

Oggetto dell'incarico

STUDIO  
GEOLOGICO

STUDIO DI  
MICROZONAZIONE SISMICA

Committente

NOVATECNO S.r.l.

Titolo dell'incarico

Variante al piano attuativo di iniziativa privata ai sensi della L.R. 11/2005  
 autorizzato con delibera del c.c. n. 125 del 21/12/2005

Località

Loc. San Michele, Fraz. Sant'Angelo di Celle - DERUTA

Mappale

FOGLIO 15

PARTICELLE 611/615/1507

Spazio timbro professionista

Emissione/revisione



Marzo 2014

Spazio timbri

## PREMESSA

L’incarico in oggetto è stato commissionato dalla Novatecno S.r.l. e riguarda lo studio geologico e di microzonazione sismica per la variante al piano attuativo d’iniziativa privata autorizzato con delibera c.c. n. 125 del 21/12/2005 in loc. San Michele, fraz. Sant'Angelo di Celle nel comune di Deruta.

Il quadro normativo di riferimento comprende principalmente il D.M. 14/01/2008 e la D.G.R. 377/2010, con successive modifiche ed integrazioni.

Gli interventi prevedono la realizzazione di modeste strutture edilizie mono/bifamiliari e di una palazzina plurifamiliare con uso commerciale al piano terra.

L’area in esame è posta alla base dei versanti occidentali della Val Tiberina, ad ovest di Deruta, all’interno della C.T.R. dell’Umbria - Elemento 323011/311132 - in scala 1:5.000 ed è distinta in planimetria catastale al foglio n°15 particelle n°611/615/1507.

Le coordinate geografiche dell’area di piano attuativo sono: lat.=42.99989° long.=12.38442° (datum ED50).

Non ci sono vincoli che riguardano gli aspetti geologici riferiti alle carte PAI, IFFI, PTCP, mentre nella cartografia del PRG il sito è compreso in una “Zona con presenza di terreni alluvionali in facies grossolana (sabbie e ghiaie) talora intercalati con livelli di spessore variabile a maggior composizione fine coesiva (limi ed argille) normalconsolidati. Possibilità di livelli cedevoli anche a lungo termine per escursione stagionale della falda che si attesta genericamente tra i 2.5 e i 5.0 m da p.c.. Possibile interferenza con i piani interrati. Vulnerabilità dell’acquifero da elevata (falda <5 m) ad alta (falda compresa tra 5.0 e 10.0 m da p.c.)”. Di tale cartografia se né tratterà comunque in seguito.

## STUDIO GEOLOGICO

Il presente studio intende caratterizzare dal punto di vista geologico l’area interessata dal piano attuativo descritto in premessa.

Al reperimento degli elaborati progettuali e della cartografia tematica del sito, sono seguiti i sopralluoghi e la raccolta delle notizie degli abitanti della zona; successivamente sono state effettuate le opportune indagini in sito, valutate quelle di riferimento, ed è stata redatta la presente relazione sulla base delle osservazioni compiute e dei risultati ottenuti.

Il sottosuolo dell’area appartiene alle alluvioni terrazzate deposte dal F.Tevere (nella nuova cartografia della Regione Umbria sono indicate come “Depositi alluvionali in rapporto con la morfologia e la dinamica attuali”), che costituiscono il ripiano alla base dei versanti su cui si erge l’abitato di Sant’Angelo di Celle e per alcune decine di metri in profondità dal p.c.. Si tratta di alluvioni costituite in prevalenza da facies argilloso/limose con intercalati livelli e strati sabbioso/ghiaiosi di variabile spessore e granulometria.

Il terreno in esame ricade sul ripiano sopracitato, in destra idrografica e ad una distanza di circa 2 km dal F.Tevere, caratterizzato da una morfologia pianeggiante e con lievissime pendenze, senza dissesti superficiali.

Non sono presenti dati sulla franosità storica dell’area, anche in considerazione della stabilità globale della posizione pianeggiante.

La circolazione idrica del sottosuolo si sviluppa all’interno dei livelli e strati sabbioso/ghiaiosi più permeabili presenti all’interno della successione alluvionale.

Il terreno in esame ricade ad una quota di circa 174 m s.l.m. ed assume una pendenza media naturale dello 0.5% rivolta verso est.

Non sono presenti attualmente movimenti gravitativi in atto o latenti in grado di interferire con gli interventi in progetto da piano attuativo, né gli stessi per la loro entità prevista e la posizione pianeggiante del sito possono ledere a tale stabilità globale.

Il reticolo idrografico è costituito dai fossi che scendono dalla dorsale collinare di SanMartino/Cerqueto alla piana del F.Tevere; uno di questi, il Fosso dei Guastri, scorre intubato nel tratto posto poco oltre il limite orientale dell’area di piano attuativo e non determina azioni morfogenetiche rilevanti.

Come ricostruito dal rilievo idrogeologico dell’area, la circolazione idrica sotterranea più superficiale è contenuta nell’acquifero freatico sabbioso/ghiaioso posto al disotto della copertura vegetale e del sottostante strato limoso e fino a circa 6.5/7.0 m di profondità dal p.c., al disopra delle argille/limose basali impermeabili; il livello piezometrico della falda è prossimo al p.c. nella stagione di morbida (attualmente a circa -0.5 m dal p.c.), con abbassamenti dell’ordine di 2/3 m nella stagione di secca. Occorre quindi considerare l’interferenza diretta della falda con le opere fondali, anche nel caso di fondazioni superficiali e senza piani interrati.

Le esondazioni fluviali del F.Tevere, di qualsiasi entità e provenienza, non interessano la posizione rialzata del sito, anche in virtù dell’innalzamento generale del p.c. fino ad oltre 1 m di altezza, come previsione di piano attuativo. La cartografia sulla propensione ai dissesti (carta PAI, IFFI, PTCP) non riporta alcuna zona che possa interessare il sito di studio.

L’intervento prevede una struttura fondale che interesserà direttamente i terreni sotto falda; in ogni caso terminati i lavori fondali non si avranno più pericoli per la risorsa idrica stessa, limitati ed effettuati con metodi rigorosi in tale breve lasso di tempo.

#### *Terre e rocce da scavo*

Per i singoli interventi edificatori, da valutare comunque nelle successive fasi esecutive, è previsto il riutilizzo integrale delle terre e rocce da scavo nel medesimo sito; in particolare si tratta di suolo non contaminato e di altro materiale allo stato naturale escavato nel corso dell’attività di costruzione, ed è certo che il materiale sarà utilizzato a fini di costruzione allo stato naturale nello stesso sito in cui è stato escavato.

#### *Modellazione geologica*

Le indagini geognostiche e geofisiche effettuate nell’area di piano attuativo sono consistite in n°6 prove penetrometriche DPM, n°4 saggi esplorativi con escavatore meccanico profondi 4.5 m al massimo dal p.c., n°1 prospezione sismica MASW e n°2 misure del microtremore sismico. Si fa riferimento inoltre alle stratigrafie delle perforazioni idriche ed ai risultati di altre indagini condotte intorno all’area di piano attuativo.

L’ubicazione, la tipologia e la descrizione delle indagini in sito sono riportate nelle tavole in appendice, insieme ai risultati dell’elaborazione dei rispettivi programmi specifici.

Per quanto riguarda l’indagine penetrometrica la strumentazione utilizzata è costituita da un penetrometro dinamico prodotto dalla Ditta Compac. Per la prospezione sismica MASW l’unità di acquisizione è della Sara Elettronic Instruments 24 canali – 24 bit, i sensori sono GS11D 4.5 Hz, l’energizzazione è data da una mazza da 8 kg su piastra metallica; per la prospezione sismica tramite registrazione del microtremore sismico l’unità di acquisizione è della Sara Elettronic Instruments 3 canali – 24 bit con sensore da 4.5 Hz.

Ulteriori indagini potranno essere eventualmente effettuate nei singoli lotti per l’edificazione futura, in funzione della particolare tipologia strutturale/fondale scelta e per confermare i dati riportati nella presente relazione.

Si segnala la presenza di uno strato sabbioso/ghiaioso sciolto rilevato durante la prova penetrometrica n°4 ed il saggio n°4, a profondità comprese tra circa 3.5 e 4.0 m dal p.c. e che dovrà essere meglio indagato nella fase esecutiva.

Da tali indagini è stato possibile, oltre che definire la microzonazione sismica, ricostruire il seguente profilo stratigrafico-geotecnico del sottosuolo (modello geologico-geotecnico), a partire dalla quota media attuale del p.c. ed escludendo la copertura vegetale non adatta come terreno fondale (per il valore della coesione non drenata dello strato limoso si è riportato quello della correlazione di Sanglerat mentre per l’angolo di attrito dello strato sabbioso/ghiaioso si è fatto riferimento a quella di Sowers; le altre correlazioni per vari autori noti in letteratura sono riportate nell’elaborazione allegata):

**da 0.7/1.3 a 1.0/4.1 m limo argilloso/sabbioso medio compatto nocciola e grigio (compor. prevalen. coesivo)**

<i>Parametro</i>	<i>simb.</i>	<i>Unità</i>	<i>valore rilevato</i>	<i>M1 v. caratter.</i>	<i>M2 v. progett.</i>
peso di volume naturale	$\gamma$	kN/m <sup>3</sup>	19.5	19.5	19.5
peso di volume saturo	$\gamma_{sat}$	kN/m <sup>3</sup>	20	20	20
coesione non drenata - <i>tensioni totali</i>	$c_u$	kN/m <sup>2</sup>	51/73	51	36
coesione efficace - <i>tensioni effettive</i>	$c'$	kN/m <sup>2</sup>	-	-	-
angolo attrito non drenato - <i>tensioni totali</i>	$\phi_u$	gradi ses. (°)	0	0	0
angolo attrito interno efficace - <i>ten. effettive</i>	$\phi'$	gradi ses. (°)	-	-	-
coefficiente sottofondo (cost. di Winkler)	$K_0$	kg/cm <sup>3</sup>	1/2	1	1
grado di sovraconsolidazione	OCR	-	>1	>1	>1
modulo di Poisson	$\nu$	-	0.4	0.4	0.4
modulo elastico	E	kg/cm <sup>2</sup>	50	50	50

**da 1.0/4.1 a 6.5/7.0 m sabbia e ghiaia medio dense (comportamento prevalentemente incoerente)**

<i>Parametro</i>	<i>simb.</i>	<i>Unità</i>	<i>valore rilevato</i>	<i>M1 v. caratter.</i>	<i>M2 v. progett.</i>
peso di volume naturale	$\gamma$	kN/m <sup>3</sup>	18.5	18.5	18.5
peso di volume saturo	$\gamma_{sat}$	kN/m <sup>3</sup>	20	20	20
coesione non drenata - <i>tensioni totali</i>	$c_u$	kN/m <sup>2</sup>	0	0	0
coesione efficace - <i>tensioni effettive</i>	$c'$	kN/m <sup>2</sup>	-	-	-
angolo attrito non drenato - <i>tensioni totali</i>	$\phi_u$	gradi ses. (°)	33/35	33	27.4
angolo attrito interno efficace - <i>ten. effettive</i>	$\phi'$	gradi ses. (°)	33/35	33	27.4
coefficiente sottofondo (cost. di Winkler)	$K_0$	kg/cm <sup>3</sup>	8/10	8	8
grado di sovraconsolidazione	OCR	-	>1	>1	>1
modulo di Poisson	$\nu$	-	0.35	0.35	0.35
modulo elastico	E	kg/cm <sup>2</sup>	100	100	100

**da 6.5/7.0 a >10.0 m limo argilloso/sabbioso compatto azzurro/grigiastro (comportam. prevalen. coesivo)**

<i>Parametro</i>	<i>simb.</i>	<i>Unità</i>	<i>valore rilevato</i>	<i>M1 v. caratter.</i>	<i>M2 v. progett.</i>
peso di volume naturale	$\gamma$	kN/m <sup>3</sup>	19.5/20.0	19.5	19.5
peso di volume saturo	$\gamma_{sat}$	kN/m <sup>3</sup>	20	20	20
coesione non drenata - <i>tensioni totali</i>	$c_u$	kN/m <sup>2</sup>	>100	100	71
coesione efficace - <i>tensioni effettive</i>	$c'$	kN/m <sup>2</sup>	15/20	15	12
angolo attrito non drenato - <i>tensioni totali</i>	$\phi_u$	gradi ses. (°)	0	0	0
angolo attrito interno efficace - <i>ten. effettive</i>	$\phi'$	gradi ses. (°)	15/20	15	12
coefficiente sottofondo (cost. di Winkler)	$K_0$	kg/cm <sup>3</sup>	8/10	8	8
grado di sovraconsolidazione	OCR	-	>1	>1	>1
modulo di Poisson	$\nu$	-	0.4	0.4	0.4
modulo elastico	E	kg/cm <sup>2</sup>	200	200	200



## **STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA**

Il piano attuativo in oggetto ricade in zona sismica di 2<sup>a</sup> categoria (grado di sismicità pari a 9), come individuato nella D.G.R. del 18 settembre 2012 n. 1111 “Aggiornamento classificazione sismica del territorio regionale dell’Umbria” seguita alla D.G.R. del 18 giugno 2003 n. 852 “Approvazione classificazione sismica del territorio regionale dell’Umbria” ed alle disposizioni dell’Ordinanza del P.C.M. n°3274 del 20/03/2003.

Per lo studio di microzonazione sismica, sono stati applicati il primo ed il secondo livello di approfondimento; il terzo livello non è stato applicato in quanto i fenomeni attesi di amplificazione sono relativamente semplici e le opere sono di modesta entità; la cartografia di base è rappresentata dalla CTR in scala 1:5.000.

### *Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento*

Le indagini effettuate in sito sono state descritte nel paragrafo precedente.

Non sono presenti studi di microzonazione sismica condotti da enti pubblici nell’area interessata.

Le carte di pericolosità che comprendono l’area riguardano principalmente i fenomeni di instabilità e di esondabilità (PAI, IFFI, PTCP e PRG).

Non sono presenti indizi di faglie attive.

### *Assetto geologico e geomorfologico dell’area*

I terreni dell’area in esame appartengono alle alluvioni terrazzate, per le cui caratteristiche granulometriche e geotecniche si rimanda al paragrafo precedente.

Dal punto di vista geomorfologico non ci sono elementi rilevanti da segnalare e che possono interferire con gli interventi in progetto.

I depositi alluvionali, insieme a quelli sottostanti fluvio-lacustri del Villafranchiano, hanno uno spessore complessivo dell’ordine di molte decine di metri dal p.c. (bedrock sismico a -120/140 m dal p.c. da misure H/V).

Il terreno presente in zona è stato quindi considerato come materiale di copertura (L5), costituito da limi ed argille in prevalenza con sabbie e ghiaie intercalate.

### *Dati geotecnici e geofisici*

I terreni presenti nel sottosuolo dell’area appartengono alla categoria delle terre di natura coesiva, per quanto riguarda i limi-argilloso/sabbiosi superficiali e le argille limose basali, e di natura incoerente, per quanto riguarda il banco ghiaioso-sabbioso intercalato.

Per le caratteristiche geotecniche si fa riferimento al paragrafo precedente.

Per quanto riguarda i dati pregressi si fa riferimento ai risultati di altre indagini di varia natura effettuate nella zona di Sant’Angelo di Celle.

### *Modello del sottosuolo*

Il modello geologico del sito è costituito da un sottosuolo alluvionale con sottostanti depositi fluvio/lacustri per molte decine di metri dal p.c. (bedrock sismico a -120/140 m dal p.c. da misure H/V), come riportato nel paragrafo dello studio geologico.

### *Interpretazioni e incertezze*

I risultati delle indagini condotte in sito e di riferimento sono sufficienti ad affermare la fattibilità di quanto in progetto.

I valori dinamici dei terreni sono stati ricavati da una Masw e da misure del microtremore sismico.

### *Metodologie di analisi e risultati*

L’elaborato principale previsto dal livello 1 di studio è la ‘Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica’ ove, in generale sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e della valutazione dei dati litostratigrafici (si sottolinea che si tratta di dati pregressi, già disponibili per l’area), è prevedibile l’occorrenza di diversi tipi di effetti prodotti dall’azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ecc.).

In particolare la zona in esame è stata suddivisa in due microzone stabili suscettibili di amplificazione locale, sulla base dello spessore dello strato limoso-argilloso/sabbioso superficiale e del banco sabbioso/ghiaioso sottostante; il sottosuolo è costituito da depositi continentali alluvionali limoso-argillosi e sabbioso-ghiaiosi per uno spessore complessivo dell’ordine di molte decine di metri, insieme ai sottostanti depositi fluvio/lacustri.

La zona non è suscettibile di instabilità per condizione di versante (posizione vicino alla sommità), per liquefazione (buona consistenza e granulometria eterogenea del deposito), per presenza di faglia attiva e capace (assenza di evidenti indizi morfologici) e per cedimenti differenziali in merito all’assenza di contatto stratigrafico o tettonico di litotipo con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse.

Dall’elaborato principale previsto dal livello 1 di studio è stata ricavata la ‘Carta di microzonazione sismica’ di livello 2 che riporta i risultati delle analisi per la quantificazione numerica degli effetti di amplificazione o di instabilità.

La carta indica il valore di amplificazione ottenuto per la zona attraverso l’uso degli abachi (FA e FV) riportati negli “Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica” della Protezione Civile Nazionale.

Nella carta sono stati riportati, i valori di FA e FV considerando un terreno prevalentemente argilloso e con spessore medio stimato  $H=130$  m, accelerazione  $a_g=0.18$  g, profilo di velocità lineare con pendenza costante e valore  $V_{sH}=700$  m/s.

Per l’azione sismica si è ricorso ai metodi semplificati, giustificato dalle NTC08 perché, come nel caso specifico, non si tratta di sito caratterizzato da terreni a bassa consistenza o suscettibili alla liquefazione (esclusione appartenenza categoria S1 ed S2) e da morfologia complessa superficiale o sepolta, neppure dalla presenza di eterogeneità laterali o di variabilità plano-altimetriche pronunciate del tetto del substrato; per l’applicabilità dei metodi devono infatti essere escluse tutte quelle situazioni dove sono possibili effetti bi- o tri-dimensionali, effetti di bacino e di focalizzazione dell’energia sismica per cui bisogna ricorrere a specifiche analisi di risposta sismica locale.

Il base alla tipologia delle opere previste da piano attuativo (edifici di civile abitazione con solo il piano terra di una palazzina adibita ad uso commerciale senza comunque particolari affollamenti), possono essere definiti:

- vita nominale  $V_N \geq 50$  anni;
- classe d’uso II ( $C_U=1$ );
- periodo di riferimento  $V_R \geq 50$  ( $V_N \times C_U$ ).

Di supporto alla microzonazione sono state condotte prospezioni geofisiche MASW e HVSR in sito, con stendimento, caratteristiche strumentali e modalità d’esecuzione riportati negli allegati in appendice, e con le quali è stato possibile definire la categoria “B” di sottosuolo, ossia “Rocce tenere o depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $N_{SPT,30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $C_{u,30} > 250$  KPa nei terreni a grana fina)”.

Secondo l’interpretazione dei risultati delle misure HVSR, il deposito continentale alluvionale-fluvio/lacustre ha uno spessore di 120/140 m al disopra del bedrock sismico, al quale competono velocità delle onde S pari a circa 1000 m/s; al deposito continentale dei primi 30 m competono velocità  $V_{s,30}$  tra 400 e 500 m/s.

Per quanto riguarda la categoria topografica si può assegnare al sito in esame la categoria T1 ossia “superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ”, visto la semplice morfologia superficiale/sepolta e le basse pendenze del sito.

I risultati della modellazione sismica sono riportati in appendice e devono essere presi come indicativi in quanto non sono ottenuti dai reali parametri delle strutture in elevazione.

Nell'ambito della zona in esame non sono inoltre superficialmente rilevabili evidenti lineazioni morfologiche di faglie sismogenetiche in grado di testimoniare fenomeni tettonici attivi.

Per quanto riguarda l’amplificazione si indicano:

- coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S_s$  compreso tra  $1 \leq 1.4-0.4F_0a_g/g \leq 1.2$ ;
- coefficiente  $C_c$  pari a  $1.1 (T_c)^{-0.2}$ ;
- coefficiente di amplificazione topografica  $S_T = 1$ .

L’esclusione della verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle circostanze indicate nel punto 7.11.3.4 del DM 14.01.2008:

1. eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al p. campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di  $0,1g$ ;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna ...;
4. depositi costituiti da sabbie pulite ...;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1 ... .

Quando nessuna delle condizioni precedenti risulti soddisfatta e il terreno di fondazione comprenda strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, occorre valutare il coefficiente di sicurezza alla liquefazione alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili.

La valutazione in oggetto è stata effettuata con i metodi semplificati di “Seed e Idriss” e “To-kimatsu e Yoshimi” che si basano sul rapporto fra le sollecitazioni di taglio che producono liquefazione e quelle indotte dal terremoto; hanno perciò bisogno di valutare i parametri relativi sia all'evento sismico sia al deposito, determinati questi ultimi privilegiando metodi basati su correlazioni della resistenza alla liquefazione con parametri desunti da prove in situ.

Per la verifica alla liquefazione si è considerato un valore cautelativo dell’ $N_{spt}$ , stimabile dalle indagini in sito, e l’accelerazione sismica massima ( $g$ ) come  $g = a_g \times S_s \times S_T = 0.17 \times 1.2 \times 1 = 0.204$ , dove  $S_s$  è il coefficiente di amplificazione stratigrafica per la categoria B di sottosuolo e  $S_T$  è quello di amplificazione topografica per la categoria T1.

I risultati della valutazione riportati nelle tavole in appendice si riferiscono a varie profondità dello strato acquifero posto poco al disotto del p.c., con presenza di acqua, ed escludono in definitiva la liquefazione del terreno in fase sismica.

#### *Elaborati cartografici*

Lo studio e le rappresentazioni cartografiche sono stati realizzati oltre che dai dati pregressi anche dalle indagini effettuate in sito e nelle vicinanze, per cui con un grado di attendibilità dei dati idonea almeno per la fase di studio in oggetto.

#### *Confronto con la distribuzione di danni per eventi passati*

Non sono disponibili le distribuzioni di danni per eventi passati su strutture esistenti.

#### *Bibliografia*

Cartografia IFFI, PAI, PTCP e PRG.

