutata, per esempio, prendendo in riferimento dal catalogo sismico italiano quella dell'evento sismico più elevato fatto registrare da un'area di circa 200-300 Km di lato centrata sul sito indagato.
In alternativa è possibile utilizzare, previa consultazione del Catalogo Sismico Italiano (INGV), il valore dell'Intensità sismica massima I_{max} attribuito al territorio comunale in cui l'area ricade. La Magnitudo M del sisma di progetto in questo caso sarà ottenuta mediante la sottostante relazione: G.N.D.T.

$$M = \frac{I_{\max} + 1.93}{1.78}$$

Nel caso del Comune di San Marzano sul Sarno il valore dell'Intensità sismica massima I_{max} riportata nel suddetto catalogo è pari a 8, per cui si ottiene una Magnitudo M pari a 5.6.
Per l'*accelerazione sismica orizzontale massima* , in mancanza di dati puntuali, è possibile ricorrere ai valori di picco proposti dalla Normativa Sismica Nazionale (O.P.C.M. 3274/2003), avendo preventivamente identificato la zona sismica attribuita dalla stessa normativa al Comune in cui il sito in esame ricade.

zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [a_g/g]	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a_g/g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-015	0,15
4	<0,05	0,05

Allegato 1 - O.P.C.M. 3274/2003

Tutti i metodi semplificati esprimono la *suscettibilità alla liquefazione* del deposito mediante un coefficiente di sicurezza (F_s) ottenuto dal rapporto tra la resistenza al taglio mobilitabile nello strato (R) e lo sforzo di taglio indotto dal sisma (T).

$$F_S = \frac{R}{T}$$

Un deposito è da considerare non suscettibile di liquefazione nel caso in cui tale coefficiente F_s risulta almeno superiore a 1. In taluni metodi però, come nel caso del Metodo di Seed & Idriss (1982), le condizioni di piena non liquefacibilità sono presenti solo per un F_s maggiore di 1.3.
La grandezza T dipende dai parametri caratteristici (accelerazione sismica e Magnitudo) del sisma di progetto, mentre R risulta funzione delle caratteristiche granulometriche e meccaniche dello strato.
Tra i metodi semplificati più utilizzati per la stima della liquefazione si annovera:
Metodo di Seed & Idriss (1982)
Metodo di Tokimatsu & Yoshimi (1983)
Metodo di Iwasaki ed altri (1984)
Tra questi metodi quello di Seed & Idriss porta a risultati mediamente più cautelativi, per cui risulta tecnicamente opportuno utilizzare in prima istanza tale metodo per la verifica alla liquefazione.

Calcolo dello sforzo di taglio indotto dal sisma (T)

La grandezza T viene calcolata mediante la seguente relazione:

$$T = 0{,}65 * \frac{a_{\max}}{g} * \frac{\sigma_{v0}}{\sigma_{v0}'} * r_d * \frac{1}{MSF}$$

dove:

a_{max} = accelerazione sismica massima

g = accelerazione di gravità = 980,7 cm/s^2

σ_{v0} = pressione verticale totale alla profondità z dal p.c.

σ_{v0}' = pressione verticale efficace alla profondità z dal p.c.

r_d = coefficiente funzione della profondità dal p.c. valutabile nel seguente modo:

rd = (1 - (0,00765*z)) per z ≤ 9,15 m

rd = (1,174 - (0,0267*z)) per 9,15 < z ≤ 23,0 m

rd = (0,774 - (0,008*z)) per 23,0 < z ≤ 30,0 m

rd = 0,5 per z > 30,0 m

MSF = coefficiente correttivo funzione della Magnitudo del sisma, valutabile nel seguente modo:

$$MSF = \left(\frac{M}{7,5}\right)^{-3,3} \qquad \text{se } M \leq 7,5$$

$$MSF = \frac{10^{2,24}}{M^{2,56}} \qquad \text{se } M > 7,5$$

Calcolo della resistenza al taglio mobilitata (R)

Metodo di Seed & Idriss (1982)

Nel metodo di Seed & Idriss (1982) la resistenza ***R*** viene stimata mediante la seguente relazione:

$$R = \frac{Na}{90}$$

dove *Na* viene calcolato attraverso la seguente relazione:

$$Na = N_{SPT} * \left(\frac{1,7}{\sigma_v + 0,7}\right) + N_1$$

ove:

σ_v (Kg/cm^2) = pressione verticale efficace

N_1 = 0 se d_{50} (mm) > 0,25 oppure N_1 = 7,5 se d_{50} (mm) ≤ 0,25

In tale metodo viene considerato *non liquefacibile* un deposito in cui F_s risulta > 1,3.