## CONCLUSIONI

Da un punto di vista geologico e sismico, si può concludere che non esistono controindicazioni alla realizzazione delle opere previste dalla variante al piano attuativo ed, in particolare:

- i terreni del sottosuolo sono di natura alluvionale ed hanno buone caratteristiche geotecniche, oltre una certa profondità, non sono suscettibili di liquefazione in fase di sisma e non hanno una disposizione eteropica significativa;
- il sito non è interessato attualmente da movimenti gravitativi in atto o latenti e da azioni morfogenetiche delle acque superficiali, né tale stabilità può essere alterata dagli interventi previsti;
- la falda idrica sotterranea è posta in prossimità del p.c., per cui interferisce direttamente con le strutture fondali;
- non esistono altre problematiche ambientali che possano essere di rilevante pericolosità.

Per la tipologia, dimensionamento ed incasso fondale si rimanda alla fase esecutiva di ogni singolo intervento edilizio, nel quale potranno essere eventualmente effettuate ulteriori indagini in sito.

### TAVOLE:

- corografia topografica, planimetria catastale, planimetria progettuale, sezione geologica, cartografia vincoli, cartografia geologica e di microzonazione sismica.

### ALLEGATI:

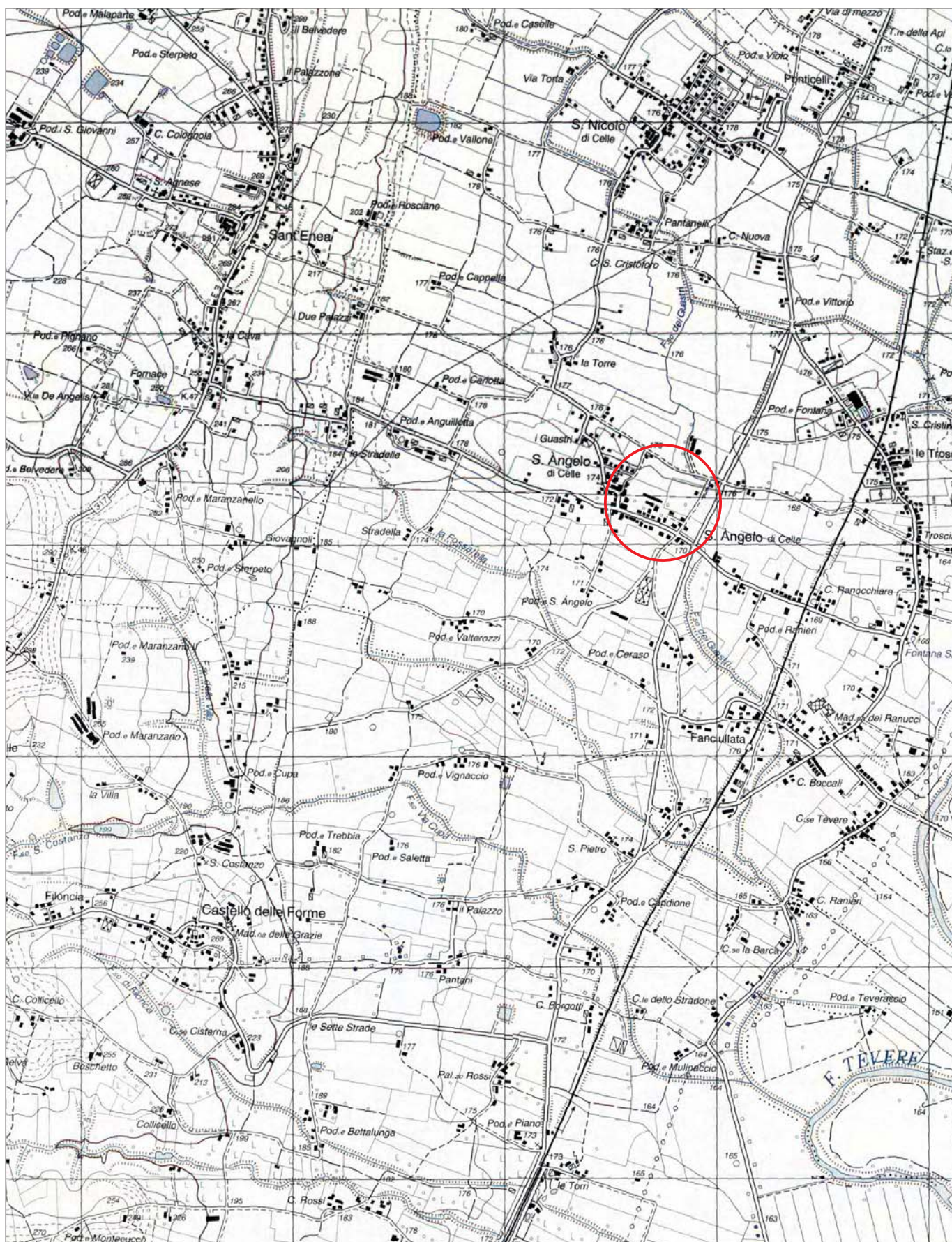
- indagini geognostiche e geofisiche;
- verifica alla liquefazione;
- risultati della valutazione dell’azione sismica di progetto.

Marsciano, marzo 2014

IL GEOLOGO  
Luca Servettini  



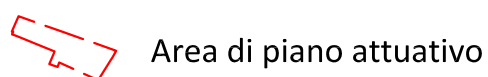

# Corografia I.G.M. - scala 1:25.000



Area in oggetto



Elemento n°323011 (Sant'Angelo di Celle) - n°311132 (San Nicolò di Celle)

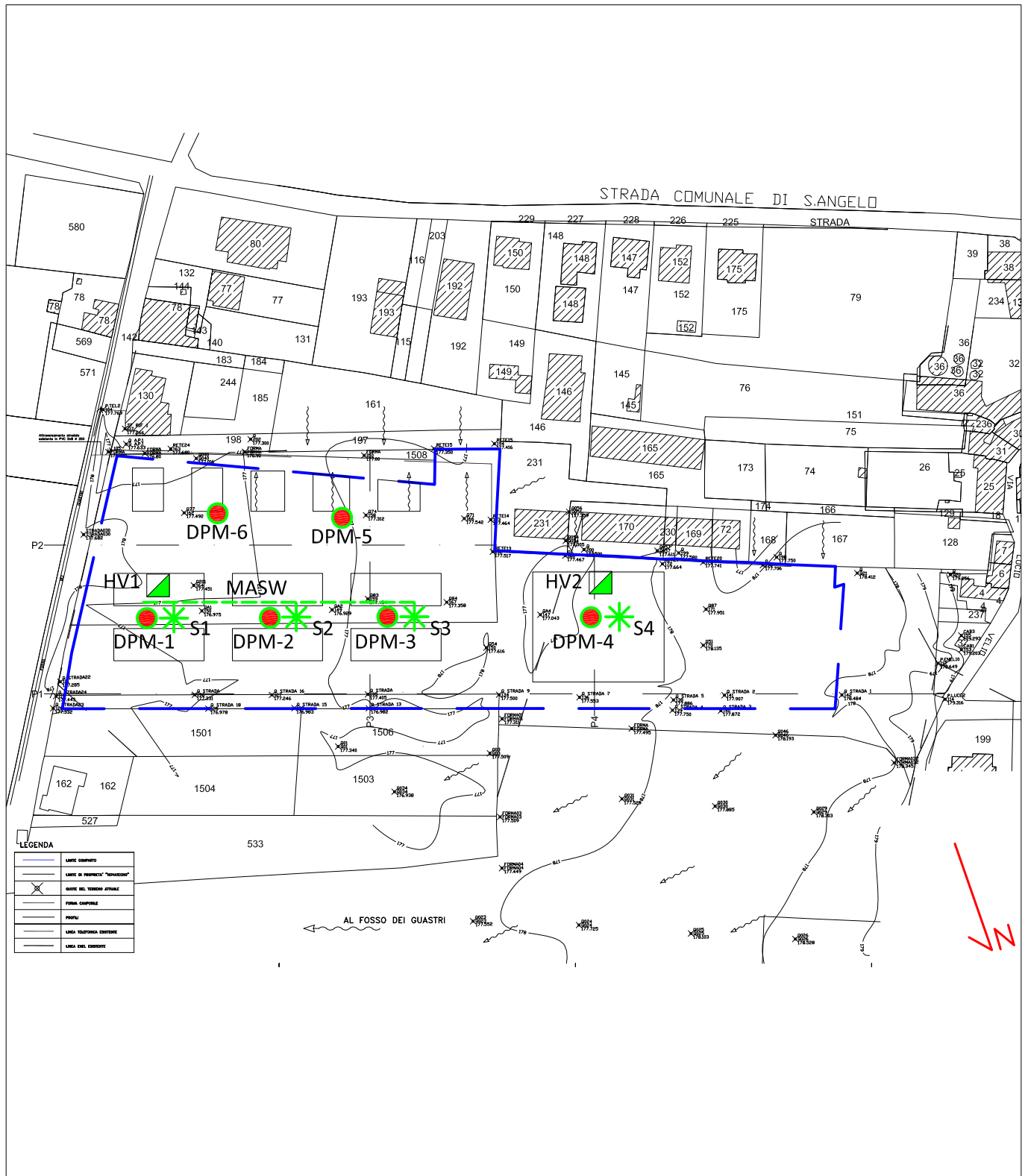


Foglio n°15 - (comune di Deruta)





# Planimetria generale - scala 1:2.000



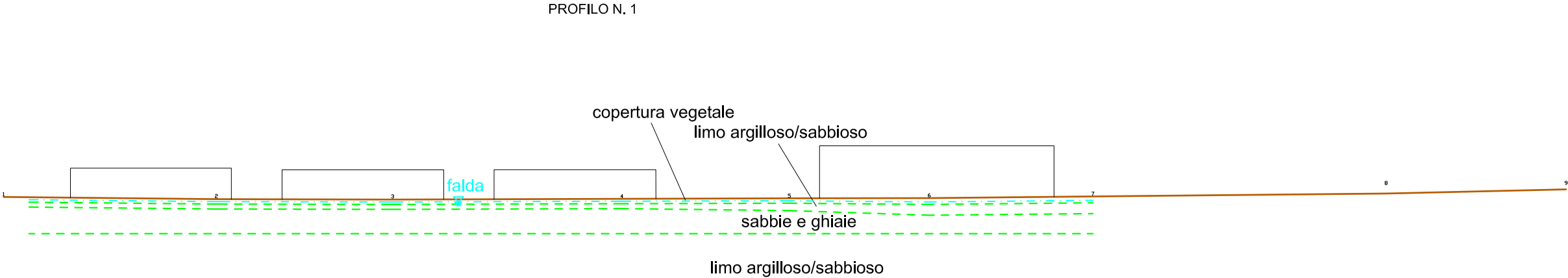
DPM

MASW

HVSR

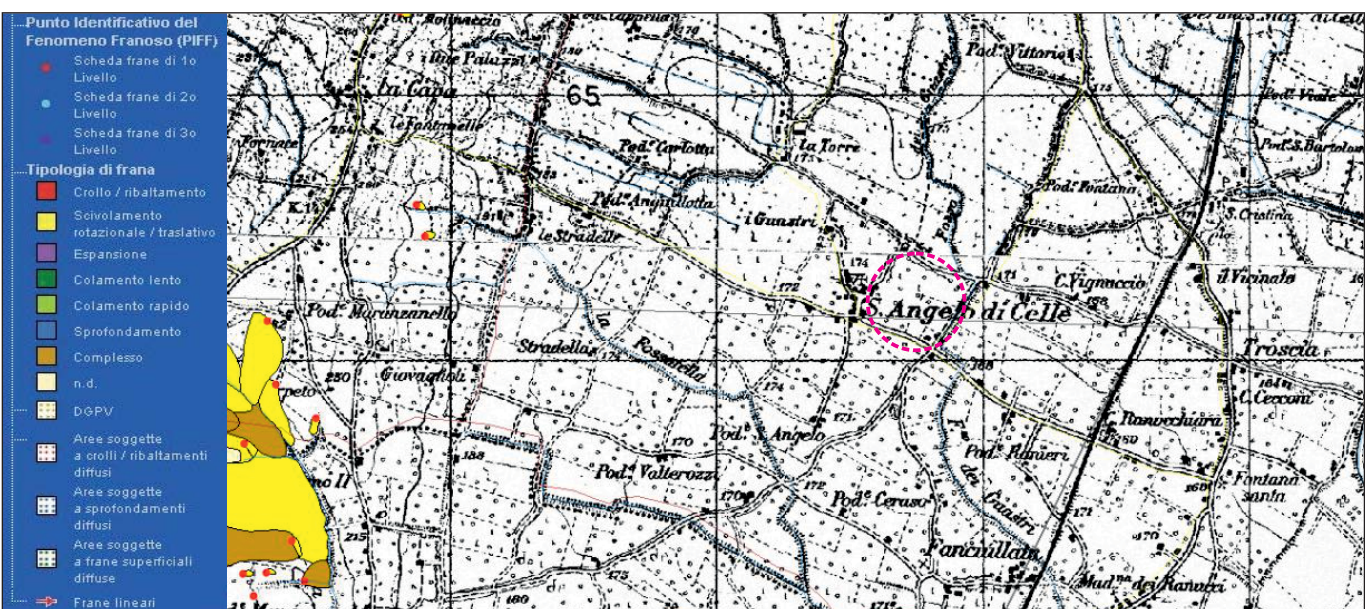
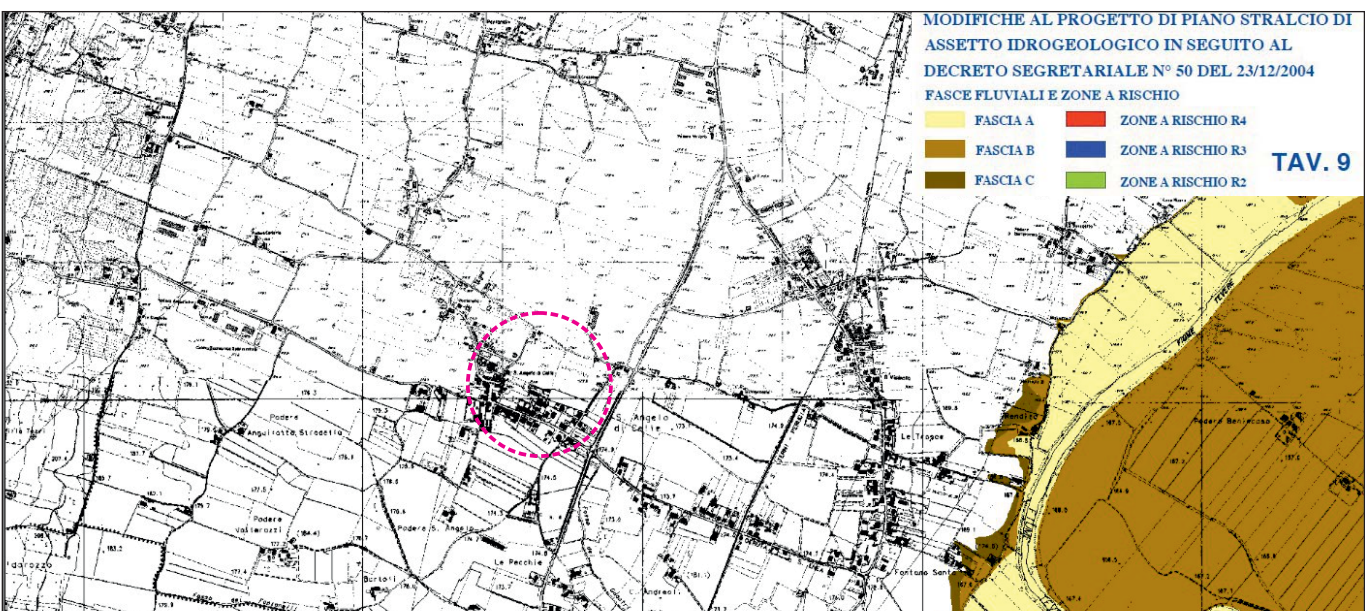
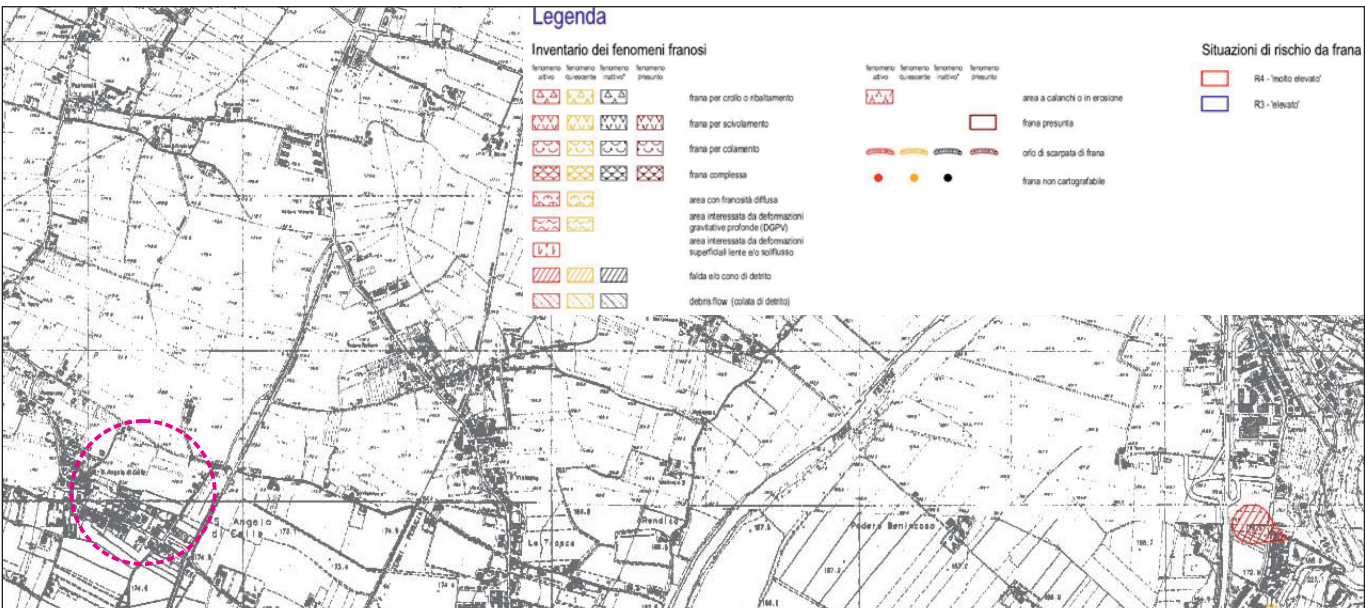
Saggio esplorativo

Sezione geologica - scala 1:1.000



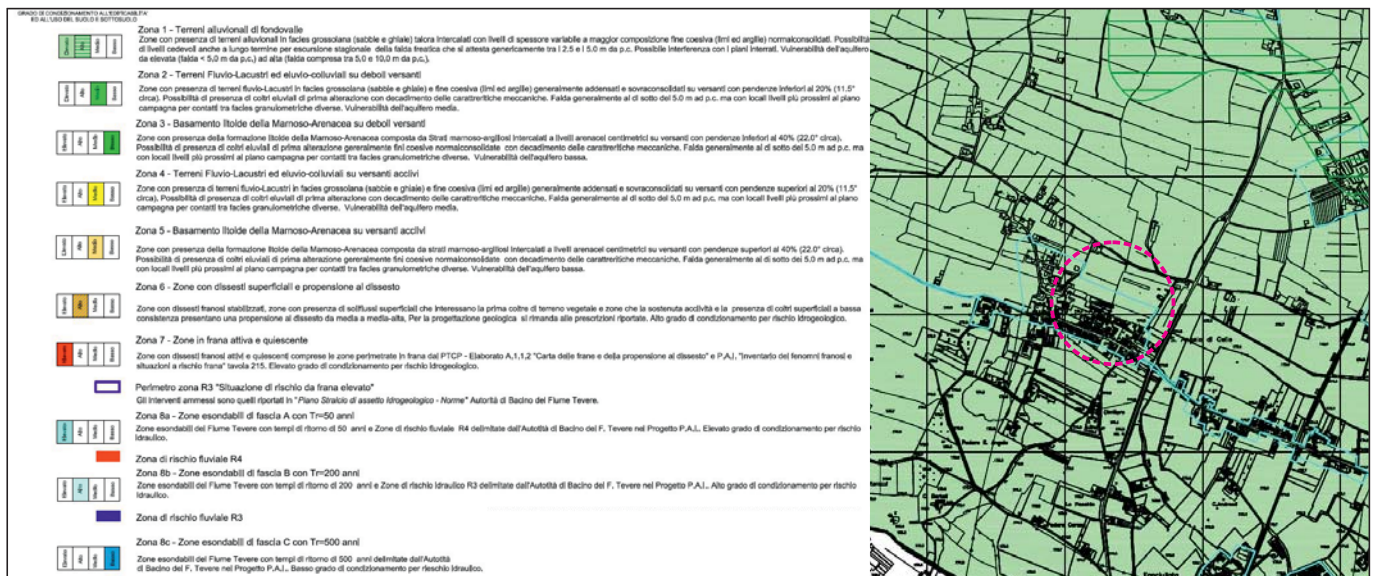
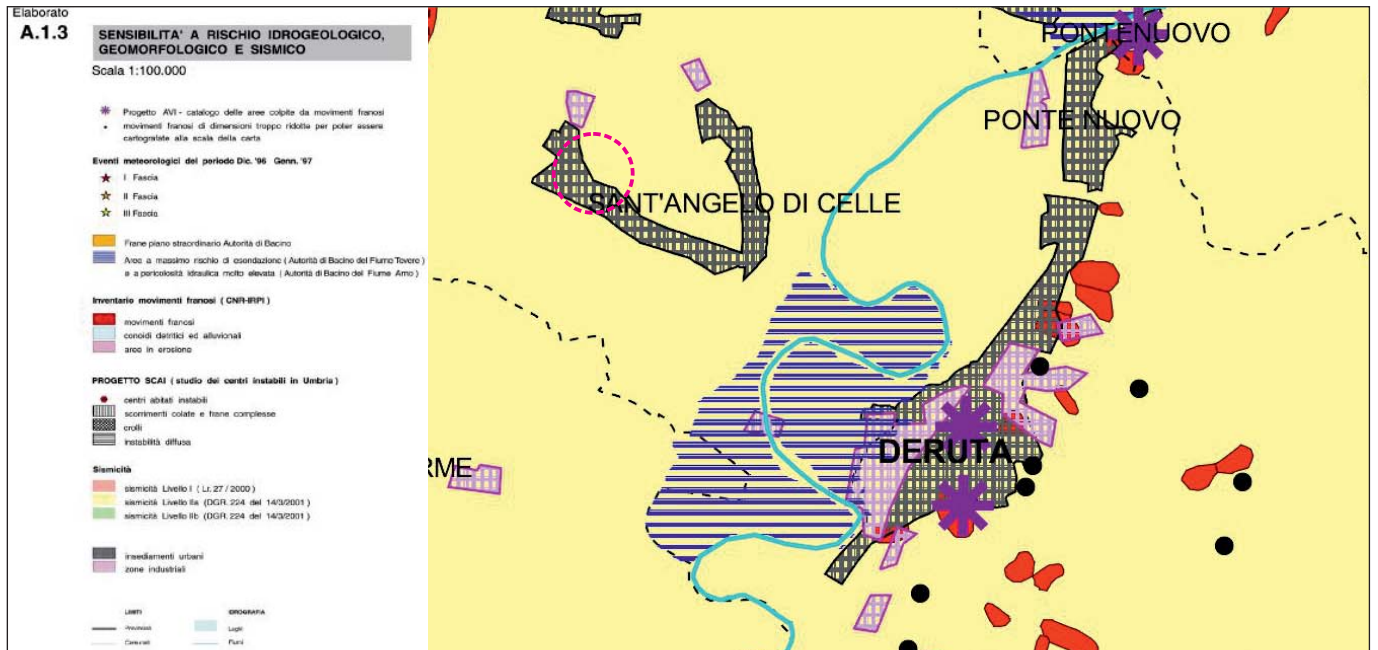