Stratigrafia geotecnica - modello geotecnico

Località: Argine Alveo Comune Nocerino - attraversamento via Gramsci - Comune di San Marzano sul Sarno (SA)

Strato	Prof. strato (m)	Litologia	N_{SPT}	Natura	Peso unità di volume γ (t/m^3)	Peso unità di volume saturo γsat (t/m^3)	Angolo d'attrito ϕ (°)	Coesione non drenata ***Cu*** (Kg/cm^2)	Modulo edometrico ***Eed*** (Kg/cm^2)	Modulo di Young ***E'*** (Kg/cm^2)
1	1,00	terreno di riporto (argine artificiale)	1	Incoerente	1,36	1,85	20	0,00	10	12
2	3,40	sabbie e limi	1	Incoerente	1,36	1,85	20	0,00	10	12
3	4,40	sabbie limose con pomici	4	Incoerente	1,39	1,87	22	0,00	26	29
4	8,80	limi debolmente sabbiosi	1	Coesivo	1,52	1,85		0,09	7	15
5	10,60	sabbie limose con livelli di ghiaietti	11	Incoerente	1,49	1,93	28	0,00	81	91
6	11,20	sabbie e limi	7	Incoerente	1,44	1,89	25	0,00	49	55
7	12,80	sabbie e ghiaietti	16	Incoerente	1,55	1,96	30	0,00	111	125
8	13,60	limi debolmente sabbiosi	4	Coesivo	1,72	1,87		0,28	20	44
9	14,40	sabbie e ghiaietti	11	Incoerente	1,49	1,93	28	0,00	81	91
10	15,40	cineriti vulcaniche	46	Coesivo	2,40	2,50		3,12	212	462
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										

Calcolo dello sforzo di taglio T indotto dal sisma

Profondità falda rilevata (m) = 3,6

Magnitudo attesa sisma = 5,6

Zona sismica (O.P.C.M. 3274/2003) = 2

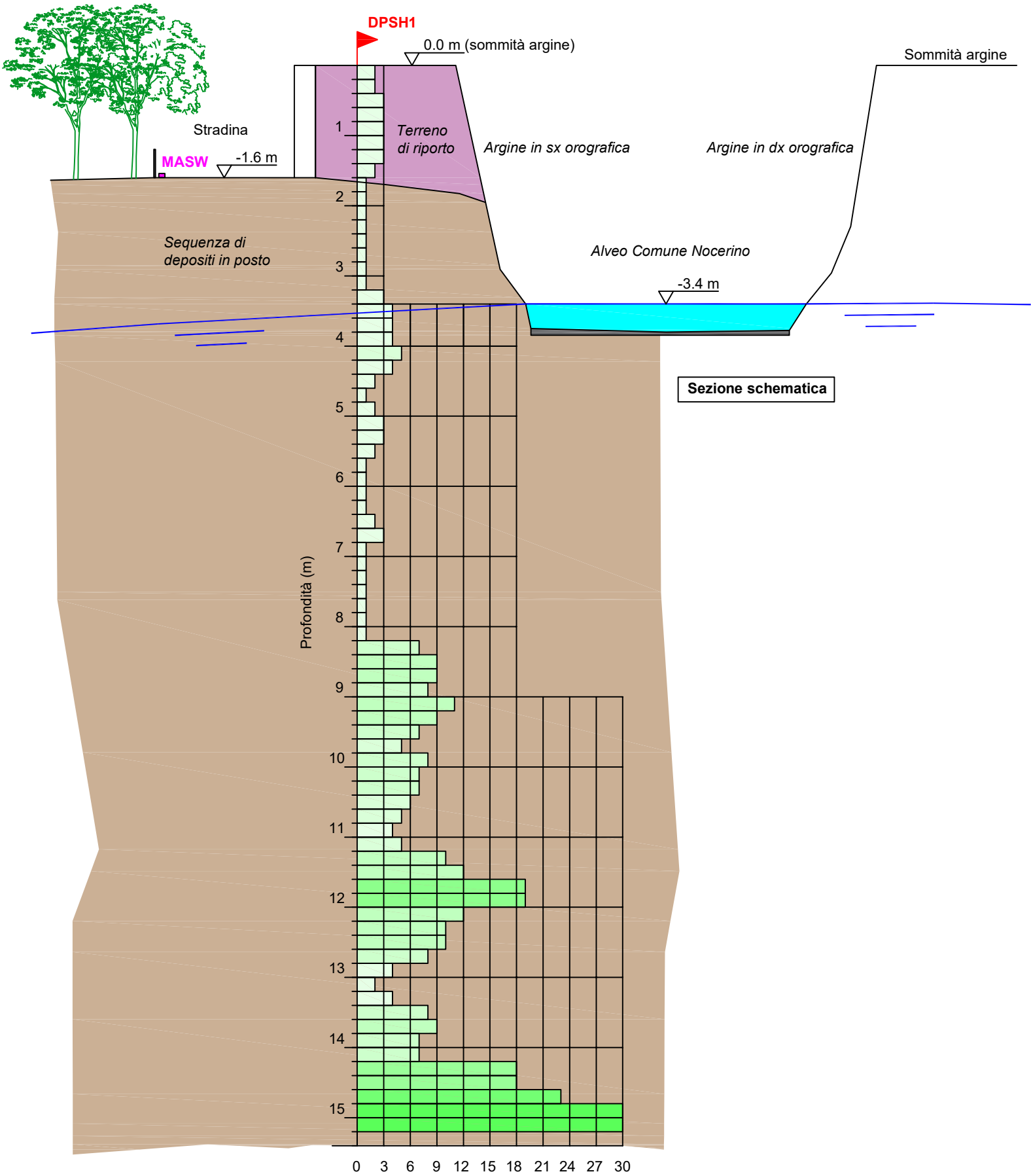
a_{max}/g = 0,25

Coefficiente correttivo funzione della Magnitudo del sisma MSF = 2,62

Strato	Prof. strato (m)	Litologia	N_{SPT}	Natura	Peso unità di volume naturale γn (t/m^3)	Peso unità di volume saturo γsat (t/m^3)	pressione verticale totale alla base dello strato σ_{vo} (t/m^2)	pressione verticale efficace alla base dello strato σ_{vo}' (t/m^2)	Coefficiente funzione della profondità dal p.c. r_d	Sforzo di taglio indotto dal sisma T
1	1,0	terreno di riporto (argine artificiale)	1	Incoerente	1,36	1,85	1,36	1,36	0,99	0,061
2	3,4	sabbie e limi	1	Incoerente	1,36	1,85	4,62	4,62	0,97	0,060
3	4,4	sabbie limose con pomici	4	Incoerente	1,39	1,87	6,01	5,49	0,97	0,066
4	8,8	limi debolmente sabbiosi	1	Coesivo	1,52	1,85	12,70	9,23	0,93	0,080
5	10,6	sabbie limose con livelli di ghiaietti	11	Incoerente	1,49	1,93	15,38	10,91	0,89	0,078
6	11,2	sabbie e limi	7	Incoerente	1,44	1,89	16,25	11,44	0,87	0,077
7	12,8	sabbie e ghiaietti	16	Incoerente	1,55	1,96	18,73	12,98	0,83	0,074
8	13,6	limi debolmente sabbiosi	4	Coesivo	1,72	1,87	20,10	13,67	0,81	0,074
9	14,4	sabbie e ghiaietti	11	Incoerente	1,49	1,93	21,30	14,42	0,79	0,072
10	15,4	cineriti vulcaniche	46	Coesivo	2,40	2,50	23,70	15,92	0,76	0,070
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										