Cartografia PAI frane / PAI idraulica / IFFI - non in scala

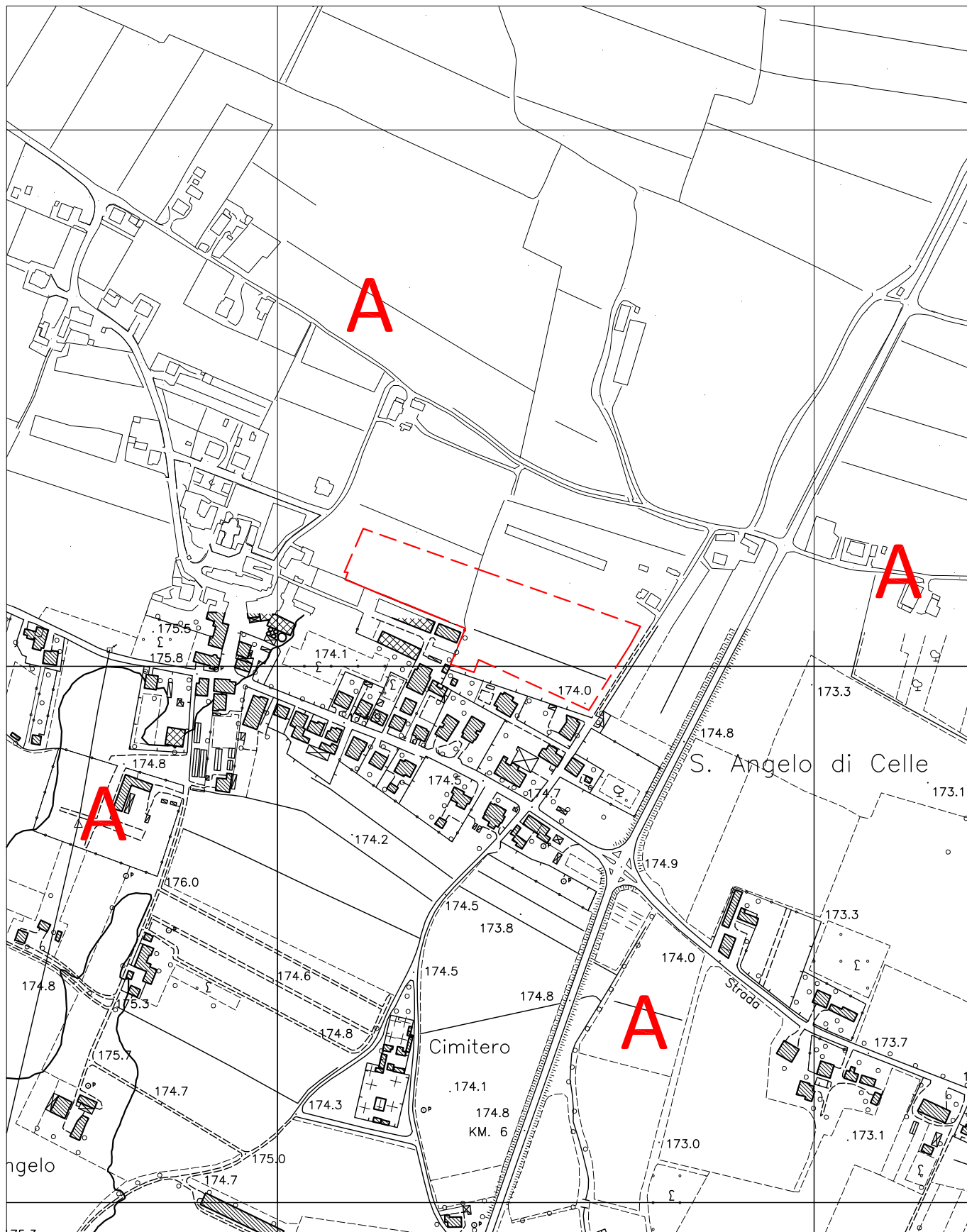




# Cartografia PTCP / PRG - non in scala



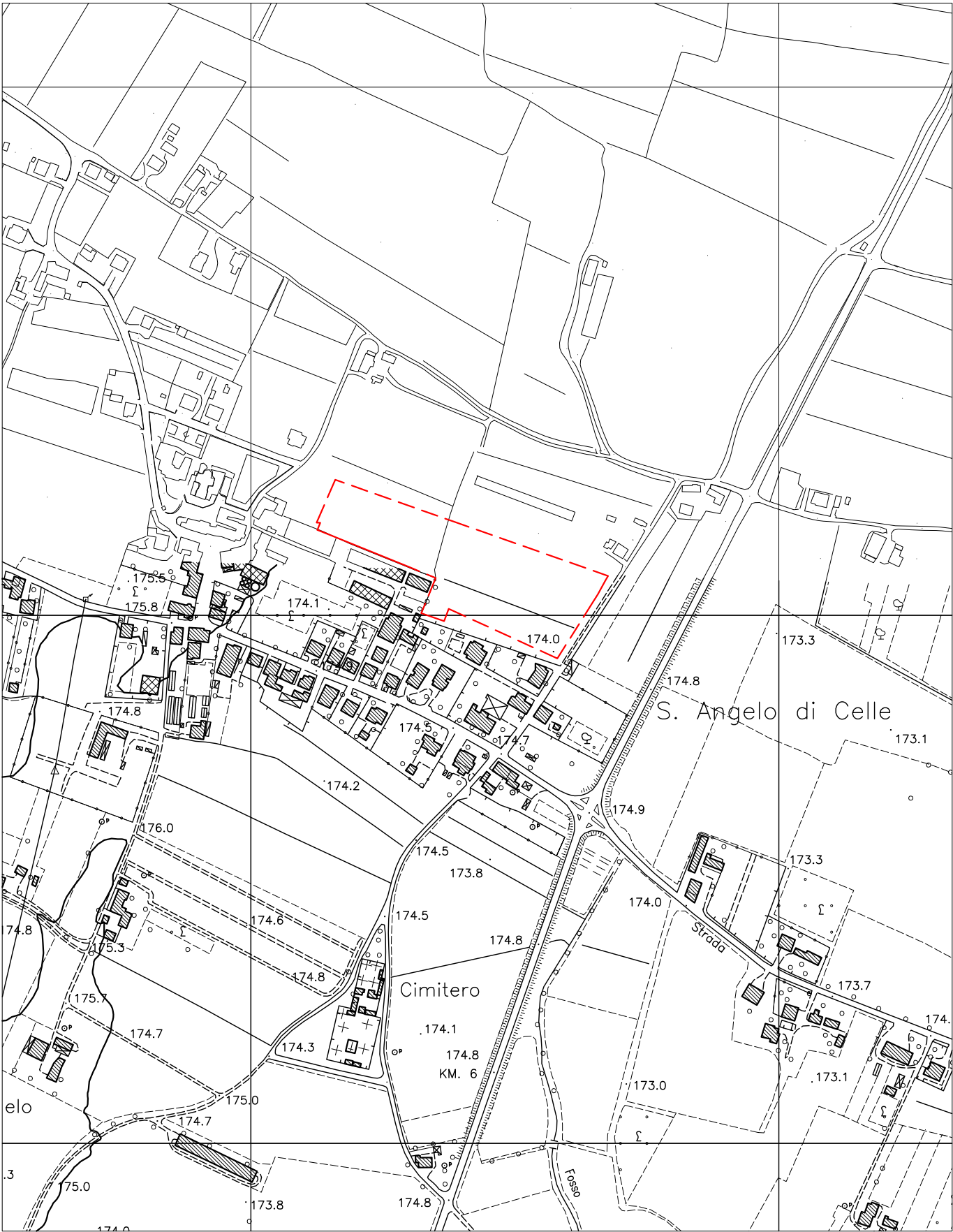
# Carta geologica - scala 1:5.000



Area di piano attuativo

A Alluvioni

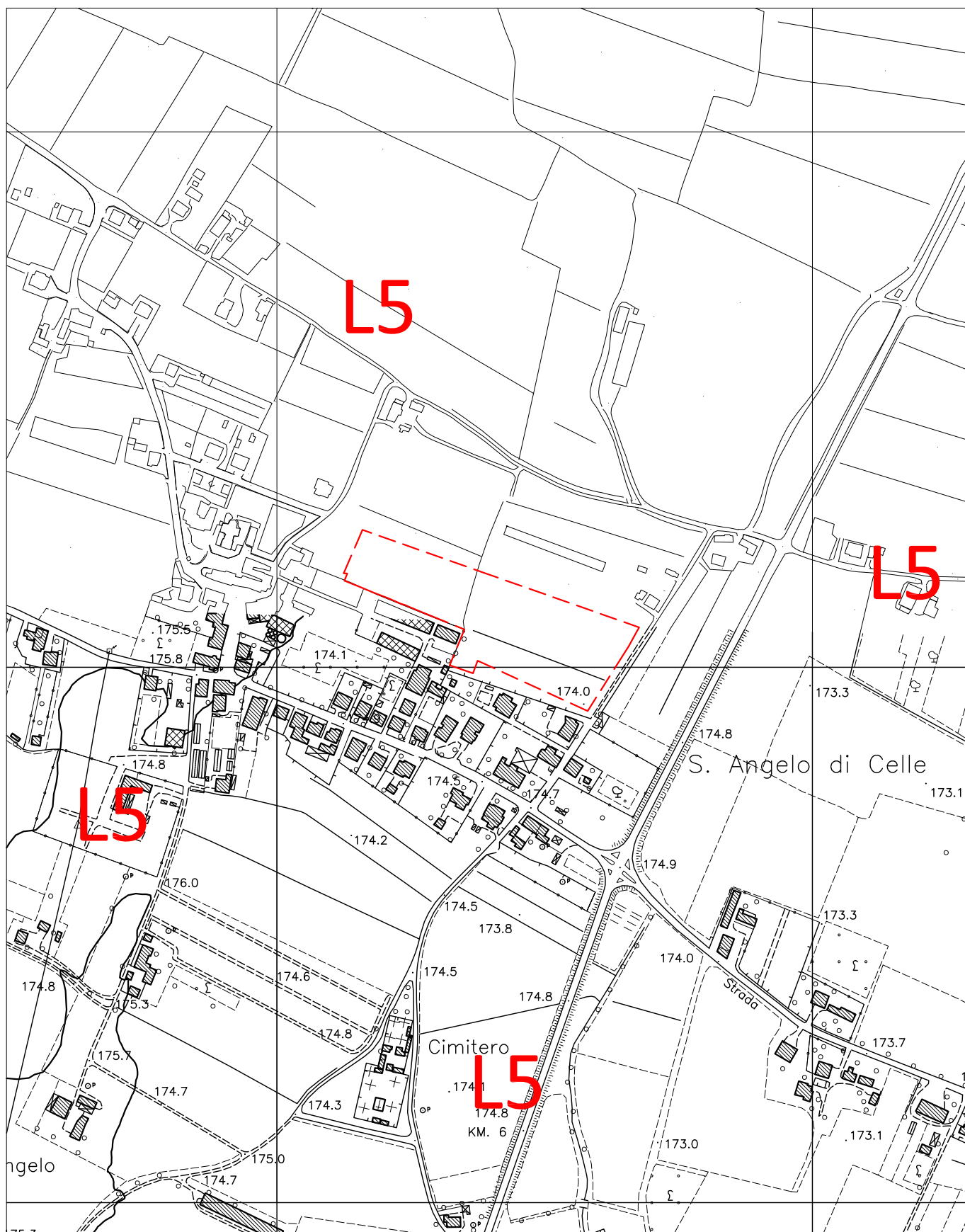
Carta geomorfologica - scala 1:5.000



Non ci sono processi geomorfologici rilevanti per l'area in esame



# Carta litotecnica - scala 1:5.000



Area di piano attuativo

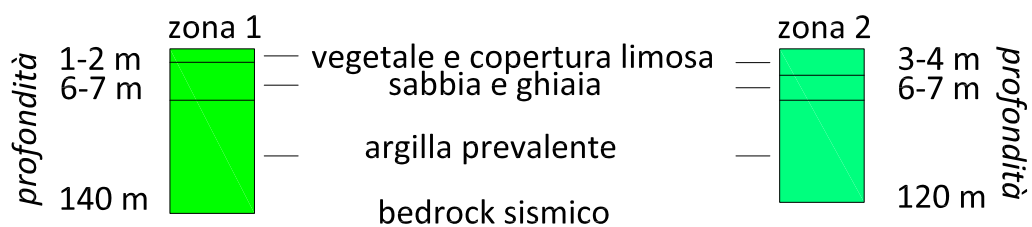
L5 Materiale di copertura



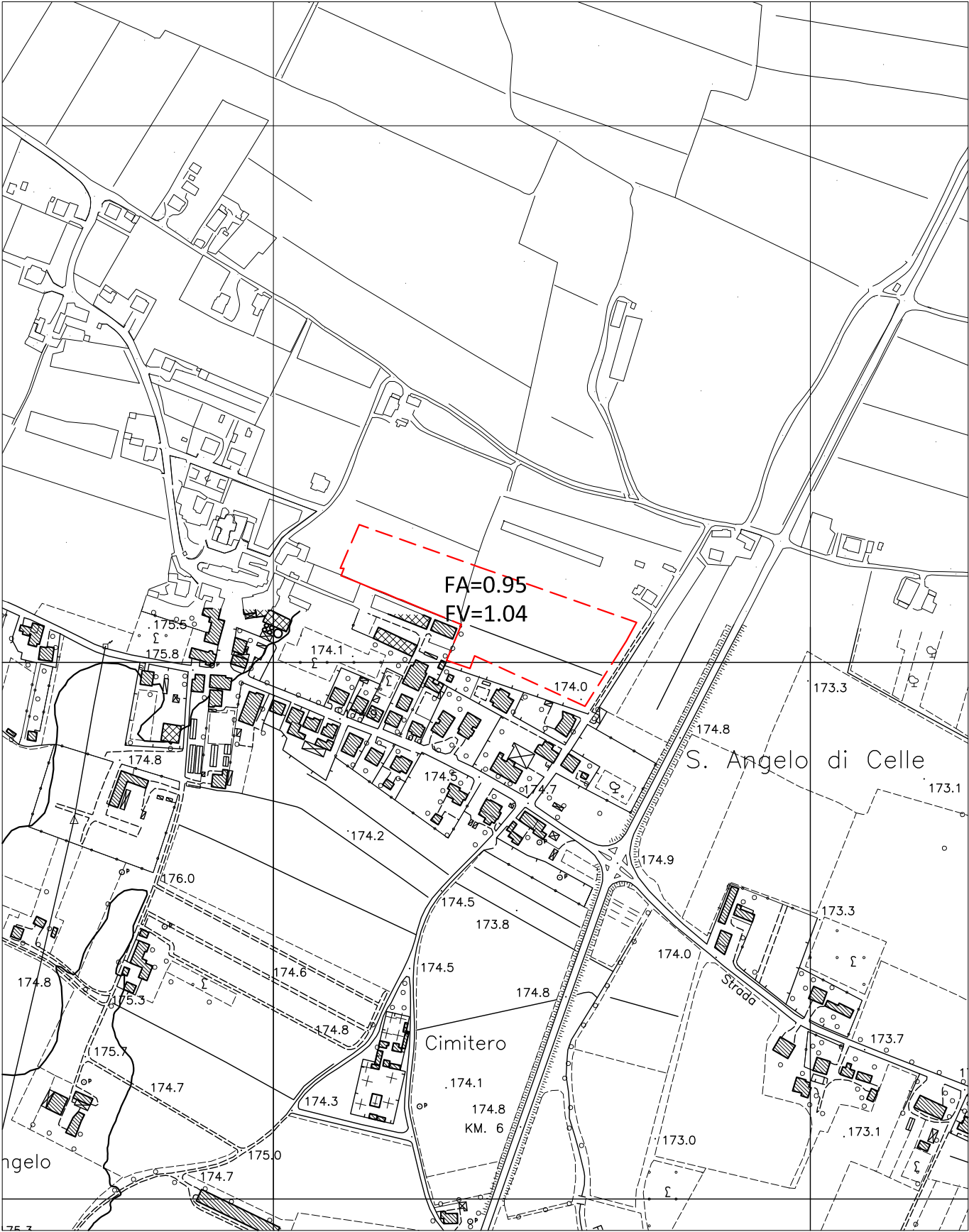
# Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (livello 1) scala 1:5.000



Area di piano attuativo (zona stabile suscettibile di amplificazioni locali)



Carta di microzonazione sismica (livello 2)  
scala 1:5.000




Area di piano attuativo (zona 1-2 valutate con l'utilizzo degli abachi:  
 $ag=0.18$  s, spessore  $H=130$  m,  $V_s=700$  m/s con pendenza costante)


Area di piano attuativo (zona 1-2 valutate con l'utilizzo degli abachi:  
 $ag=0.18$  s, spessore  $H=130$  m,  $V_s=700$  m/s con pendenza costante)

## Stratigrafia scavi esplorativi - scala 1:100


### SCAVO 1

profondità	litotogia	
1.0		Terreno vegetale
1.7		Limo argilloso-sabbioso marrone/grigio
3.5		Sabbie e ghiaie sature

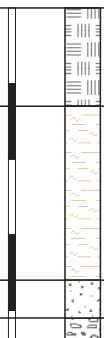
### SCAVO 2

profondità	litotogia	
0.7		Terreno vegetale
1.8		Limo argilloso-sabbioso marrone/grigio
3.5		Sabbie e ghiaie sature

### SCAVO 3

profondità	litotogia	
0.8		Terreno vegetale
2.1		Limo argilloso-sabbioso marrone/grigio
3.5		Sabbie e ghiaie sature

### SCAVO 4

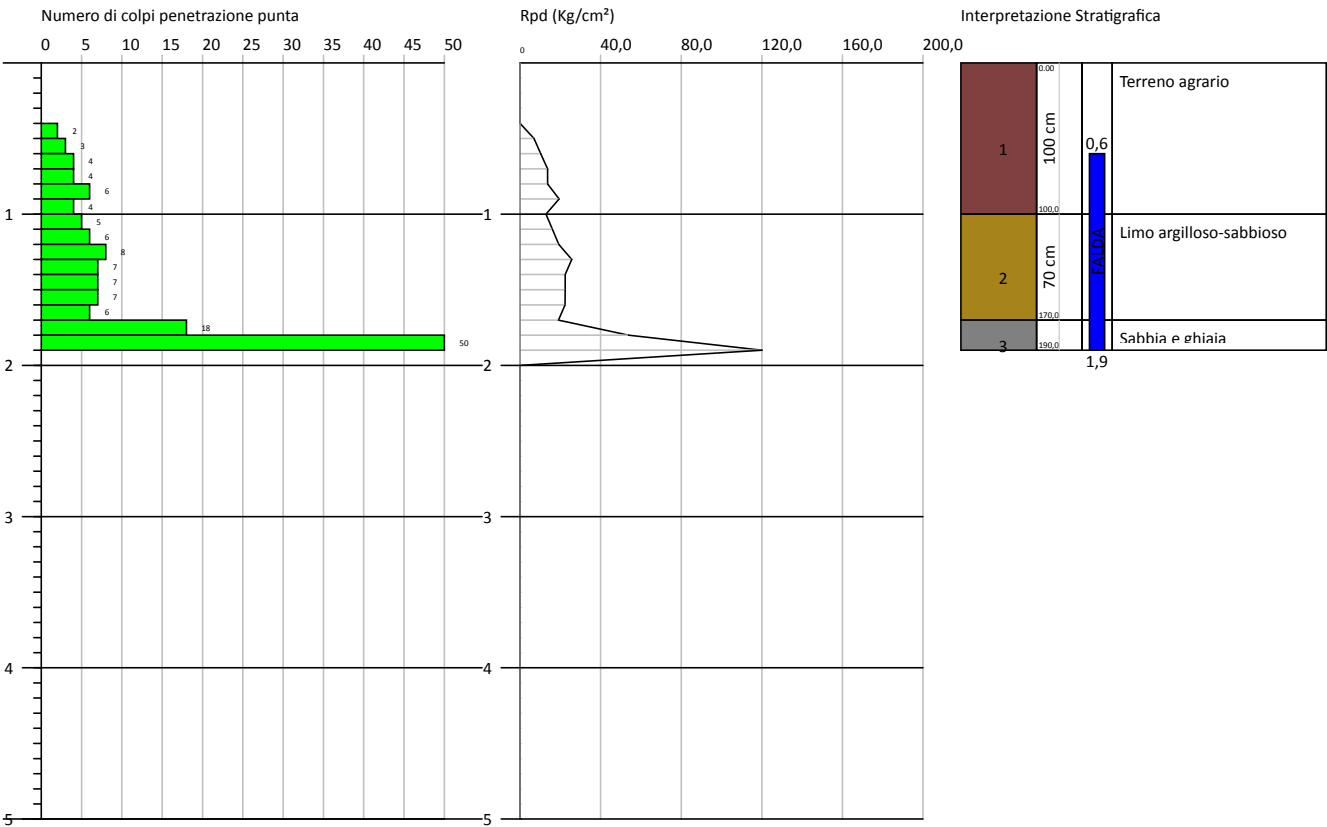
profondità	litotogia	
1.3		Terreno vegetale ed alterazione
3.6		Limo argilloso-sabbioso marrone/grigio
4.1		Sabbie limose sature
4.5		Sabbie e ghiaie sature

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1  
 Strumento utilizzato... PENNY 30

Committente: NOVATECNO SRL  
 Cantiere: Piano attuativo di iniziativa privata - Variante  
 Località: San Michele, Fraz. Sant'Angelo di Celle - Deruta