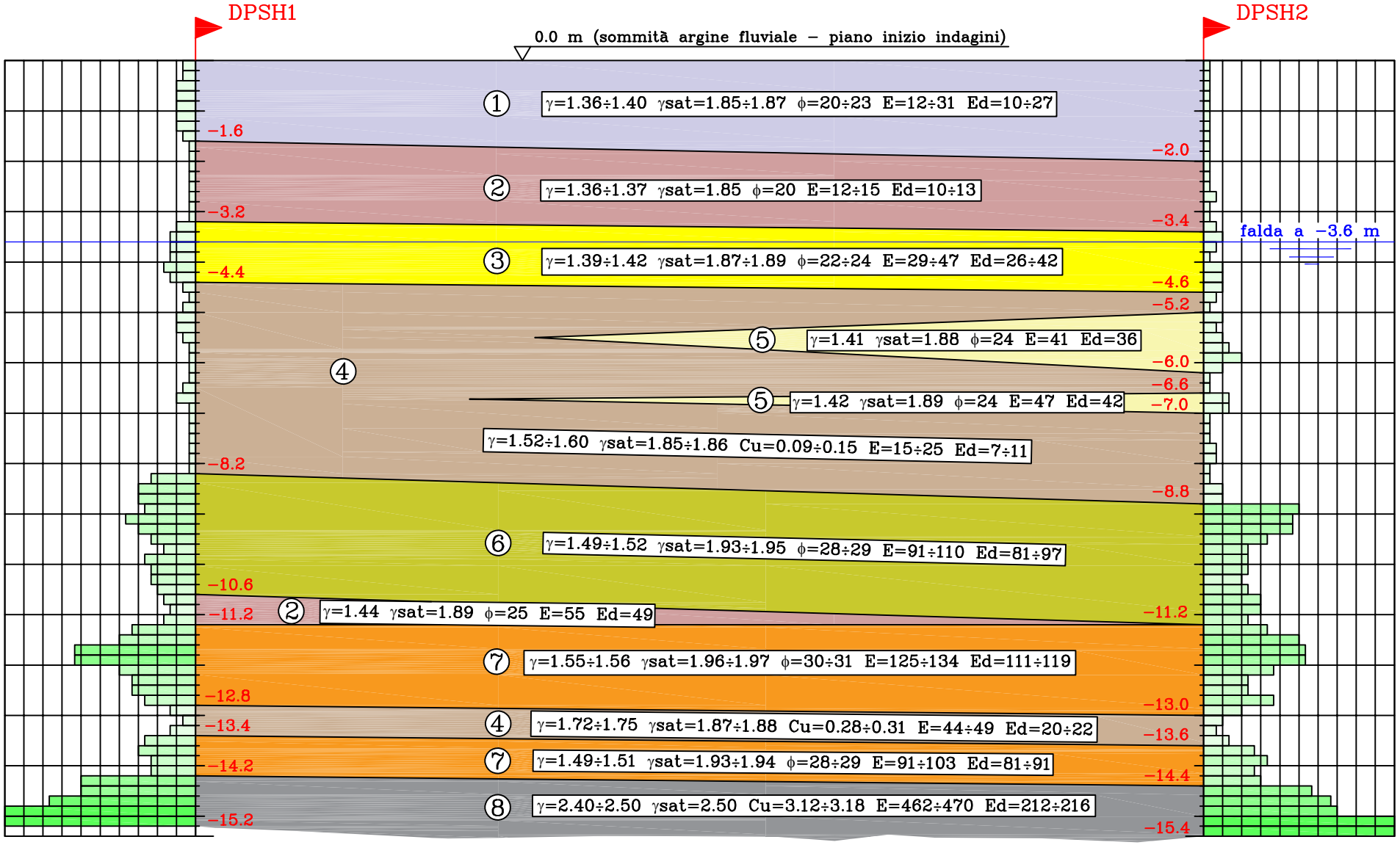
Calcolo della resistenza al taglio R mobilitata e sucettibilità alla liquefazione - Metodo di Seed & Idriss (1982)

Strato	Prof. strato (m)	Litologia	N_{SPT}	Natura	Granulometria Passante al 50% $d_{(50)}$ (mm)	Valore N_{SPT} corretto ***Na***	Resistenza al taglio mobilitata ***R***	Coefficiente di sicurezza F_s	Suscettibilità alla liquefazione
1	1,0	terreno di riporto (argine artificiale)	1	Incoerente	0,250	9,5	0,106		
2	3,4	sabbie e limi	1	Incoerente	0,200	9,0	0,100		
3	4,4	sabbie limose con pomici	4	Incoerente	0,250	12,9	0,144	2,19	non liquefacibile
4	8,8	limi debolmente sabbiosi	1	Coesivo	0,020	8,5	0,095	1,35	non liquefacibile
5	10,6	sabbie limose con livelli di ghiaietti	11	Incoerente	0,350	10,4	0,116	1,49	non liquefacibile
6	11,2	sabbie e limi	7	Incoerente	0,200	14,0	0,155	2,01	non liquefacibile
7	12,8	sabbie e ghiaietti	16	Incoerente	0,450	13,6	0,151	2,03	non liquefacibile
8	13,6	limi debolmente sabbiosi	4	Coesivo	0,020	10,8	0,120	1,62	non liquefacibile
9	14,4	sabbie e ghiaietti	11	Incoerente	0,450	8,7	0,097	1,34	non liquefacibile
10	15,4	cineriti vulcaniche	46	Coesivo	0,040	41,6	0,462	6,57	non liquefacibile
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									



N = numero colpi X 20 cm avanzamento punta

Prova penetrometrica dinamica continua



Sezione geologico–tecnica
(correlazione tra i penetrogrammi)

① terreno di riporto (argine artificiale)
② sabbie e limi
③ sabbie limose con pomici
④ limi debolmente sabbiosi
⑤ sabbie limose
⑥ sabbie limose con livelli di ghiaietti pomicei e scoriacei
⑦ sabbie e ghiaietti
⑧ cineriti vulcaniche

Legenda:
γ (t/m) = peso unità di volume
γsat (t/m) = peso unità di volume saturo
ϕ (°) = angolo d'attrito
Cu (Kg/cmq) = coesione non drenata
E (Kg/cmq) = modulo elastico
Ed (Kg(cmq) = modulo edometrico

Committente: Consorzio di Bonifica Integrale Comprensorio Sarno
Località: Argine Alveo Comune Nocerino – attraversamento via Gramsci
Comune: San Marzano sul Sarno (SA)

Dott. Geol. Alfonso Pappalardo

Stratigrafia geotecnica schematica - (Modello Geotecnico del sottosuolo)

Committente: Consorzio di Bonifica Integrale Comprensorio Sarno

Località: Argine Alveo Comune Nocerino - attraversamento via Gramsci - Comune di San Marzano sul Sarno (SA) Note: falda a -3.6 m da sommità argine fluviale

N° strato	profondità base strato (m)	Descrizione terreno	Natura terreno	N_{SPT}	Densità relativa ***Dr*** (%)	Peso unità di volume saturo γsat (t/m^3)	Peso unità di volume γ (t/m^3)	Peso unità di volume naturale γn (t/m^3)	Angolo d'attrito interno ϕ (°)	Costante di sottofondo K (Kg/cm^3)	Coesione non drenata ***Cu*** (kg/cm^2)	Modulo elastico ***E'*** (kg/cm^2)	Modulo edometrico E_{ed} (kg/cm^2)	Coefficiente di Poisson ν
1	1,00	terreno di riporto (argine artificiale)	incoerente	1	11	1,85	1,36	1,61	20	0,6	0,00	12	10	0,397
2	3,40	sabbie e limi	incoerente	1	11	1,85	1,36	1,61	20	0,6	0,00	12	10	0,397
3	4,40	sabbie limose con pomici	incoerente	4	17	1,87	1,39	1,63	22	2,4	0,00	29	26	0,385
4	8,80	limi debolmente sabbiosi	coesivo	1		1,85	1,52		16	0,6	0,09	15	7	0,420
5	10,60	sabbie limose con livelli di ghiaietti	incoerente	11	36	1,93	1,49		28	6,6	0,00	91	81	0,347
6	11,20	sabbie e limi	incoerente	7	26	1,89	1,44		25	4,2	0,00	55	49	0,366
7	12,80	sabbie e ghiaietti	incoerente	16	44	1,96	1,55		30	9,6	0,00	125	111	0,333
8	13,60	limi debolmente sabbiosi	coesivo	4		1,87	1,72		17	2,4	0,28	44	20	0,414
9	14,40	sabbie e ghiaietti	incoerente	11	36	1,93	1,49		28	6,6	0,00	91	81	0,347
10	15,40	cineriti vulcaniche	coesivo	46		2,50	2,40		19	27,6	3,12	462	212	0,403
					Skempton (1986)	Terzaghi & Peck (1948-1967) - terreni incoerenti Meyerhof ed altri - terreni coesivi	Terzaghi & Peck (1948-1967) - terreni incoerenti Meyerhof ed altri - terreni coesivi	valore medio tra il peso di volume secco e il peso di volume saturo	Shioi & Fukuni (1982)	Shioi & Fukuni (1982)	Terzaghi & Peck	Schmertmann (1978) - terreni incoerenti Apollonia - terreni coesivi	Farrent (1963) - terreni incoerenti Stroud-Butler (1975) - terreni coesivi	A.G.I.