Data: 23/02/2014

Scala 1:50

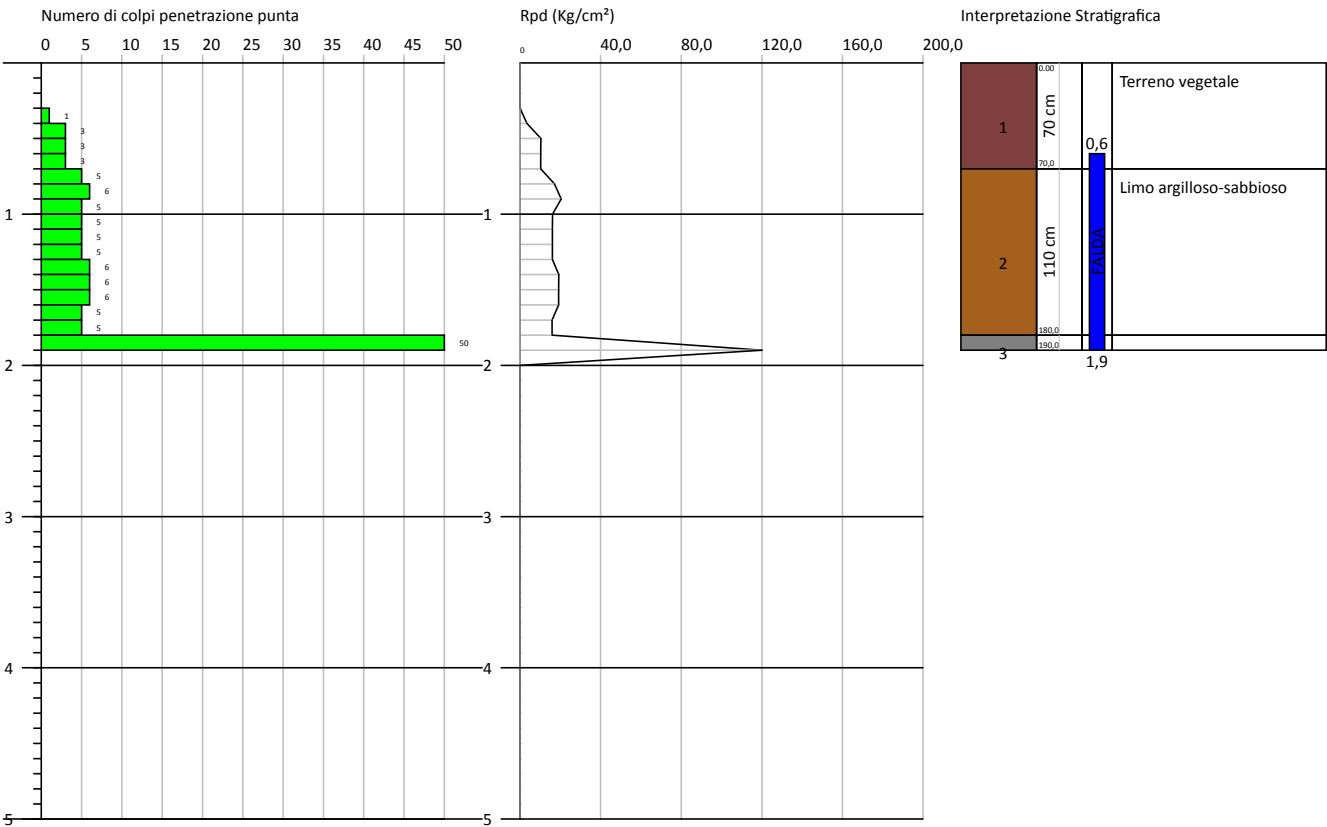


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2  
 Strumento utilizzato... PENNY 30

Committente: NOVATECNO SRL  
 Cantiere: Piano attuativo di iniziativa privata - Variante  
 Località: San Michele, Fraz. Sant'Angelo di Celle - Deruta

Data: 23/02/2014

Scala 1:50

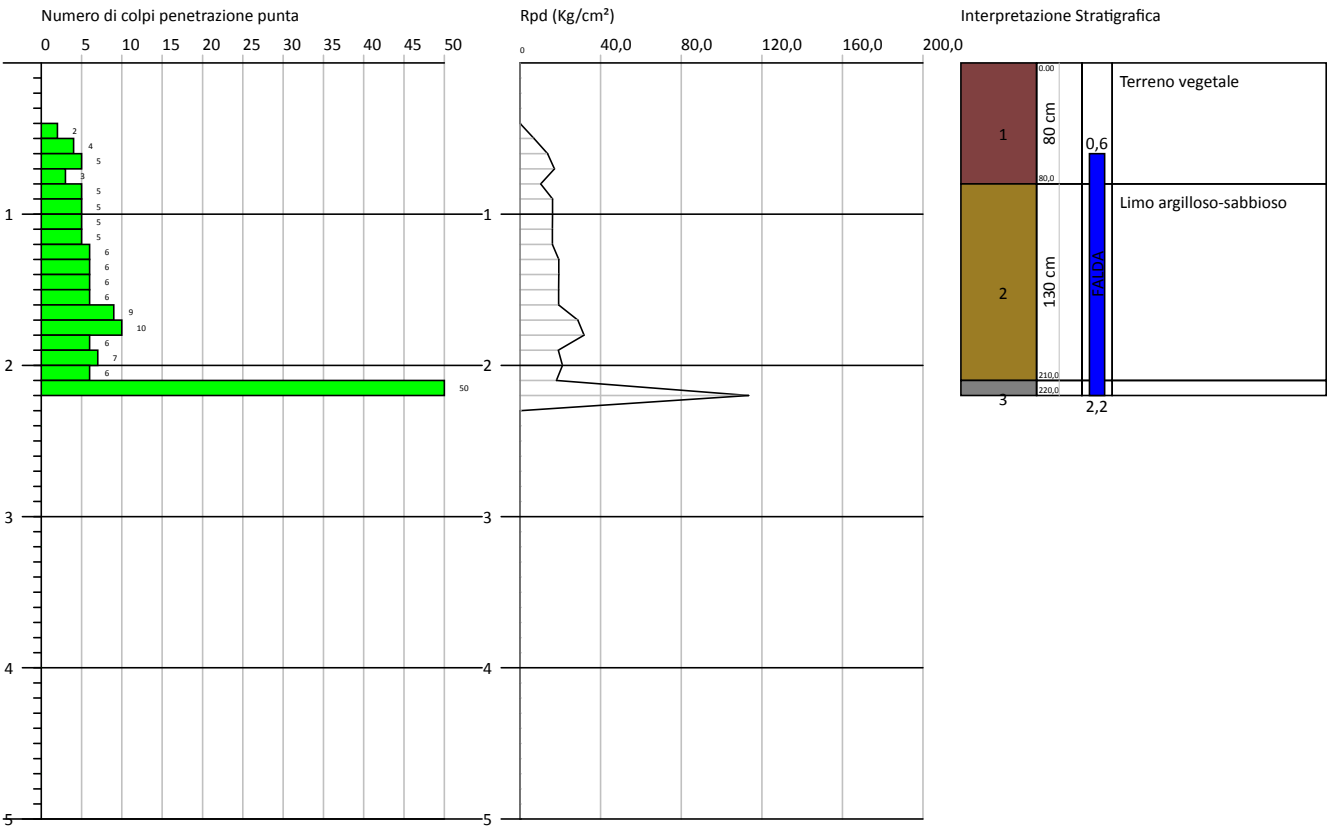


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3  
 Strumento utilizzato... PENNY 30

Committente: NOVATECNO SRL  
 Cantiere: Piano attuativo di iniziativa privata - Variante  
 Località: San Michele, Fraz. Sant'Angelo di Celle - Deruta

Data: 23/02/2014

Scala 1:50

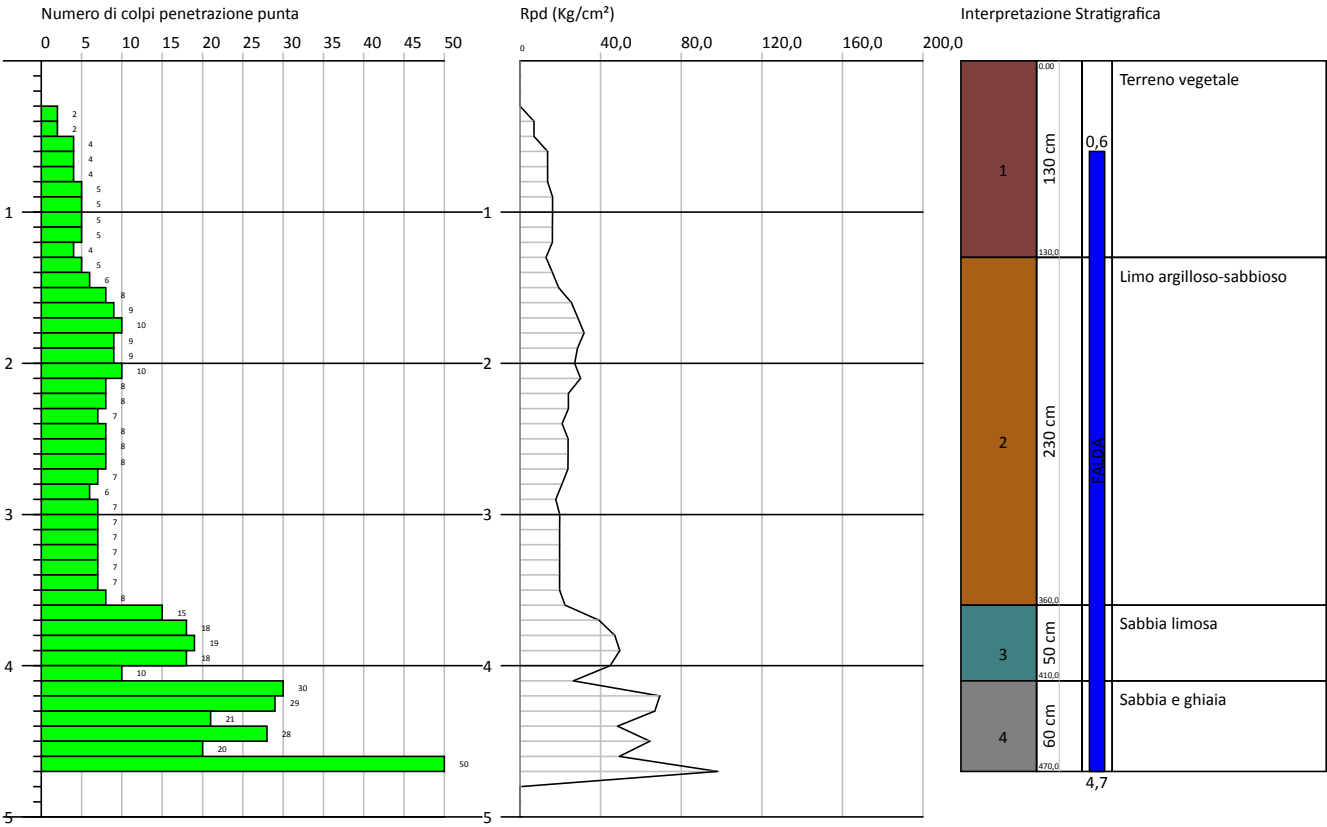


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.4  
 Strumento utilizzato... PENNY 30

Committente: NOVATECNO SRL  
 Cantiere: Piano attuativo di iniziativa privata - Variante  
 Località: San Michele, Fraz. Sant'Angelo di Celle - Deruta

Data: 23/02/2014

Scala 1:50



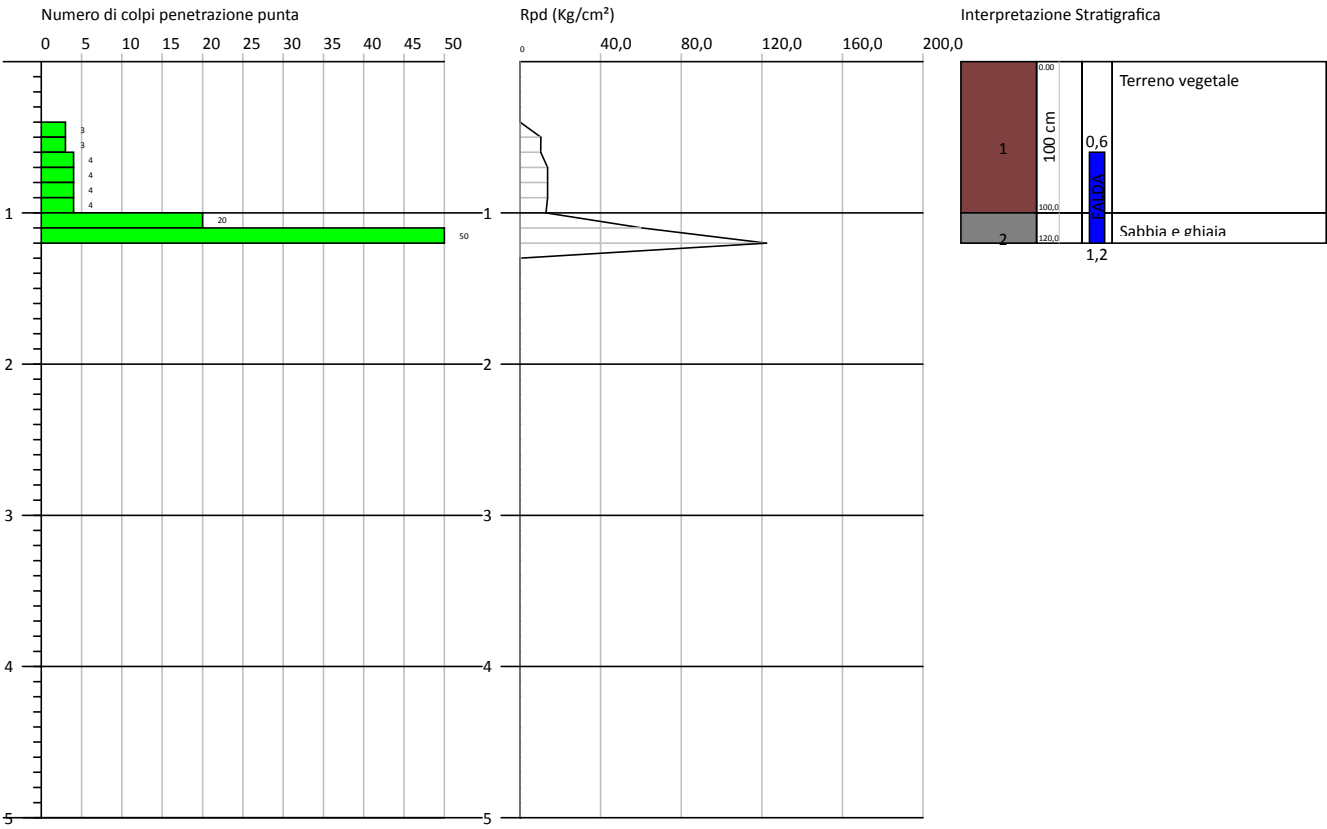


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.5  
 Strumento utilizzato... PENNY 30

Committente: NOVATECNO SRL  
 Cantiere: Piano attuativo di iniziativa privata - Variante  
 Località: San Michele, Fraz. Sant'Angelo di Celle - Deruta

Data: 23/02/2014

Scala 1:50

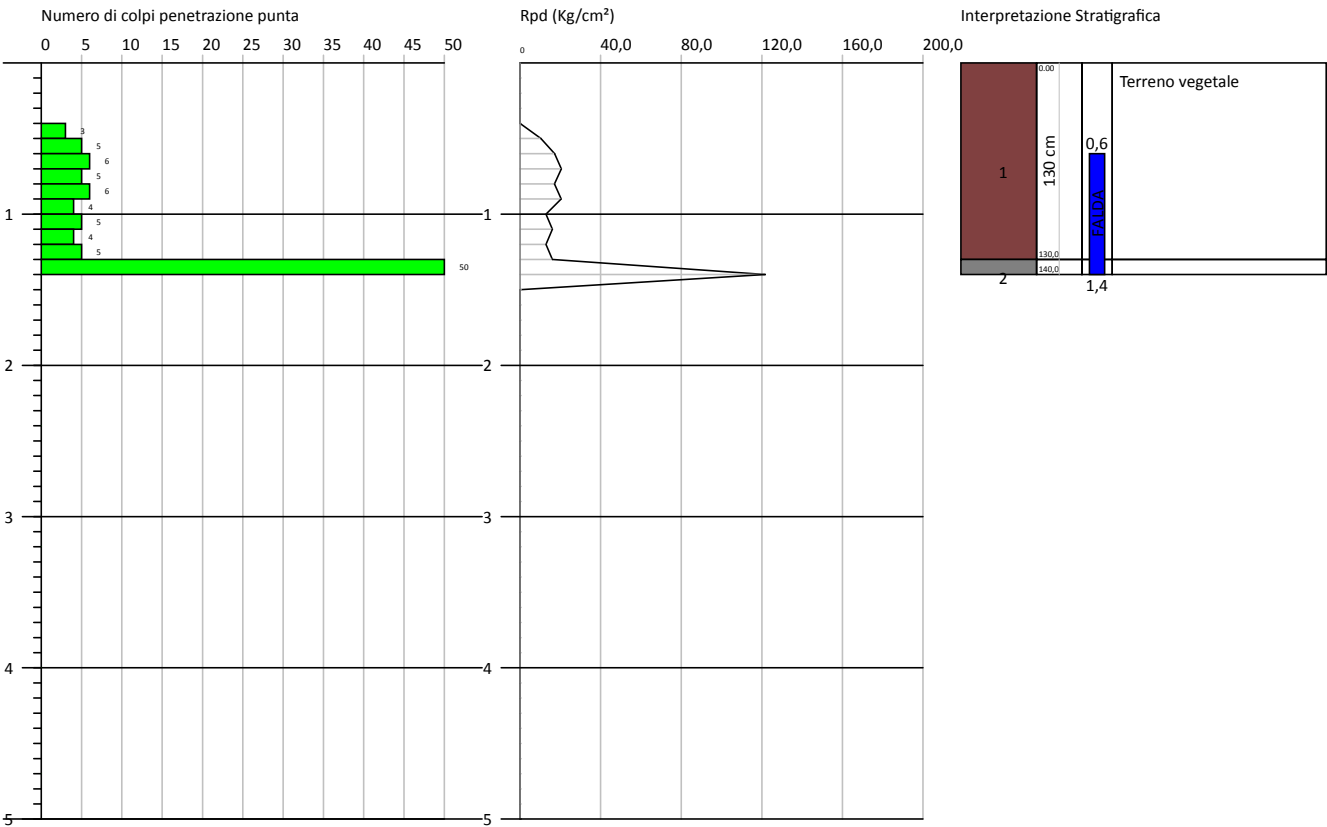


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.6  
 Strumento utilizzato... PENNY 30

Committente: NOVATECNO SRL  
 Cantiere: Piano attuativo di iniziativa privata - Variante  
 Località: San Michele, Fraz. Sant'Angelo di Celle - Deruta

Data: 23/02/2014

Scala 1:50



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: NOVATECNO SRL Cantiere: Piano attuativo di iniziativa privata - Variante Località: San Michele, Fraz. Sant'Angelo di Celle - Deruta	
--	--

## Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: PENNY 30

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0,20 m
Peso sistema di battuta	12 Kg
Diametro punta conica	35,68 mm
Area di base punta	10 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	2,4 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,90 m
Avanzamento punta	0,10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Coeff. Correlazione	0,765
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

## **PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE**

### **(DYNAMIC PROBING)**

### **DPSH – DPM (... *scpt ecc.*)**

#### **Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici**

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $\delta$ ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di “catalogare e parametrizzare” il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura  $\alpha$ )
- avanzamento (penetrazione)  $\delta$
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL)
- tipo MEDIO (DPM)
- tipo PESANTE (DPH)
- tipo SUPERPESANTE (DPSH)

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof.max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

### penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha = 60-90^\circ$ ), diametro D 35.7 mm, area base cono  $A = 10 \text{ cm}^2$  rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha = 60-90^\circ$ ), diametro D 35.7 mm, area base cono  $A = 10 \text{ cm}^2$  rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H = 0.75 m, avanzamento  $\delta = 30$  cm, punta conica ( $\alpha = 60^\circ$ ), diametro D = 50.8 mm, area base cono  $A = 20.27 \text{ cm}^2$  rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;
- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)  
massa battente M = 63.5 kg, altezza caduta H = 0.75 m, avanzamento  $\delta = 20-30$  cm, punta conica conica ( $\alpha = 60^\circ-90^\circ$ ) diametro D = 50.5 mm, area base cono  $A = 20 \text{ cm}^2$ , rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

### Correlazione con N<sub>spt</sub>

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N<sub>spt</sub> ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N<sub>spt</sub>. Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q<sub>spt</sub> è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M = peso massa battente;

M' = peso aste;

H = altezza di caduta;

A = area base punta conica;

$\delta$  = passo di avanzamento.

### Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

$$Rpd = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

Rpd = resistenza dinamica punta (area A);

e = infissione media per colpo ( $\delta/N$ );

M = peso massa battente (altezza caduta H);

P = peso totale aste e sistema battuta.

### Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

### Valutazioni statistiche e correlazioni

#### Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

#### Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Minimo**

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Scarto quadratico medio**

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Media deviata**

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Media + s**

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Media - s**

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Distribuzione normale R.C.**

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove  $s_{N_{spt}}$  è la deviazione standard di  $N_{spt}$

**Distribuzione normale R.N.C.**

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di  $N_{spt}$  distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove  $n$  è il numero di letture.

**Pressione ammissibile**

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 mt. ed immorsamento  $d = 1$  mt..

**Correlazioni geotecniche terreni incoerenti****Liquefazione**

Permette di calcolare utilizzando dati  $N_{spt}$  il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se  $N_{spt}$  dello strato considerato risulta inferiore a  $N_{spt}$  critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

**Correzione  $N_{spt}$  in presenza di falda**

$$N_{spt} \text{ corretto} = 15 + 0.5 \times (N_{spt} - 15)$$

$N_{spt}$  è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

**Angolo di Attrito**

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers 1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda)  $\sigma > 5$  t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38°
- Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m. e per valori di angolo di attrito < 38°).

- Schmertmann 1977- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da  $D_r$  %.
- Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova  $> 8$  mt. sopra falda e  $> 15$  mt. per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONALE RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof.  $> 8$  mt. sopra falda e  $> 15$  mt. per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo  $< 5\%$  a profondità  $< 5$  mt. e con % di limo  $> 5\%$  a profondità  $< 3$  mt.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

#### **Densità relativa (%)**

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie  $D_r$  viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di  $D_r$  % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di  $D_r$  % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

#### **Modulo Di Young ( $E_y$ )**

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici.
- Schultze-Menzenbach, correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970), correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

#### **Modulo Edometrico**

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia
- Buismann-Sanglerat, correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

#### **Stato di consistenza**

- Classificazione A.G.I. 1977

#### **Peso di Volume Gamma**

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

#### **Peso di volume saturo**

- Terzaghi-Peck 1948-1967

#### **Modulo di poisson**

- Classificazione A.G.I.

#### **Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)**

- Seed-Idriss 1978-1981. Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio  $\tau$  e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

#### **Velocità onde di taglio $V_s$ (m/sec)**

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

#### **Modulo di deformazione di taglio ( $G$ )**



- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

#### **Modulo di reazione ( $K_0$ )**

- Navfac 1971-1982 - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso .

#### **Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )**

- Robertson 1983  $Q_c$

### **Correlazioni geotecniche terreni coesivi**

#### **Coesione non drenata**

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA 1983.
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con  $N_{spt} < 8$  , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948).  $C_u$  min-max.
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività  $> 5$ , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche  $< 10$  colpi, per resistenze penetrometriche  $> 10$  l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , ( $C_u$ - $N_{spt}$ -grado di plasticità).
- Schmertmann 1975  $C_u$  (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con  $N_c=20$  e  $Q_c/N_{spt}=2$ .
- Schmertmann 1975  $C_u$  (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata  $C_u$  (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità .
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni 1982 , valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

#### **Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )**

- Robertson 1983  $Q_c$

#### **Modulo Edometrico-Confinato ( $M_o$ )**

- Stroud e Butler (1975) - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970) correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - $M_o$  (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto  $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$ ).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte (  $N_{spt} < 30$ ) medie e molli (  $N_{spt} < 4$ ) e argille sabbiose (  $N_{spt}=6-12$ ).

#### **Modulo Di Young ( $E_Y$ )**

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P.  $> 15$
- D'Appollonia ed altri (1983) - correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

#### **Stato di consistenza**

- Classificazione A.G.I. 1977

#### **Peso di Volume**

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

#### **Peso di volume saturo**

- Meyerhof ed altri.

**PROVA ... Nr.1**

Strumento utilizzato...  
 Prova eseguita in data  
 Profondità prova  
 Falda rilevata

PENNY 30  
 23/02/2014  
 1.90 mt

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)
0,10	0	0,857	0,00	0,00	0,00	0,00
0,20	0	0,855	0,00	0,00	0,00	0,00
0,30	0	0,853	0,00	0,00	0,00	0,00
0,40	0	0,851	0,00	0,00	0,00	0,00
0,50	2	0,849	6,88	8,11	0,34	0,41
0,60	3	0,847	10,30	12,16	0,52	0,61
0,70	4	0,845	13,71	16,22	0,69	0,81
0,80	4	0,843	13,68	16,22	0,68	0,81
0,90	6	0,842	20,47	24,32	1,02	1,22
1,00	4	0,840	12,92	15,38	0,65	0,77
1,10	5	0,838	16,12	19,23	0,81	0,96
1,20	6	0,836	19,30	23,08	0,96	1,15
1,30	8	0,835	25,68	30,77	1,28	1,54
1,40	7	0,833	22,42	26,92	1,12	1,35
1,50	7	0,831	22,38	26,92	1,12	1,35
1,60	7	0,830	22,33	26,92	1,12	1,35
1,70	6	0,828	19,11	23,08	0,96	1,15
1,80	18	0,776	53,75	69,23	2,69	3,46
1,90	50	0,625	120,14	192,31	6,01	9,62

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1**

**TERRENI COESIVI**

**Coesione non drenata (Kg/cm²)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M. S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman	De Beer
[1] - Terreno agrario	1,76	1,00	0,11	0,22	0,00	0,07	0,17	0,28	0,16	0,57	0,09	0,20	0,22
[2] - Limo argilloso-sabbioso	5,03	1,70	0,31	0,63	0,25	0,20	0,49	0,76	0,46	0,81	0,25	0,69	0,63
[3] - Sabbia e ghiaia	26,01	1,90	1,76	3,25	1,00	0,99	2,58	3,92	2,15	2,67	1,30	4,36	3,25

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)	
[1] - Terreno agrario	1,76	1,00	Robertson (1983)	3,52
[2] - Limo argilloso-sabbioso	5,03	1,70	Robertson (1983)	10,06
[3] - Sabbia e ghiaia	26,01	1,90	Robertson (1983)	52,02

**Modulo Edometrico (Kg/cm²)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Terreno agrario	1,76	1,00	8,08	26,40	19,74	22,00
[2] - Limo argilloso-sabbioso	5,03	1,70	23,08	75,45	53,10	62,88
[3] - Sabbia e ghiaia	26,01	1,90	119,33	--	267,08	260,10

**Modulo di Young (Kg/cm²)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Terreno agrario	1,76	1,00	-0,16	17,60
[2] - Limo argilloso-sabbioso	5,03	1,70	37,45	50,30
[3] - Sabbia e ghiaia	26,01	1,90	278,72	260,10

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Terreno agrario	1,76	1,00	Classificaz. A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[2] - Limo argilloso-sabbioso	5,03	1,70	Classificaz. A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[3] - Sabbia e ghiaia	26,01	1,90	Classificaz. A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[1] - Terreno agrario	1,76	1,00	Meyerhof ed altri	1,54
[2] - Limo argilloso-sabbioso	5,03	1,70	Meyerhof ed altri	1,76
[3] - Sabbia e ghiaia	26,01	1,90	Meyerhof ed altri	2,12

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[1] - Terreno agrario	1,76	1,00	Meyerhof ed altri	1,85
[2] - Limo argilloso-sabbioso	5,03	1,70	Meyerhof ed altri	1,88
[3] - Sabbia e ghiaia	26,01	1,90	Meyerhof ed altri	2,25

**Velocità onde di taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Terreno agrario	1,76	1,00		0
[2] - Limo argilloso-sabbioso	5,03	1,70		0
[3] - Sabbia e ghiaia	26,01	1,90		0

**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Terreno agrario	1,76	1,00	7,7	31,61	43,9	11,67
[2] - Limo argilloso-sabbioso	5,03	1,70	23,88	50,87	60,16	20,91
[3] - Sabbia e ghiaia	26,01	1,90	53,49	100	100	51,97

**Angolo di resistenza al taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Terreno agrario	1,76	1,00	1,76	27,5	20,5	28,49	31,48	30,27	0	<30	20,14	27,53	23,64	20,93
[2] - Limo argilloso-sabbioso	5,03	1,70	5,03	28,44	21,44	29,41	31,63	31,68	0	<30	23,69	28,51	32,51	25,03
[3] - Sabbia e ghiaia	26,01	1,90	20,505	32,86	25,86	33,74	33,38	37,22	42	30-32	32,54	33,15	44,61	35,25

**Modulo di Young (Kg/cm²)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzel (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Terreno agrario	1,76	1,00	1,76	---	14,08	---	---	---
[2] - Limo argilloso-sabbioso	5,03	1,70	5,03	---	40,24	---	---	---
[3] - Sabbia e ghiaia	26,01	1,90	20,505	323,22	164,04	242,66	333,79	177,53

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Terreno agrario	1,76	1,00	1,76	---	31,08	12,50	45,85
[2] - Limo argilloso-sabbioso	5,03	1,70	5,03	---	37,80	35,71	60,43
[3] - Sabbia e ghiaia	26,01	1,90	20,505	123,03	69,58	145,59	129,45

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Terreno agrario	1,76	1,00	1,76	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[2] - Limo argilloso-sabbioso	5,03	1,70	5,03	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[3] - Sabbia e ghiaia	26,01	1,90	20,505	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Terreno agrario	1,76	1,00	1,76	Meyerhof ed altri	1,39
[2] - Limo argilloso-sabbioso	5,03	1,70	5,03	Meyerhof ed altri	1,54
[3] - Sabbia e ghiaia	26,01	1,90	20,505	Meyerhof ed altri	2,00

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Terreno agrario	1,76	1,00	1,76	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,87
[2] - Limo argilloso-sabbioso	5,03	1,70	5,03	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,89
[3] - Sabbia e ghiaia	26,01	1,90	20,505	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,40

**Modulo di Poisson**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Terreno agrario	1,76	1,00	1,76	(A.G.I.)	0,35
[2] - Limo argilloso-sabbioso	5,03	1,70	5,03	(A.G.I.)	0,34
[3] - Sabbia e ghiaia	26,01	1,90	20,505	(A.G.I.)	0,31

**Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Terreno agrario	1,76	1,00	1,76	110,58	176,57
[2] - Limo argilloso-sabbioso	5,03	1,70	5,03	296,75	335,40
[3] - Sabbia e ghiaia	26,01	1,90	20,505	1111,89	791,51

**Velocità onde di taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Terreno agrario	1,76	1,00	1,76	Ohta & Goto (1978) Limi	65,99
[2] - Limo argilloso-sabbioso	5,03	1,70	5,03	Ohta & Goto (1978) Limi	95,86
[3] - Sabbia e ghiaia	26,01	1,90	20,505	Ohta & Goto (1978) Limi	129,22

**Liquefazione**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - Terreno agrario	1,76	1,00	1,76	Seed e Idriss (1971)	---
[2] - Limo argilloso-sabbioso	5,03	1,70	5,03	Seed e Idriss (1971)	0,562
[3] - Sabbia e ghiaia	26,01	1,90	20,505	Seed e Idriss (1971)	>10

**Modulo di reazione Ko**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - Terreno agrario	1,76	1,00	1,76		---
[2] - Limo argilloso-sabbioso	5,03	1,70	5,03		---
[3] - Sabbia e ghiaia	26,01	1,90	20,505		---

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Terreno agrario	1,76	1,00	1,76		---
[2] - Limo argilloso-sabbioso	5,03	1,70	5,03		---
[3] - Sabbia e ghiaia	26,01	1,90	20,505		---

**PROVA ... Nr.2**

Strumento utilizzato...

PENNY 30

Prova eseguita in data

23/02/2014

Profondità prova

1.90 mt

Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,10	0	0,857	0,00	0,00	0,00	0,00
0,20	0	0,855	0,00	0,00	0,00	0,00
0,30	0	0,853	0,00	0,00	0,00	0,00
0,40	1	0,851	3,45	4,05	0,17	0,20
0,50	3	0,849	10,32	12,16	0,52	0,61
0,60	3	0,847	10,30	12,16	0,52	0,61
0,70	3	0,845	10,28	12,16	0,51	0,61
0,80	5	0,843	17,09	20,27	0,85	1,01
0,90	6	0,842	20,47	24,32	1,02	1,22
1,00	5	0,840	16,15	19,23	0,81	0,96
1,10	5	0,838	16,12	19,23	0,81	0,96
1,20	5	0,836	16,08	19,23	0,80	0,96
1,30	5	0,835	16,05	19,23	0,80	0,96
1,40	6	0,833	19,22	23,08	0,96	1,15
1,50	6	0,831	19,18	23,08	0,96	1,15
1,60	6	0,830	19,14	23,08	0,96	1,15
1,70	5	0,828	15,92	19,23	0,80	0,96
1,80	5	0,826	15,89	19,23	0,79	0,96
1,90	50	0,625	120,14	192,31	6,01	9,62

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2****TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M. S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman	De Beer
[1] - Terreno vegetale	1,09	0,70	0,07	0,14	0,00	0,05	0,10	0,17	0,10	0,52	0,06	0,12	0,14
[2] - Limo argilloso-sabbioso	4,1	1,80	0,26	0,51	0,25	0,17	0,40	0,63	0,37	0,74	0,21	0,51	0,51
[3] - Sabbia e ghiaia	38,25	1,90	2,58	4,78	0,00	1,40	3,81	5,77	2,99	4,02	1,91	6,50	4,78

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	
[1] - Terreno vegetale	1,09	0,70	Robertson (1983)	2,18
[2] - Limo argilloso-sabbioso	4,1	1,80	Robertson (1983)	8,20
[3] - Sabbia e ghiaia	38,25	1,90	Robertson (1983)	76,50

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Terreno vegetale	1,09	0,70	5,00	16,35	12,91	13,63
[2] - Limo argilloso-sabbioso	4,1	1,80	18,81	61,50	43,61	51,25
[3] - Sabbia e ghiaia	38,25	1,90	175,49	--	391,92	382,50

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Terreno vegetale	1,09	0,70	-7,87	10,90
[2] - Limo argilloso-sabbioso	4,1	1,80	26,75	41,00
[3] - Sabbia e ghiaia	38,25	1,90	419,48	382,50

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Terreno vegetale	1,09	0,70	Classificaz. A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[2] - Limo argilloso-sabbioso	4,1	1,80	Classificaz. A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[3] - Sabbia e ghiaia	38,25	1,90	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Terreno vegetale	1,09	0,70	Meyerhof ed altri	1,49
[2] - Limo argilloso-sabbioso	4,1	1,80	Meyerhof ed altri	1,71
[3] - Sabbia e ghiaia	38,25	1,90	Meyerhof ed altri	2,43

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Terreno vegetale	1,09	0,70	Meyerhof ed altri	1,84
[2] - Limo argilloso-sabbioso	4,1	1,80	Meyerhof ed altri	1,87
[3] - Sabbia e ghiaia	38,25	1,90	Meyerhof ed altri	2,50

**Velocità onde di taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Terreno vegetale	1,09	0,70		0
[2] - Limo argilloso-sabbioso	4,1	1,80		0
[3] - Sabbia e ghiaia	38,25	1,90		0

**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Terreno vegetale	1,09	0,70	1,25	25,28	38,67	9,64
[2] - Limo argilloso-sabbioso	4,1	1,80	20,37	46,24	55,66	18,39
[3] - Sabbia e ghiaia	38,25	1,90	60,25	100	100	59,87

**Angolo di resistenza al taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Terreno vegetale	1,09	0,70	1,09	27,31	20,31	28,31	31,55	29,97	0	<30	19,04	27,33	19,55	19,67
[2] - Limo argilloso-sabbioso	4,1	1,80	4,1	28,17	21,17	29,15	31,47	31,29	0	<30	22,84	28,23	30,76	24,06
[3] - Sabbia e ghiaia	38,25	1,90	26,625	34,61	27,61	35,46	33,8	38,88	42	32-35	34,98	34,99	46,89	38,08

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menze nbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Terreno vegetale	1,09	0,70	1,09	---	8,72	---	---	---
[2] - Limo argilloso-sabbioso	4,1	1,80	4,1	---	32,80	---	---	---
[3] - Sabbia e ghiaia	38,25	1,90	26,625	368,31	213,00	314,88	379,69	208,12

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Terreno vegetale	1,09	0,70	1,09	---	29,70	7,74	42,86
[2] - Limo argilloso-sabbioso	4,1	1,80	4,1	---	35,89	29,11	56,29
[3] - Sabbia e ghiaia	38,25	1,90	26,625	159,75	82,15	189,04	156,75

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Terreno vegetale	1,09	0,70	1,09	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[2] - Limo argilloso-sabbioso	4,1	1,80	4,1	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[3] - Sabbia e ghiaia	38,25	1,90	26,625	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Terreno vegetale	1,09	0,70	1,09	Meyerhof ed altri	1,36
[2] - Limo argilloso-sabbioso	4,1	1,80	4,1	Meyerhof ed altri	1,50
[3] - Sabbia e ghiaia	38,25	1,90	26,625	Meyerhof ed altri	2,10

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Terreno vegetale	1,09	0,70	1,09	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,86
[2] - Limo argilloso-sabbioso	4,1	1,80	4,1	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,88
[3] - Sabbia e ghiaia	38,25	1,90	26,625	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

**Modulo di Poisson**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Terreno vegetale	1,09	0,70	1,09	(A.G.I.)	0,35
[2] - Limo argilloso-sabbioso	4,1	1,80	4,1	(A.G.I.)	0,35
[3] - Sabbia e ghiaia	38,25	1,90	26,625	(A.G.I.)	0,3

**Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Terreno vegetale	1,09	0,70	1,09	70,48	131,76
[2] - Limo argilloso-sabbioso	4,1	1,80	4,1	244,87	296,02
[3] - Sabbia e ghiaia	38,25	1,90	26,625	1421,30	928,46

**Velocità onde di taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Terreno vegetale	1,09	0,70	1,09	Ohta & Goto (1978) Limi	56,7
[2] - Limo argilloso-sabbioso	4,1	1,80	4,1	Ohta & Goto (1978) Limi	91,17
[3] - Sabbia e ghiaia	38,25	1,90	26,625	Ohta & Goto (1978) Limi	135,91

**Modulo di reazione Ko**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - Terreno vegetale	1,09	0,70	1,09		---
[2] - Limo argilloso-sabbioso	4,1	1,80	4,1		---
[3] - Sabbia e ghiaia	38,25	1,90	26,625		---

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - Terreno vegetale	1,09	0,70	1,09		---
[2] - Limo argilloso-sabbioso	4,1	1,80	4,1		---
[3] - Sabbia e ghiaia	38,25	1,90	26,625		---

**PROVA ... Nr.3**

Strumento utilizzato...

PENNY 30

Prova eseguita in data

23/02/2014

Profondità prova

2.20 mt

Falda rilevata

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)
0,10	0	0,857	0,00	0,00	0,00	0,00
0,20	0	0,855	0,00	0,00	0,00	0,00
0,30	0	0,853	0,00	0,00	0,00	0,00
0,40	0	0,851	0,00	0,00	0,00	0,00
0,50	2	0,849	6,88	8,11	0,34	0,41
0,60	4	0,847	13,74	16,22	0,69	0,81
0,70	5	0,845	17,13	20,27	0,86	1,01
0,80	3	0,843	10,26	12,16	0,51	0,61
0,90	5	0,842	17,06	20,27	0,85	1,01
1,00	5	0,840	16,15	19,23	0,81	0,96
1,10	5	0,838	16,12	19,23	0,81	0,96
1,20	5	0,836	16,08	19,23	0,80	0,96
1,30	6	0,835	19,26	23,08	0,96	1,15
1,40	6	0,833	19,22	23,08	0,96	1,15
1,50	6	0,831	19,18	23,08	0,96	1,15
1,60	6	0,830	19,14	23,08	0,96	1,15
1,70	9	0,828	28,66	34,62	1,43	1,73
1,80	10	0,826	31,78	38,46	1,59	1,92
1,90	6	0,825	19,03	23,08	0,95	1,15
2,00	7	0,823	21,08	25,61	1,05	1,28
2,10	6	0,822	18,04	21,95	0,90	1,10
2,20	50	0,620	113,44	182,93	5,67	9,15



**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3**
**TERRENI COESIVI**
**Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M. S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman	De Beer
[1] - Terreno vegetale	1,34	0,80	0,08	0,17	0,00	0,06	0,13	0,21	0,12	0,54	0,07	0,15	0,17
[2] - Limo argilloso-sabbioso	4,83	2,10	0,30	0,60	0,25	0,20	0,47	0,73	0,44	0,79	0,24	0,60	0,60
[3] - Sabbia e ghiaia	38,25	2,20	2,58	4,78	0,00	1,40	3,81	5,49	2,99	4,02	1,91	6,45	4,78

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	
[1] - Terreno vegetale	1,34	0,80	Robertson (1983)	2,68
[2] - Limo argilloso-sabbioso	4,83	2,10	Robertson (1983)	9,66
[3] - Sabbia e ghiaia	38,25	2,20	Robertson (1983)	76,50

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Terreno vegetale	1,34	0,80	6,15	20,10	15,46	16,75
[2] - Limo argilloso-sabbioso	4,83	2,10	22,16	72,45	51,06	60,38
[3] - Sabbia e ghiaia	38,25	2,20	175,49	--	391,92	382,50

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Terreno vegetale	1,34	0,80	-4,99	13,40
[2] - Limo argilloso-sabbioso	4,83	2,10	35,15	48,30
[3] - Sabbia e ghiaia	38,25	2,20	419,48	382,50

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Terreno vegetale	1,34	0,80	Classificaz. A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[2] - Limo argilloso-sabbioso	4,83	2,10	Classificaz. A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[3] - Sabbia e ghiaia	38,25	2,20	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Terreno vegetale	1,34	0,80	Meyerhof ed altri	1,51
[2] - Limo argilloso-sabbioso	4,83	2,10	Meyerhof ed altri	1,75
[3] - Sabbia e ghiaia	38,25	2,20	Meyerhof ed altri	2,43

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Terreno vegetale	1,34	0,80	Meyerhof ed altri	1,85
[2] - Limo argilloso-sabbioso	4,83	2,10	Meyerhof ed altri	1,88
[3] - Sabbia e ghiaia	38,25	2,20	Meyerhof ed altri	2,50

**Velocità onde di taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Terreno vegetale	1,34	0,80		0
[2] - Limo argilloso-sabbioso	4,83	2,10		0
[3] - Sabbia e ghiaia	38,25	2,20		0

**TERRENI INCOERENTI**
**Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Terreno vegetale	1,34	0,80	3,99	27,88	41,07	10,4
[2] - Limo argilloso-sabbioso	4,83	2,10	22,98	49,63	58,27	20,38
[3] - Sabbia e ghiaia	38,25	2,20	59,52	100	100	59,87

**Angolo di resistenza al taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Terreno vegetale	1,34	0,80	1,34	27,38	20,38	28,38	31,57	30,08	0	<30	19,48	27,4	21,33	20,18
[2] - Limo argilloso-sabbioso	4,83	2,10	4,83	28,38	21,38	29,35	31,47	31,6	0	<30	23,51	28,45	32,12	24,83
[3] - Sabbia e ghiaia	38,25	2,20	26,625	34,61	27,61	35,46	33,51	38,88	42	32-35	34,98	34,99	46,78	38,08

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Mennebach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Terreno vegetale	1,34	0,80	1,34	---	10,72	---	---	---
[2] - Limo argilloso-sabbioso	4,83	2,10	4,83	---	38,64	---	---	---
[3] - Sabbia e ghiaia	38,25	2,20	26,625	368,31	213,00	314,88	379,69	208,12

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Terreno vegetale	1,34	0,80	1,34	---	30,22	9,51	43,98
[2] - Limo argilloso-sabbioso	4,83	2,10	4,83	---	37,39	34,29	59,54
[3] - Sabbia e ghiaia	38,25	2,20	26,625	159,75	82,15	189,04	156,75

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Terreno vegetale	1,34	0,80	1,34	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[2] - Limo argilloso-sabbioso	4,83	2,10	4,83	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[3] - Sabbia e ghiaia	38,25	2,20	26,625	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Terreno vegetale	1,34	0,80	1,34	Meyerhof ed altri	1,37
[2] - Limo argilloso-sabbioso	4,83	2,10	4,83	Meyerhof ed altri	1,53
[3] - Sabbia e ghiaia	38,25	2,20	26,625	Meyerhof ed altri	2,10

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Terreno vegetale	1,34	0,80	1,34	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,86
[2] - Limo argilloso-sabbioso	4,83	2,10	4,83	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,89
[3] - Sabbia e ghiaia	38,25	2,20	26,625	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

**Modulo di Poisson**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Terreno vegetale	1,34	0,80	1,34	(A.G.I.)	0,35
[2] - Limo argilloso-sabbioso	4,83	2,10	4,83	(A.G.I.)	0,34
[3] - Sabbia e ghiaia	38,25	2,20	26,625	(A.G.I.)	0,3

**Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Terreno vegetale	1,34	0,80	1,34	85,58	149,48
[2] - Limo argilloso-sabbioso	4,83	2,10	4,83	285,64	327,19
[3] - Sabbia e ghiaia	38,25	2,20	26,625	1421,30	928,46

**Velocità onde di taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Terreno vegetale	1,34	0,80	1,34	Ohta & Goto (1978) Limi	60,3
[2] - Limo argilloso-sabbioso	4,83	2,10	4,83	Ohta & Goto (1978) Limi	96,51
[3] - Sabbia e ghiaia	38,25	2,20	26,625	Ohta & Goto (1978) Limi	139,91

**Modulo di reazione Ko**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - Terreno vegetale	1,34	0,80	1,34		---
[2] - Limo argilloso-sabbioso	4,83	2,10	4,83		---
[3] - Sabbia e ghiaia	38,25	2,20	26,625		---

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Terreno vegetale	1,34	0,80	1,34		---
[2] - Limo argilloso-sabbioso	4,83	2,10	4,83		---
[3] - Sabbia e ghiaia	38,25	2,20	26,625		---

**PROVA ... Nr.4**

Strumento utilizzato...