Principali Parametri sismici

Categoria di sottosuolo (tabella 3.2.II – NTC2018)	Categoria Topografica (tabella 3.2.III – NTC2018)
C	**T1**

Parametri geotecnici da analisi di laboratorio su campione indisturbato

Campione	Profondità prelievo (m)	Descrizione litologica	Peso unità di volume naturale γn (t/m^3)	Peso unità di volume saturo γsat (t/m^3)	Contenuto d'acqua naturale ***W*** %	Indice dei vuoti ***e***	Porosità ***n*** %	Angolo d'attrito ϕ (°)	Coesione ***C*** (Kg/cm^2)	Descrizione granulometrica
C1	4.00-4.50	Limo sabbioso marrone con clasti poligenici eterometrici	1,86	1,96	19,44	0,68	40,6	25,41	0,03	Sabbia con ghiaia con limo

Stratigrafia geotecnica schematica - (Modello Geotecnico del sottosuolo)

Committente: Consorzio di Bonifica Integrale Comprensorio Sarno

Località: Argine Alveo Comune Nocerino - attraversamento via Gramsci - Comune di San Marzano sul Sarno (SA) Note: falda a -3.6 m da sommità argine fluviale

N° strato	profondità base strato (m)	Descrizione terreno	Natura terreno	N_{SPT}	Densità relativa ***Dr*** (%)	Peso unità di volume saturo γsat (kN/m^3)	Peso unità di volume γ (kN/m^3)	Peso unità di volume naturale γn (kN/m^3)	Angolo d'attrito interno ϕ (°)	Costante di sottofondo ***K*** (KN/m^3)	Coesione non drenata ***Cu*** (KPa)	Modulo elastico ***E'*** (MPa)	Modulo edometrico E_{ed} (MPa)	Coefficiente di Poisson ν
1	1,00	terreno di riporto (argine artificiale)	incoerente	1	11	18,14	13,34	15,74	20	5884	0,00	1,2	1,0	0,397
2	3,40	sabbie e limi	incoerente	1	11	18,14	13,34	15,74	20	5884	0,00	1,2	1,0	0,397
3	4,40	sabbie limose con pomici	incoerente	4	17	18,34	13,63	15,98	22	23536	0,00	2,8	2,5	0,385
4	8,80	limi debolmente sabbiosi	coesivo	1		18,14	14,91		16	5884	8,83	1,5	0,7	0,420
5	10,60	sabbie limose con livelli di ghiaietti	incoerente	11	36	18,93	14,61		28	64724	0,00	8,9	7,9	0,347
6	11,20	sabbie e limi	incoerente	7	26	18,53	14,12		25	41188	0,00	5,4	4,8	0,366
7	12,80	sabbie e ghiaietti	incoerente	16	44	19,22	15,20		30	94144	0,00	12,3	10,9	0,333
8	13,60	limi debolmente sabbiosi	coesivo	4		18,34	16,87		17	23536	27,46	4,3	2,0	0,414
9	14,40	sabbie e ghiaietti	incoerente	11	36	18,93	14,61		28	64724	0,00	8,9	7,9	0,347
10	15,40	cineriti vulcaniche	coesivo	46		24,52	23,54		19	270664	305,97	45,3	20,8	0,403
					Skempton (1986)	Terzaghi & Peck (1948-1967) - terreni incoerenti Meyerhof ed altri - terreni coesivi	Terzaghi & Peck (1948-1967) - terreni incoerenti Meyerhof ed altri - terreni coesivi	valore medio tra il peso di volume secco e il peso di volume saturo	Shioi & Fukuni (1982)	Shioi & Fukuni (1982)	Terzaghi & Peck	Schmertmann (1978) - terreni incoerenti Apollonia - terreni coesivi	Farrent (1963) - terreni incoerenti Stroud-Butler (1975) - terreni coesivi	A.G.I.

Principali Parametri sismici

Categoria di sottosuolo (tabella 3.2.II – NTC2018)	Categoria Topografica (tabella 3.2.III – NTC2018)
C	**T1**

Parametri geotecnici da analisi di laboratorio su campione indisturbato

Campione	Profondità prelievo (m)	Descrizione litologica	Peso unità di volume naturale γn (KN/m^3)	Peso unità di volume saturo γsat (KN/m^3)	Contenuto d'acqua naturale ***W*** %	Indice dei vuoti ***e***	Porosità ***n*** %	Angolo d'attrito ϕ (°)	Coesione ***C*** (KPa)	Descrizione granulometrica
C1	4.00-4.50	Limo sabbioso marrone con clasti poligenici eterometrici	18,21	19,22	19,44	0,68	40,6	25,41	2,8	Sabbia con ghiaia con limo