PENNY 30

Prova eseguita in data

23/02/2014

Profondità prova

4.70 mt

Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,10	0	0,857	0,00	0,00	0,00	0,00
0,20	0	0,855	0,00	0,00	0,00	0,00
0,30	0	0,853	0,00	0,00	0,00	0,00
0,40	2	0,851	6,90	8,11	0,34	0,41
0,50	2	0,849	6,88	8,11	0,34	0,41
0,60	4	0,847	13,74	16,22	0,69	0,81
0,70	4	0,845	13,71	16,22	0,69	0,81
0,80	4	0,843	13,68	16,22	0,68	0,81
0,90	5	0,842	17,06	20,27	0,85	1,01
1,00	5	0,840	16,15	19,23	0,81	0,96
1,10	5	0,838	16,12	19,23	0,81	0,96
1,20	5	0,836	16,08	19,23	0,80	0,96

1,30	4	0,835	12,84	15,38	0,64	0,77
1,40	5	0,833	16,02	19,23	0,80	0,96
1,50	6	0,831	19,18	23,08	0,96	1,15
1,60	8	0,830	25,52	30,77	1,28	1,54
1,70	9	0,828	28,66	34,62	1,43	1,73
1,80	10	0,826	31,78	38,46	1,59	1,92
1,90	9	0,825	28,55	34,62	1,43	1,73
2,00	9	0,823	27,10	32,93	1,36	1,65
2,10	10	0,822	30,06	36,59	1,50	1,83
2,20	8	0,820	24,00	29,27	1,20	1,46
2,30	8	0,819	23,96	29,27	1,20	1,46
2,40	7	0,817	20,93	25,61	1,05	1,28
2,50	8	0,816	23,87	29,27	1,19	1,46
2,60	8	0,814	23,83	29,27	1,19	1,46
2,70	8	0,813	23,79	29,27	1,19	1,46
2,80	7	0,811	20,78	25,61	1,04	1,28
2,90	6	0,810	17,78	21,95	0,89	1,10
3,00	7	0,809	19,75	24,42	0,99	1,22
3,10	7	0,807	19,71	24,42	0,99	1,22
3,20	7	0,806	19,68	24,42	0,98	1,22
3,30	7	0,805	19,65	24,42	0,98	1,22
3,40	7	0,803	19,62	24,42	0,98	1,22
3,50	7	0,802	19,59	24,42	0,98	1,22
3,60	8	0,801	22,35	27,91	1,12	1,40
3,70	15	0,750	39,23	52,33	1,96	2,62
3,80	18	0,748	46,99	62,79	2,35	3,14
3,90	19	0,747	49,52	66,28	2,48	3,31
4,00	18	0,746	44,76	60,00	2,24	3,00
4,10	10	0,795	26,50	33,33	1,32	1,67
4,20	30	0,694	69,37	100,00	3,47	5,00
4,30	29	0,693	66,95	96,67	3,35	4,83
4,40	21	0,691	48,40	70,00	2,42	3,50
4,50	28	0,690	64,43	93,33	3,22	4,67
4,60	20	0,739	49,28	66,67	2,46	3,33
4,70	50	0,588	98,03	166,67	4,90	8,33

#### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.4

##### TERRENI COESIVI

##### Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M. S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[1] - Terreno vegetale	2,36	1,30	0,15	0,30	0,15	0,10	0,23	0,37	0,22	0,61	0,12	0,27	0,30
[2] - Limo argilloso-sabbioso	5,85	3,60	0,37	0,73	0,25	0,24	0,57	0,84	0,53	0,87	0,29	0,58	0,73
[3] - Sabbia limosa	12,24	4,10	0,83	1,53	0,50	0,49	1,20	1,65	1,07	1,39	0,61	1,59	1,53
[4] - Sabbia e ghiaia	22,7	4,70	1,53	2,84	1,00	0,87	2,25	2,97	1,90	2,34	1,14	3,35	2,84

##### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	
[1] - Terreno vegetale	2,36	1,30	Robertson (1983)	4,72
[2] - Limo argilloso-sabbioso	5,85	3,60	Robertson (1983)	11,70
[3] - Sabbia limosa	12,24	4,10	Robertson (1983)	24,48
[4] - Sabbia e ghiaia	22,7	4,70	Robertson (1983)	45,40

##### Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Terreno vegetale	2,36	1,30	10,83	35,40	25,86	29,50
[2] - Limo argilloso-sabbioso	5,85	3,60	26,84	87,75	61,46	73,13
[3] - Sabbia limosa	12,24	4,10	56,16	--	126,63	122,40
[4] - Sabbia e ghiaia	22,7	4,70	104,15	--	233,32	227,00

**Modulo di Young (Kg/cm²)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Terreno vegetale	2,36	1,30	6,74	23,60
[2] - Limo argilloso-sabbioso	5,85	3,60	46,88	58,50
[3] - Sabbia limosa	12,24	4,10	120,36	122,40
[4] - Sabbia e ghiaia	22,7	4,70	240,65	227,00

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Terreno vegetale	2,36	1,30	Classificaz. A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[2] - Limo argilloso-sabbioso	5,85	3,60	Classificaz. A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[3] - Sabbia limosa	12,24	4,10	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[4] - Sabbia e ghiaia	22,7	4,70	Classificaz. A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[1] - Terreno vegetale	2,36	1,30	Meyerhof ed altri	1,59
[2] - Limo argilloso-sabbioso	5,85	3,60	Meyerhof ed altri	1,80
[3] - Sabbia limosa	12,24	4,10	Meyerhof ed altri	2,02
[4] - Sabbia e ghiaia	22,7	4,70	Meyerhof ed altri	2,11

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[1] - Terreno vegetale	2,36	1,30	Meyerhof ed altri	1,86
[2] - Limo argilloso-sabbioso	5,85	3,60	Meyerhof ed altri	1,89
[3] - Sabbia limosa	12,24	4,10	Meyerhof ed altri	2,22
[4] - Sabbia e ghiaia	22,7	4,70	Meyerhof ed altri	2,16

**Velocità onde di taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Terreno vegetale	2,36	1,30		0
[2] - Limo argilloso-sabbioso	5,85	3,60		0
[3] - Sabbia limosa	12,24	4,10		0
[4] - Sabbia e ghiaia	22,7	4,70		0

**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Terreno vegetale	2,36	1,30	11,86	36,08	47,21	13,45
[2] - Limo argilloso-sabbioso	5,85	3,60	24,87	51,9	56,79	23,06
[3] - Sabbia limosa	12,24	4,10	37,41	70,35	72,49	37,73
[4] - Sabbia e ghiaia	22,7	4,70	45,95	84,8	85,57	49,49

**Angolo di resistenza al taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Terreno vegetale	2,36	1,30	2,36	27,67	20,67	28,66	31,4	30,53	0	<30	20,95	27,71	26,12	21,87
[2] - Limo argilloso-sabbioso	5,85	3,60	5,85	28,67	21,67	29,64	30,8	32,02	0	<30	24,37	28,75	33,44	25,82
[3] - Sabbia limosa	12,24	4,10	12,24	30,5	23,5	31,43	31,1	34,5	37,85	30-32	28,55	30,67	39,38	30,65
[4] - Sabbia e ghiaia	22,7	4,70	18,85	32,39	25,39	33,28	31,46	36,72	39,87	30-32	31,82	32,65	42,9	34,42

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menze nbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Terreno vegetale	2,36	1,30	2,36	---	18,88	---	---	---
[2] - Limo argilloso-sabbioso	5,85	3,60	5,85	---	46,80	---	---	---
[3] - Sabbia limosa	12,24	4,10	12,24	249,72	97,92	145,13	271,80	136,20
[4] - Sabbia e ghiaia	22,7	4,70	18,85	309,90	150,80	223,13	321,38	169,25

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Terreno vegetale	2,36	1,30	2,36	---	32,31	16,76	48,53
[2] - Limo argilloso-sabbioso	5,85	3,60	5,85	---	39,48	41,53	64,09
[3] - Sabbia limosa	12,24	4,10	12,24	73,44	52,61	86,90	92,59
[4] - Sabbia e ghiaia	22,7	4,70	18,85	113,10	66,18	133,84	122,07

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Terreno vegetale	2,36	1,30	2,36	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[2] - Limo argilloso-sabbioso	5,85	3,60	5,85	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[3] - Sabbia limosa	12,24	4,10	12,24	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
[4] - Sabbia e ghiaia	22,7	4,70	18,85	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Terreno vegetale	2,36	1,30	2,36	Meyerhof ed altri	1,42
[2] - Limo argilloso-sabbioso	5,85	3,60	5,85	Meyerhof ed altri	1,57
[3] - Sabbia limosa	12,24	4,10	12,24	Meyerhof ed altri	1,80
[4] - Sabbia e ghiaia	22,7	4,70	18,85	Meyerhof ed altri	1,97

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Terreno vegetale	2,36	1,30	2,36	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,87
[2] - Limo argilloso-sabbioso	5,85	3,60	5,85	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,89
[3] - Sabbia limosa	12,24	4,10	12,24	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,93
[4] - Sabbia e ghiaia	22,7	4,70	18,85	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,97

**Modulo di Poisson**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Terreno vegetale	2,36	1,30	2,36	(A.G.I.)	0,35
[2] - Limo argilloso-sabbioso	5,85	3,60	5,85	(A.G.I.)	0,34
[3] - Sabbia limosa	12,24	4,10	12,24	(A.G.I.)	0,33
[4] - Sabbia e ghiaia	22,7	4,70	18,85	(A.G.I.)	0,32

**Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Terreno vegetale	2,36	1,30	2,36	145,70	211,23
[2] - Limo argilloso-sabbioso	5,85	3,60	5,85	342,01	367,83
[3] - Sabbia limosa	12,24	4,10	12,24	684,59	577,49
[4] - Sabbia e ghiaia	22,7	4,70	18,85	1027,32	751,84

**Velocità onde di taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Terreno vegetale	2,36	1,30	2,36	Ohta & Goto (1978) Limi	73,03
[2] - Limo argilloso-sabbioso	5,85	3,60	5,85	Ohta & Goto (1978) Limi	110,39
[3] - Sabbia limosa	12,24	4,10	12,24	Ohta & Goto (1978) Limi	136,87
[4] - Sabbia e ghiaia	22,7	4,70	18,85	Ohta & Goto (1978) Limi	151,33

**Modulo di reazione Ko**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - Terreno vegetale	2,36	1,30	2,36		---
[2] - Limo argilloso-sabbioso	5,85	3,60	5,85		---
[3] - Sabbia limosa	12,24	4,10	12,24		---
[4] - Sabbia e ghiaia	22,7	4,70	18,85		---

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Terreno vegetale	2,36	1,30	2,36		---
[2] - Limo argilloso-sabbioso	5,85	3,60	5,85		---
[3] - Sabbia limosa	12,24	4,10	12,24		---
[4] - Sabbia e ghiaia	22,7	4,70	18,85		---

**PROVA ... Nr.5**

Strumento utilizzato... PENNY 30  
 Prova eseguita in data 23/02/2014  
 Profondità prova 1.20 mt  
 Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,10	0	0,857	0,00	0,00	0,00	0,00
0,20	0	0,855	0,00	0,00	0,00	0,00
0,30	0	0,853	0,00	0,00	0,00	0,00
0,40	0	0,851	0,00	0,00	0,00	0,00
0,50	3	0,849	10,32	12,16	0,52	0,61
0,60	3	0,847	10,30	12,16	0,52	0,61
0,70	4	0,845	13,71	16,22	0,69	0,81
0,80	4	0,843	13,68	16,22	0,68	0,81
0,90	4	0,842	13,65	16,22	0,68	0,81
1,00	4	0,840	12,92	15,38	0,65	0,77
1,10	20	0,788	60,62	76,92	3,03	3,85
1,20	50	0,636	122,36	192,31	6,12	9,62

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.5****TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M. S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman	De Beer
[1] - Terreno vegetale	1,68	1,00	0,11	0,21	0,00	0,07	0,16	0,27	0,15	0,56	0,08	0,19	0,21
[2] - Sabbia e ghiaia	26,77	1,20	1,81	3,35	1,00	1,02	2,66	4,04	2,20	2,75	1,34	4,60	3,35



**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	
[1] - Terreno vegetale	1,68	1,00	Robertson (1983)	3,36
[2] - Sabbia e ghiaia	26,77	1,20	Robertson (1983)	53,54

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Terreno vegetale	1,68	1,00	7,71	25,20	18,93	21,00
[2] - Sabbia e ghiaia	26,77	1,20	122,82	--	274,83	267,70

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Terreno vegetale	1,68	1,00	-1,08	16,80
[2] - Sabbia e ghiaia	26,77	1,20	287,46	267,70

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Terreno vegetale	1,68	1,00	Classificaz. A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[2] - Sabbia e ghiaia	26,77	1,20	Classificaz. A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Terreno vegetale	1,68	1,00	Meyerhof ed altri	1,54
[2] - Sabbia e ghiaia	26,77	1,20	Meyerhof ed altri	2,13

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Terreno vegetale	1,68	1,00	Meyerhof ed altri	1,85
[2] - Sabbia e ghiaia	26,77	1,20	Meyerhof ed altri	2,27

**Velocità onde di taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Terreno vegetale	1,68	1,00		0
[2] - Sabbia e ghiaia	26,77	1,20		0

**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Terreno vegetale	1,68	1,00	7,01	30,88	42,94	11,43
[2] - Sabbia e ghiaia	26,77	1,20	55,53	100	100	52,52

**Angolo di resistenza al taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Terreno vegetale	1,68	1,00	1,68	27,48	20,48	28,47	31,41	30,23	0	<30	20,02	27,5	23,24	20,8
[2] - Sabbia e ghiaia	26,77	1,20	20,885	32,97	25,97	33,85	34,21	37,33	42	30-32	32,7	33,27	45	35,44

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Terreno vegetale	1,68	1,00	1,68	---	13,44	---	---	---
[2] - Sabbia e ghiaia	26,77	1,20	20,885	326,20	167,08	247,14	336,64	179,43

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Terreno vegetale	1,68	1,00	1,68	---	30,92	11,93	45,49
[2] - Sabbia e ghiaia	26,77	1,20	20,885	125,31	70,36	148,28	131,15

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Terreno vegetale	1,68	1,00	1,68	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[2] - Sabbia e ghiaia	26,77	1,20	20,885	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Terreno vegetale	1,68	1,00	1,68	Meyerhof ed altri	1,39
[2] - Sabbia e ghiaia	26,77	1,20	20,885	Meyerhof ed altri	2,01

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Terreno vegetale	1,68	1,00	1,68	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,87
[2] - Sabbia e ghiaia	26,77	1,20	20,885	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,41

**Modulo di Poisson**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Terreno vegetale	1,68	1,00	1,68	(A.G.I.)	0,35
[2] - Sabbia e ghiaia	26,77	1,20	20,885	(A.G.I.)	0,31

**Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Terreno vegetale	1,68	1,00	1,68	105,85	171,62
[2] - Sabbia e ghiaia	26,77	1,20	20,885	1131,25	800,44

**Velocità onde di taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Terreno vegetale	1,68	1,00	1,68	Ohta & Goto (1978) Limi	65,46
[2] - Sabbia e ghiaia	26,77	1,20	20,885	Ohta & Goto (1978) Limi	117,88

**Modulo di reazione Ko**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - Terreno vegetale	1,68	1,00	1,68		---
[2] - Sabbia e ghiaia	26,77	1,20	20,885		---

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Terreno vegetale	1,68	1,00	1,68		---
[2] - Sabbia e ghiaia	26,77	1,20	20,885		---

PROVA ... Nr.6

Strumento utilizzato...  
Prova eseguita in data  
Profondità prova  
Falda rilevata

PENNY 30  
23/02/2014  
1.40 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,10	0	0,857	0,00	0,00	0,00	0,00
0,20	0	0,855	0,00	0,00	0,00	0,00
0,30	0	0,853	0,00	0,00	0,00	0,00
0,40	0	0,851	0,00	0,00	0,00	0,00
0,50	3	0,849	10,32	12,16	0,52	0,61
0,60	5	0,847	17,17	20,27	0,86	1,01
0,70	6	0,845	20,56	24,32	1,03	1,22
0,80	5	0,843	17,09	20,27	0,85	1,01
0,90	6	0,842	20,47	24,32	1,02	1,22
1,00	4	0,840	12,92	15,38	0,65	0,77
1,10	5	0,838	16,12	19,23	0,81	0,96
1,20	4	0,836	12,87	15,38	0,64	0,77
1,30	5	0,835	16,05	19,23	0,80	0,96
1,40	50	0,633	121,71	192,31	6,09	9,62

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.6

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M. S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman	De Beer
[1] - Terreno vegetale	2,53	1,30	0,16	0,32	0,15	0,10	0,24	0,39	0,23	0,62	0,13	0,30	0,32
[2] - Sabbia e ghiaia	38,25	1,40	2,58	4,78	0,00	1,40	3,81	5,77	2,99	4,02	1,91	6,59	4,78

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	
[1] - Terreno vegetale	2,53	1,30	Robertson (1983)	5,06
[2] - Sabbia e ghiaia	38,25	1,40	Robertson (1983)	76,50

Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Terreno vegetale	2,53	1,30	11,61	37,95	27,60	31,63
[2] - Sabbia e ghiaia	38,25	1,40	175,49	--	391,92	382,50

Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Terreno vegetale	2,53	1,30	8,70	25,30
[2] - Sabbia e ghiaia	38,25	1,40	419,48	382,50

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Terreno vegetale	2,53	1,30	Classificaz. A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[2] - Sabbia e ghiaia	38,25	1,40	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Terreno vegetale	2,53	1,30	Meyerhof ed altri	1,60
[2] - Sabbia e ghiaia	38,25	1,40	Meyerhof ed altri	2,43

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[1] - Terreno vegetale	2,53	1,30	Meyerhof ed altri	1,86
[2] - Sabbia e ghiaia	38,25	1,40	Meyerhof ed altri	2,50

**Velocità onde di taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Terreno vegetale	2,53	1,30		0
[2] - Sabbia e ghiaia	38,25	1,40		0

**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Terreno vegetale	2,53	1,30	12,97	37,34	48,72	13,94
[2] - Sabbia e ghiaia	38,25	1,40	61,25	100	100	59,87

**Angolo di resistenza al taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Terreno vegetale	2,53	1,30	2,53	27,72	20,72	28,71	31,5	30,61	0	<30	21,16	27,76	26,72	22,11
[2] - Sabbia e ghiaia	38,25	1,40	26,625	34,61	27,61	35,46	34,25	38,88	42	32-35	34,98	34,99	47,03	38,08

**Modulo di Young (Kg/cm²)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Terreno vegetale	2,53	1,30	2,53	---	20,24	---	---	---
[2] - Sabbia e ghiaia	38,25	1,40	26,625	368,31	213,00	314,88	379,69	208,12

**Modulo Edometrico (Kg/cm²)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Terreno vegetale	2,53	1,30	2,53	---	32,66	17,96	49,28
[2] - Sabbia e ghiaia	38,25	1,40	26,625	159,75	82,15	189,04	156,75

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Terreno vegetale	2,53	1,30	2,53	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[2] - Sabbia e ghiaia	38,25	1,40	26,625	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
[1] - Terreno vegetale	2,53	1,30	2,53	Meyerhof ed altri	1,43
[2] - Sabbia e ghiaia	38,25	1,40	26,625	Meyerhof ed altri	2,10

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[1] - Terreno vegetale	2,53	1,30	2,53	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,87
[2] - Sabbia e ghiaia	38,25	1,40	26,625	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

**Modulo di Poisson**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Terreno vegetale	2,53	1,30	2,53	(A.G.I.)	0,35
[2] - Sabbia e ghiaia	38,25	1,40	26,625	(A.G.I.)	0,3

**Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Terreno vegetale	2,53	1,30	2,53	155,54	220,40
[2] - Sabbia e ghiaia	38,25	1,40	26,625	1421,30	928,46

**Velocità onde di taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Terreno vegetale	2,53	1,30	2,53	Ohta & Goto (1978) Limi	73,92
[2] - Sabbia e ghiaia	38,25	1,40	26,625	Ohta & Goto (1978) Limi	127,89

**Modulo di reazione Ko**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - Terreno vegetale	2,53	1,30	2,53		---
[2] - Sabbia e ghiaia	38,25	1,40	26,625		---

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - Terreno vegetale	2,53	1,30	2,53		---
[2] - Sabbia e ghiaia	38,25	1,40	26,625		---

# Easy MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

## Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P**-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- **S**-Trasversale: onda profonda di taglio;
- **L**-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R**-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

## Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

## Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

## Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

## Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

### **Profondità di indagine**

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

### **Dati generali**

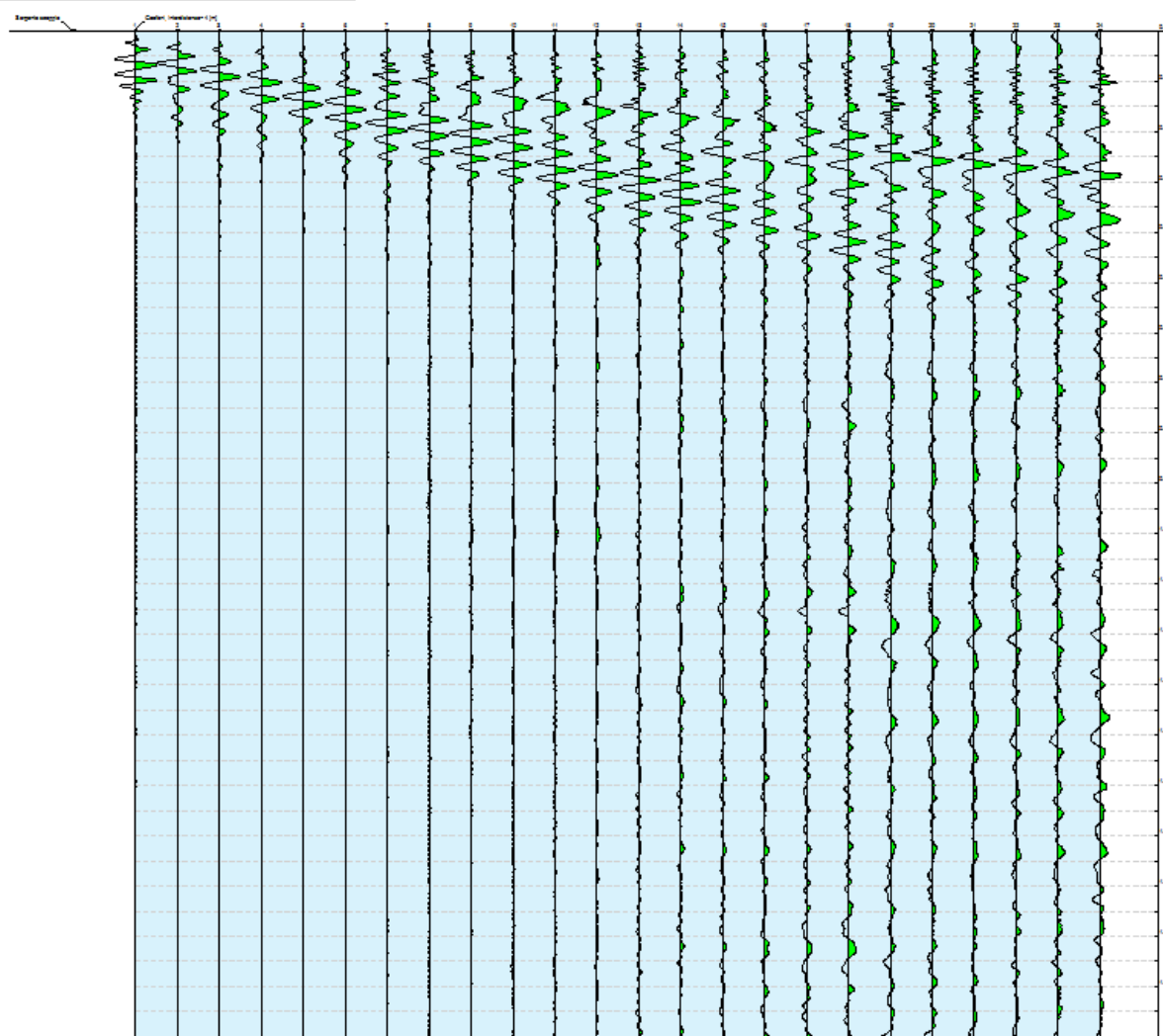
<b>Committente</b>	Novatecno SRL
<b>Cantiere</b>	Piano attuativo di iniziativa privata - Variante
<b>Località</b>	San Michele, Sant'Angelo di Celle - Deruta
<b>Operatore</b>	Dott. Geol. Servettini Luca
<b>Responsabile</b>	Dott. Geol. Servettini Luca
<b>Data</b>	23/02/2014



## Tracce

<b>N. tracce</b>	24
<b>Durata acquisizione [msec]</b>	2000.0
<b>Interdistanza geofoni [m]</b>	4.0
<b>Periodo di campionamento [msec]</b>	1.00

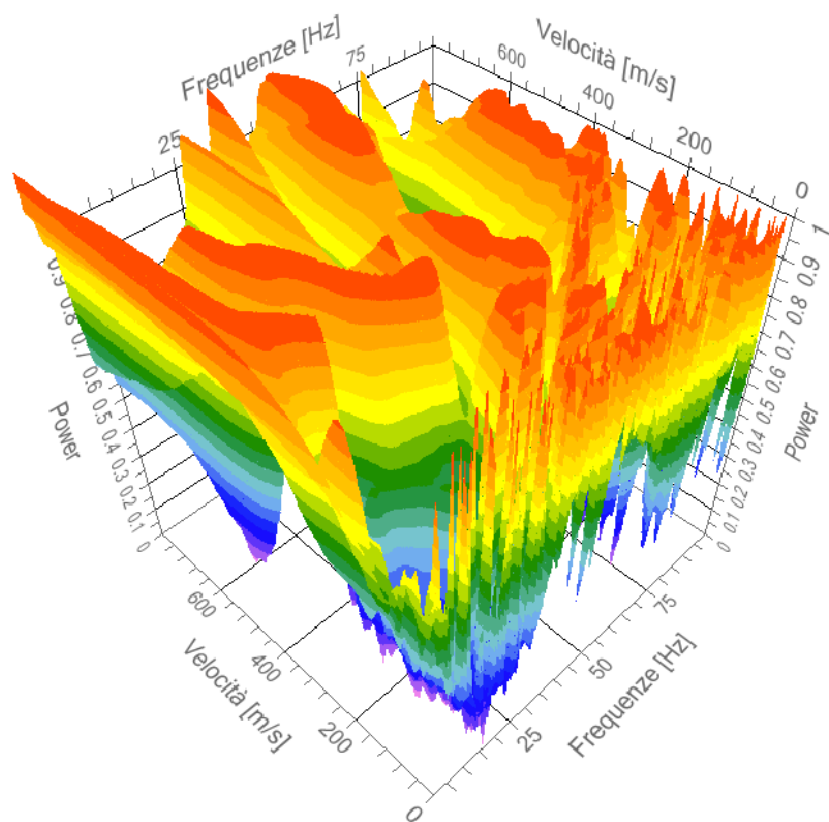
Committente: Novatecno SRL  
 Cantiere: Piano attuativo di iniziativa privata - Variante  
 Località: San Michele, Sant'Angelo di Celle - Deruta  
 Operatore: Dott. Geol. Seravetti Luca  
 Responsabile: Dott. Geol. Seravetti Luca  
 Data: 23/02/2014



## Analisi spettrale

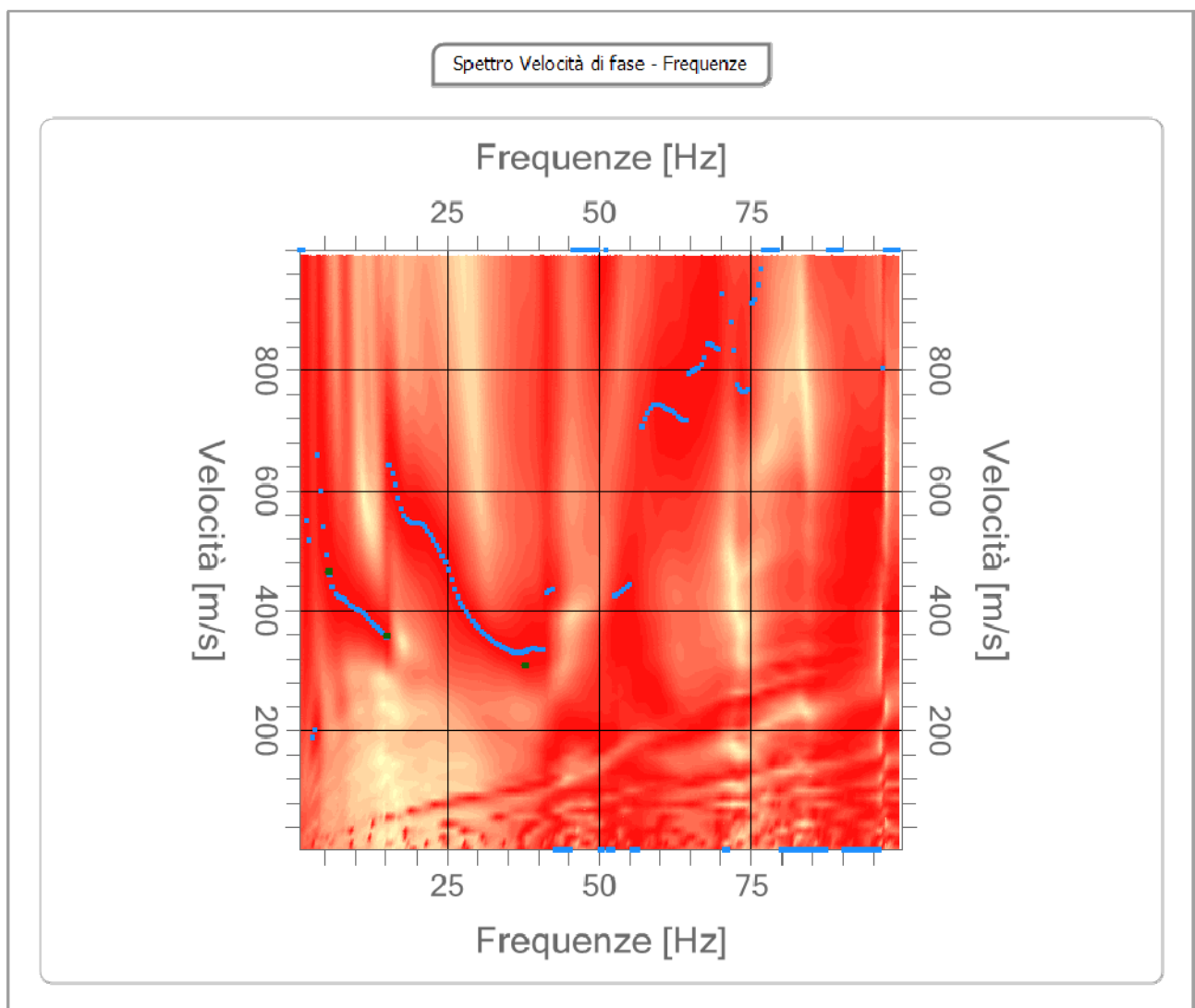
Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	100
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1000
Intervallo velocità [m/sec]	1

Spettro Velocità di fase - Frequenze



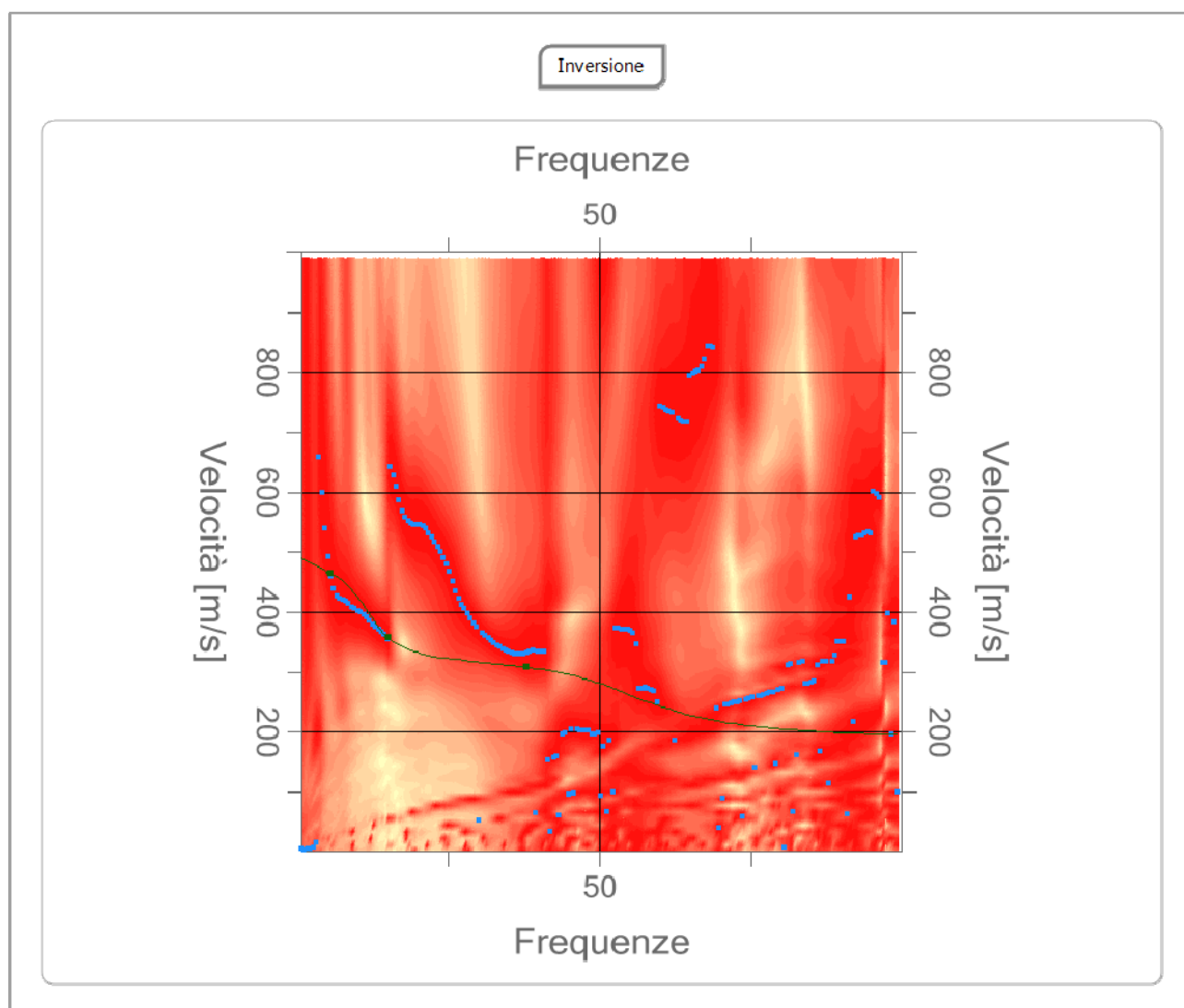
### Curva di dispersione

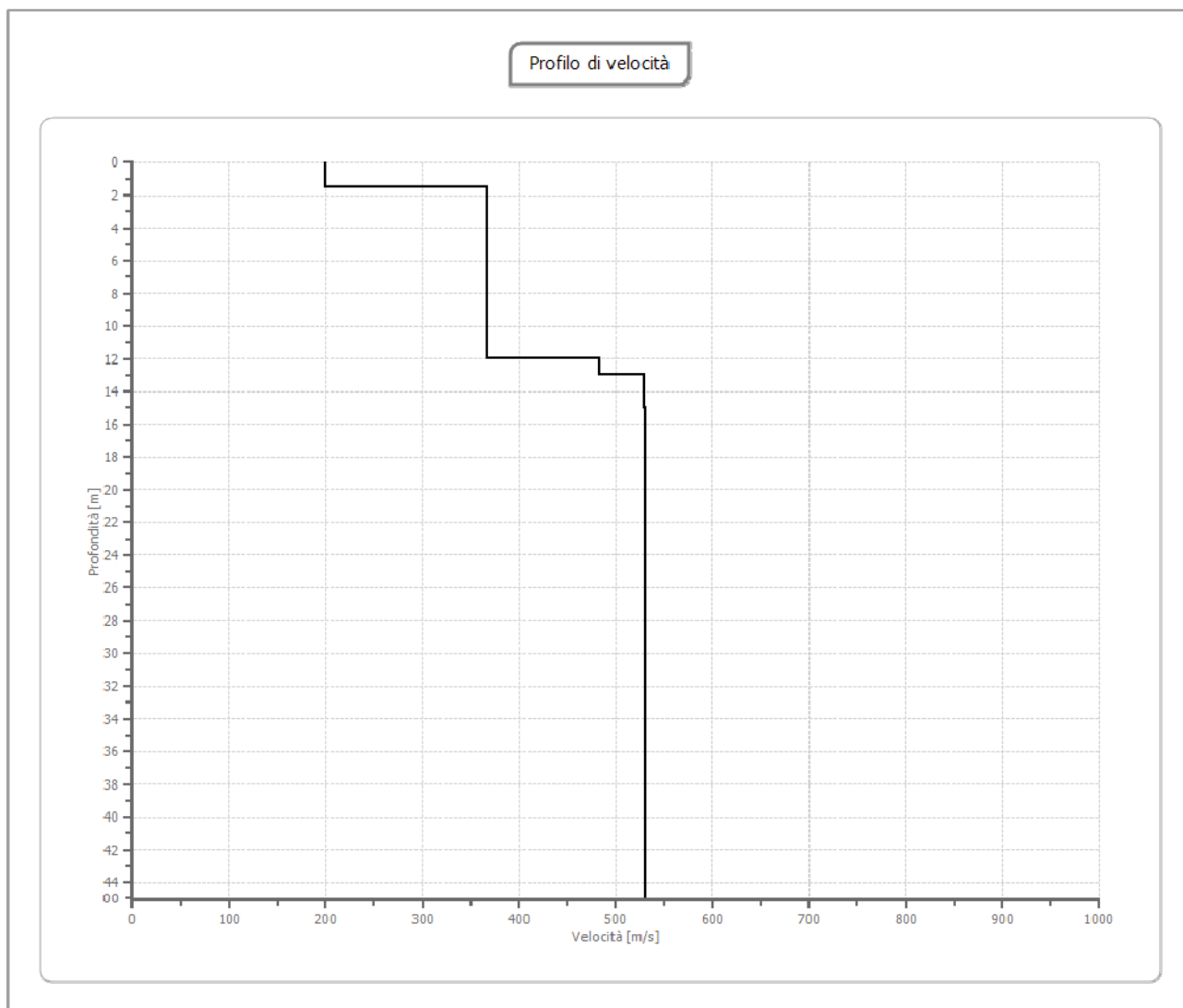
n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	5.7	464.9	0
2	15.2	357.0	0
3	38.0	307.4	0



### Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente e Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		1.50	1.50	2000.0	0.4	No	488.9	199.6
2		12.00	10.50	1850.0	0.4	Si	762.6	366.4
3		13.00	1.00	2100.0	0.4	No	1005.9	483.2
4		14.00	1.00	2100.0	0.4	No	1099.8	528.3
5		15.00	1.00	2200.0	0.4	No	1101.7	529.2
6		oo	oo	2300.0	0.4	No	1104.3	530.5





## Risultati

<b>Profondità piano di posa</b>	0.00
<b>[m]</b>	
<b>Vs30 [m/sec]</b>	426.73
<b>Categoria del suolo</b>	B

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $NSPT_{,30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u,30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina).

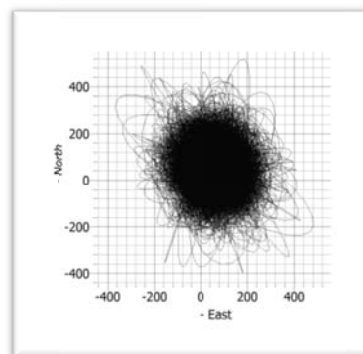


# MISURA DEL MICROTREMORE SISMICO – HVSr-1 stazione singola

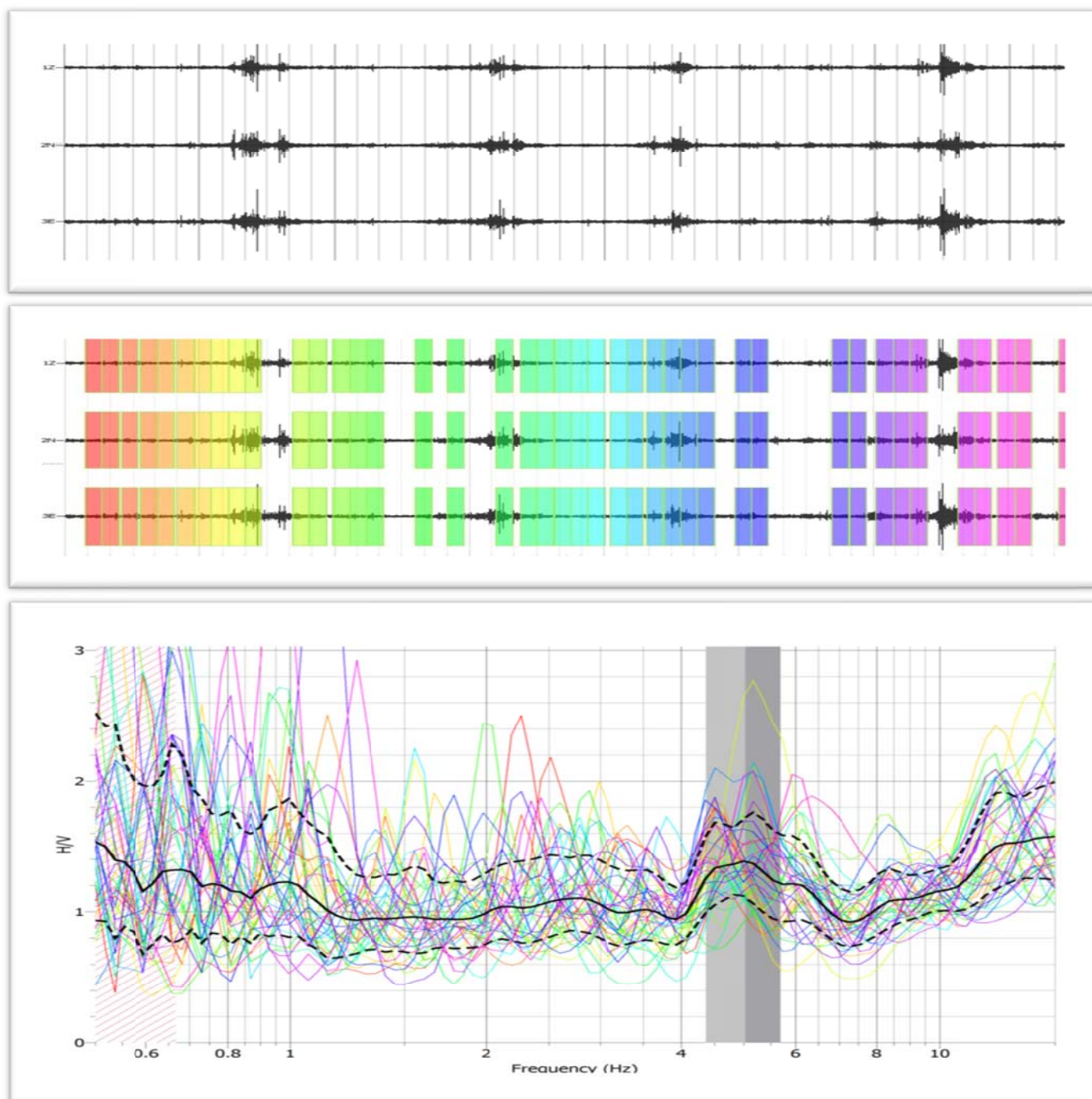
NOVATECNO SRL  
San Michele, fraz. Sant'Angelo di Celle - Deruta

26-02-2014

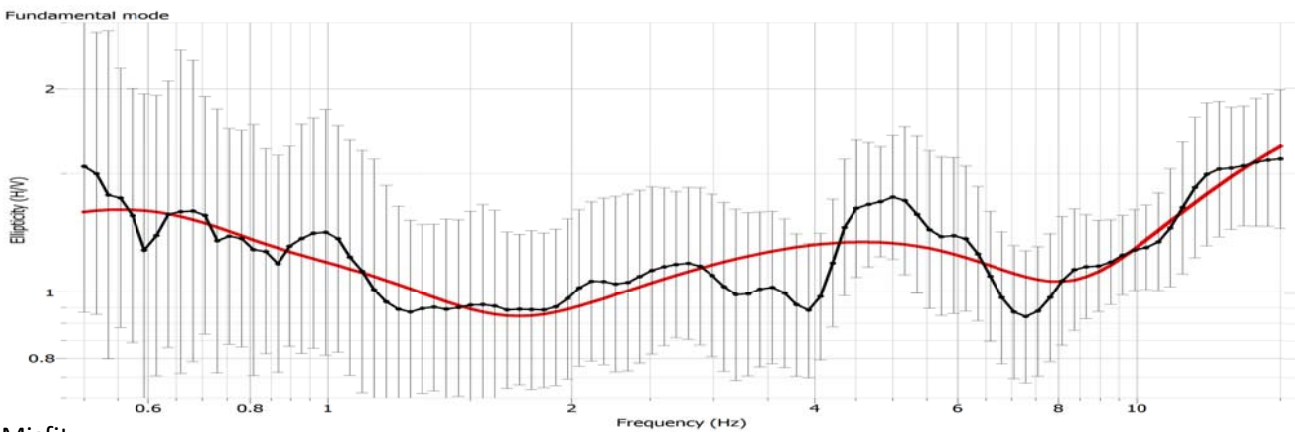
Finestra di oscillazione sul piano orizzontale



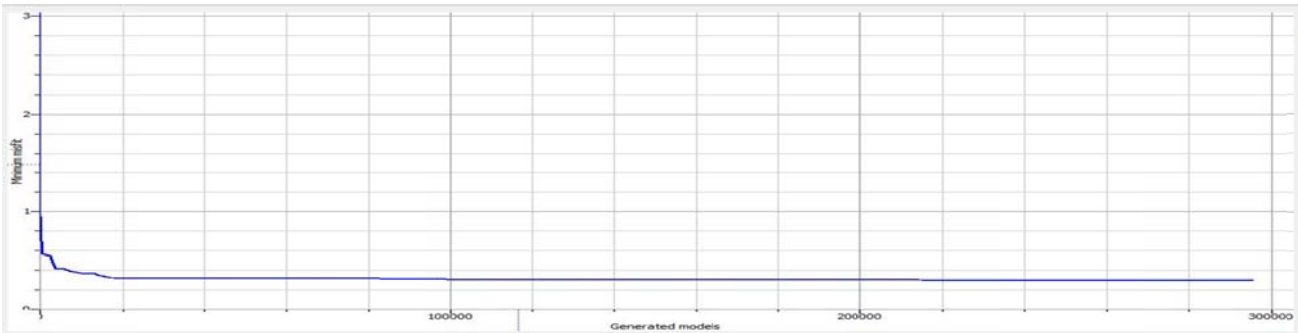
Spettro di frequenza delle onde misurate



Spettro di frequenza delle onde misurate e modello interpretativo



Misfit



Diagrammi velocità sismiche

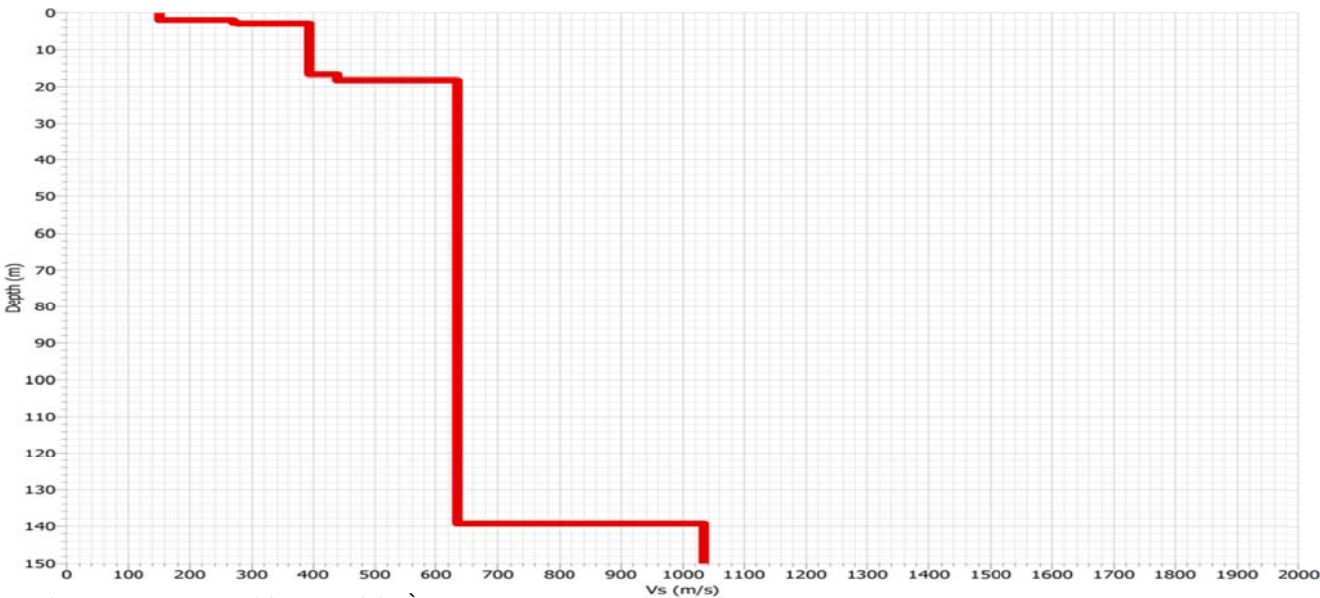


DIAGRAMMA NUMERICO DI VELOCITÀ  $V_s$

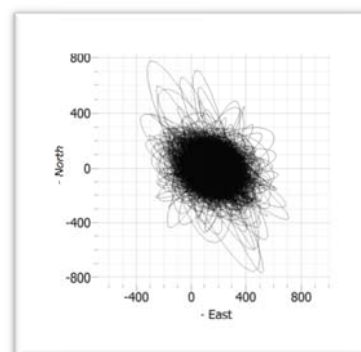
Strato	Spessore (m)	Velocità $V_s$ (m/s)
1	2	150
2	1	270
3	14	390
4	1.5	440
5	121	635
6	-	>800
$V_{s,30}=402.9$ m/s		

# MISURA DEL MICROTREMORE SISMICO – HVSR-2 stazione singola

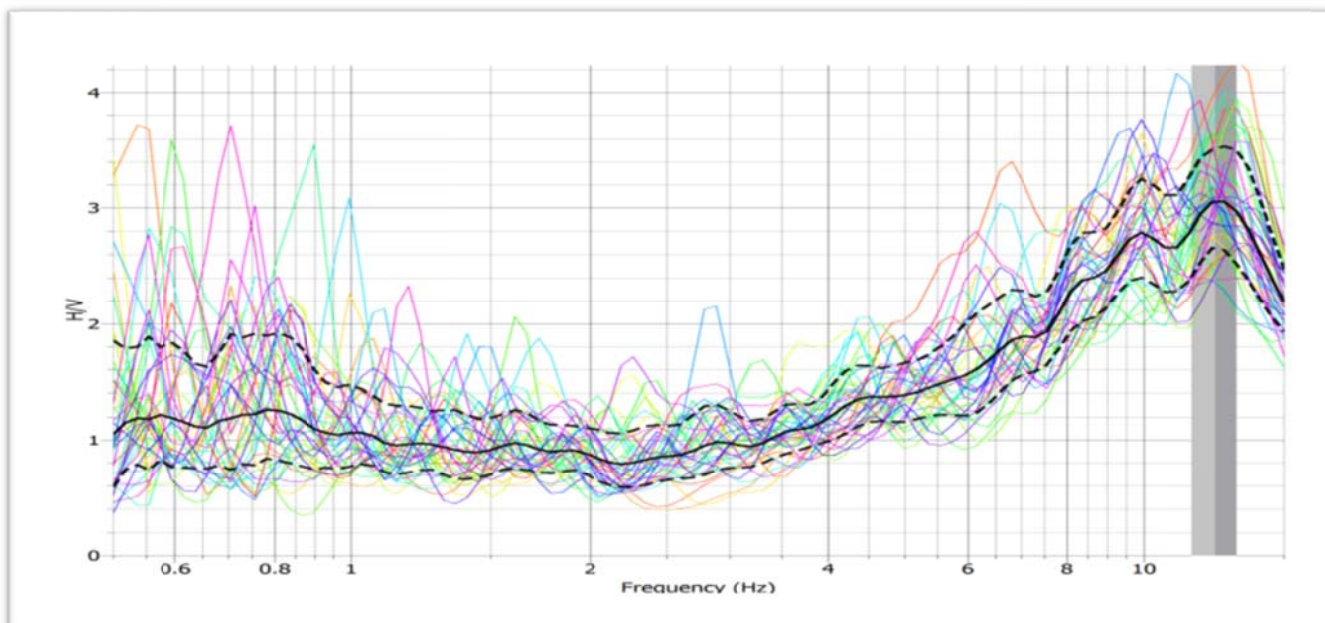
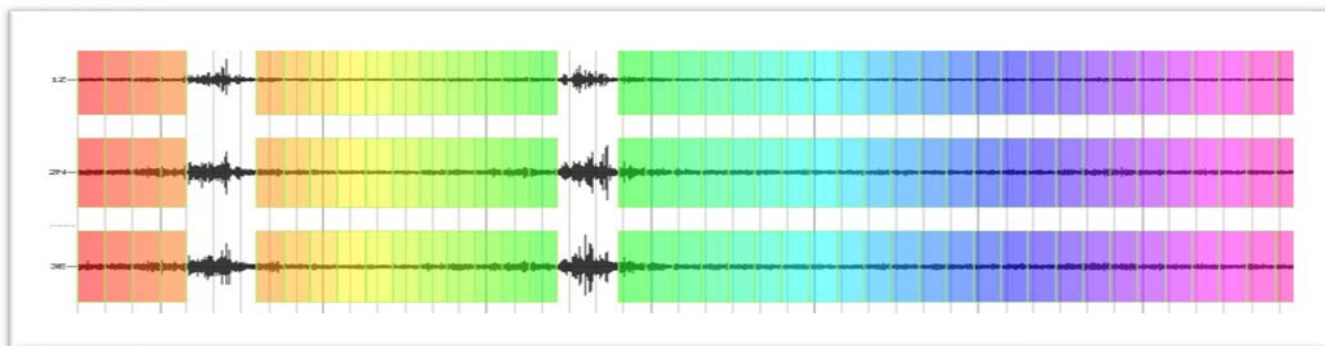
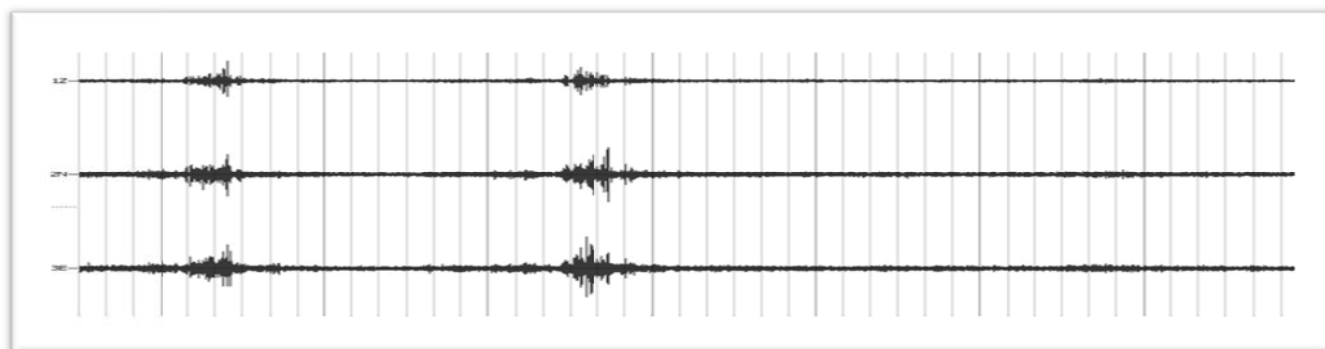
NOVATECNO SRL  
San Michele, fraz. Sant'Angelo di Celle - Deruta

26-02-2014

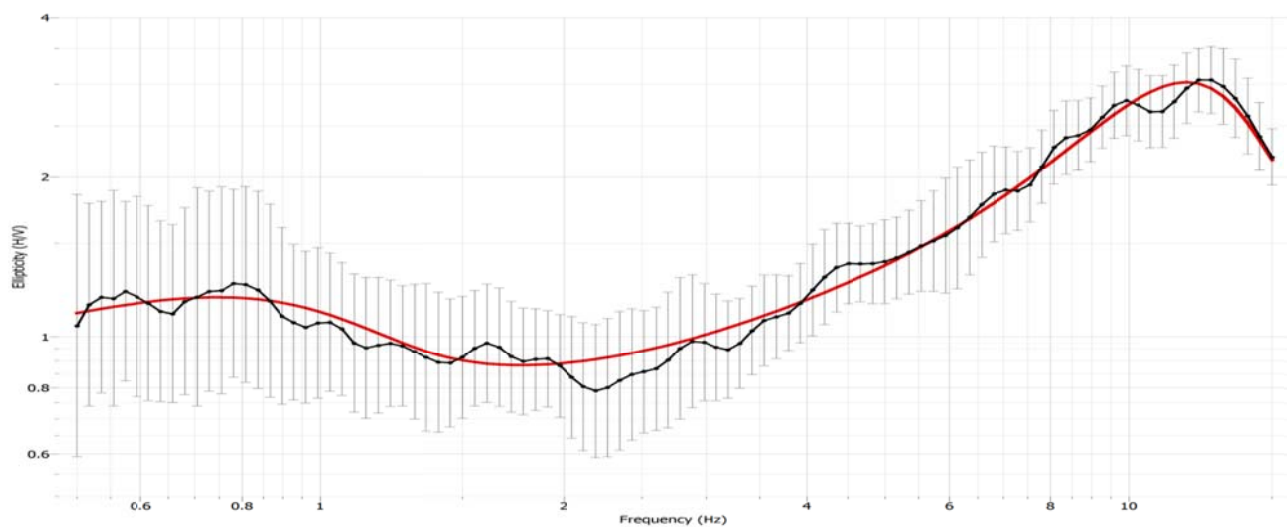
Finestra di oscillazione sul piano orizzontale



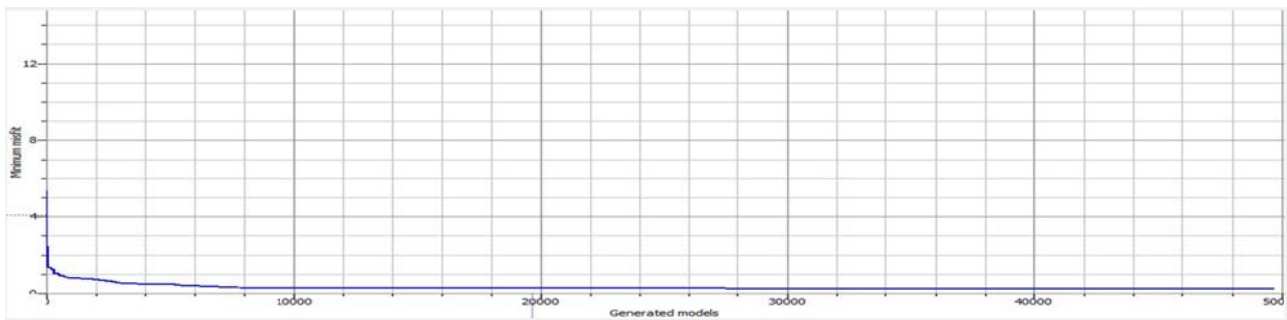
Spettro di frequenza delle onde misurate



Spettro di frequenza delle onde misurate e modello interpretativo



Misfit



Diagrammi velocità sismiche

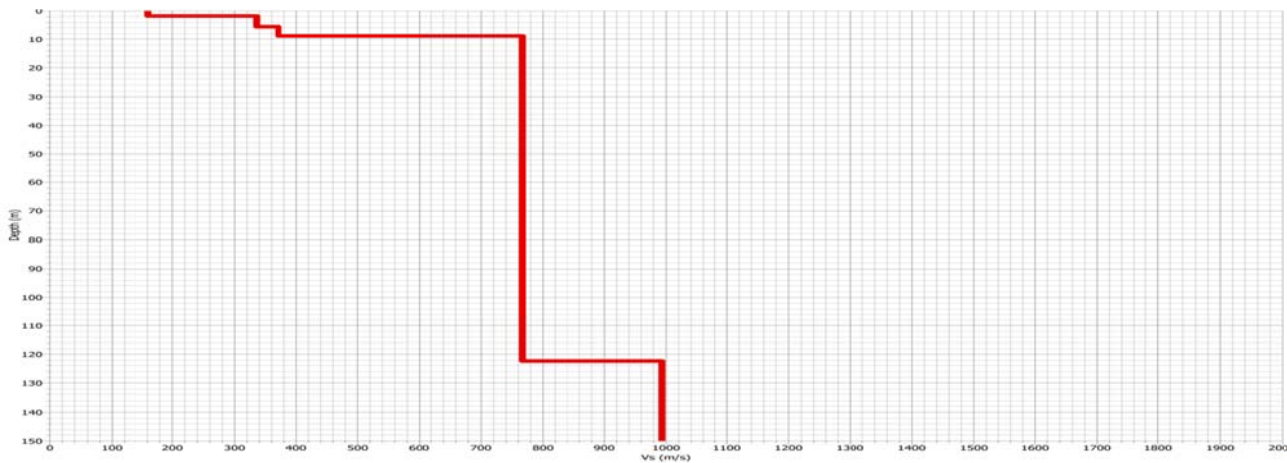


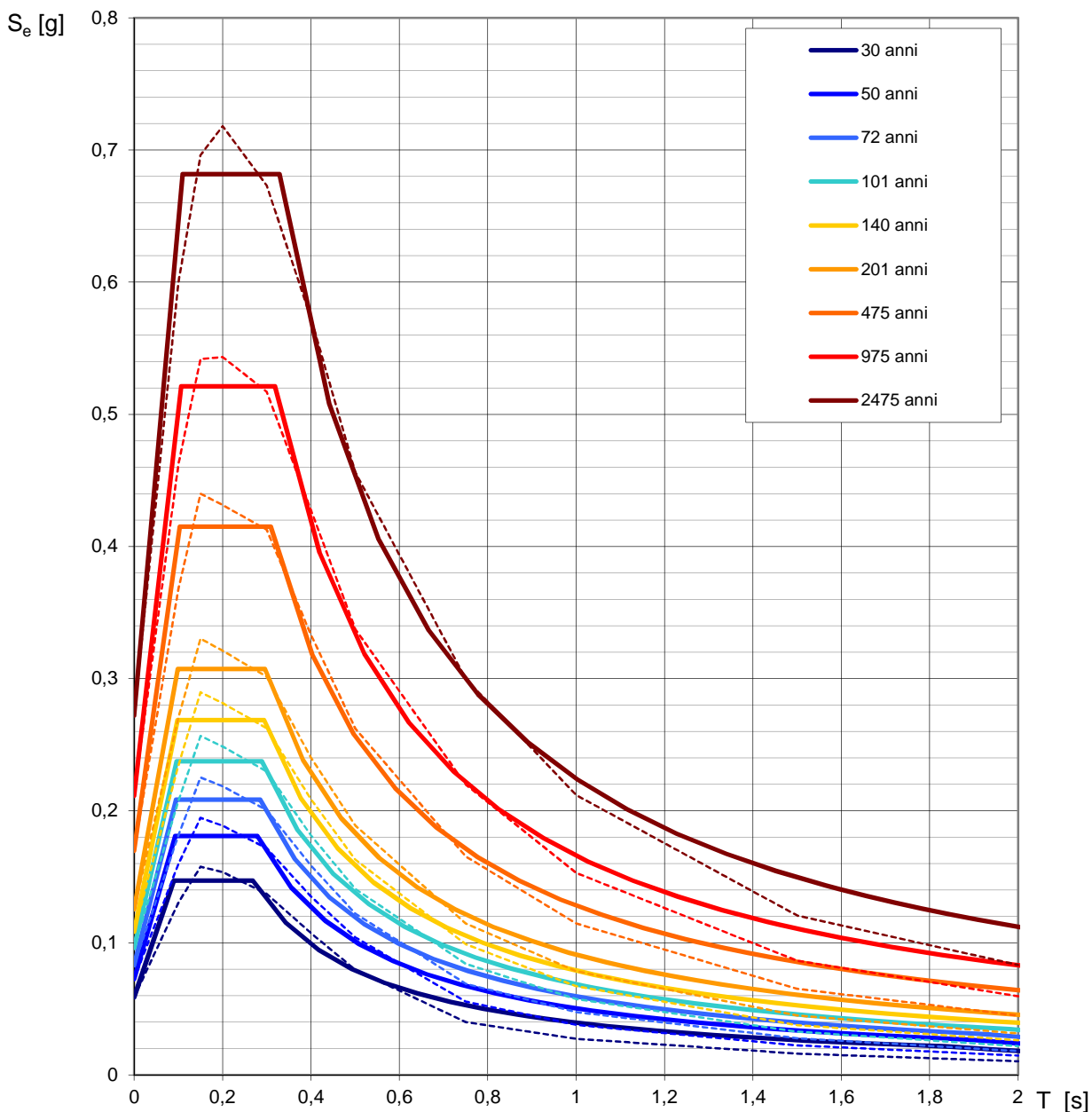
DIAGRAMMA NUMERICO DI VELOCITÀ  $V_s$

Strato	Spessore (m)	Velocità $V_s$ (m/s)
1	2	160
2	3.8	335
3	4	372
4	113	765
5	-	>800
		$V_{s,30}=491.8$ m/s





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

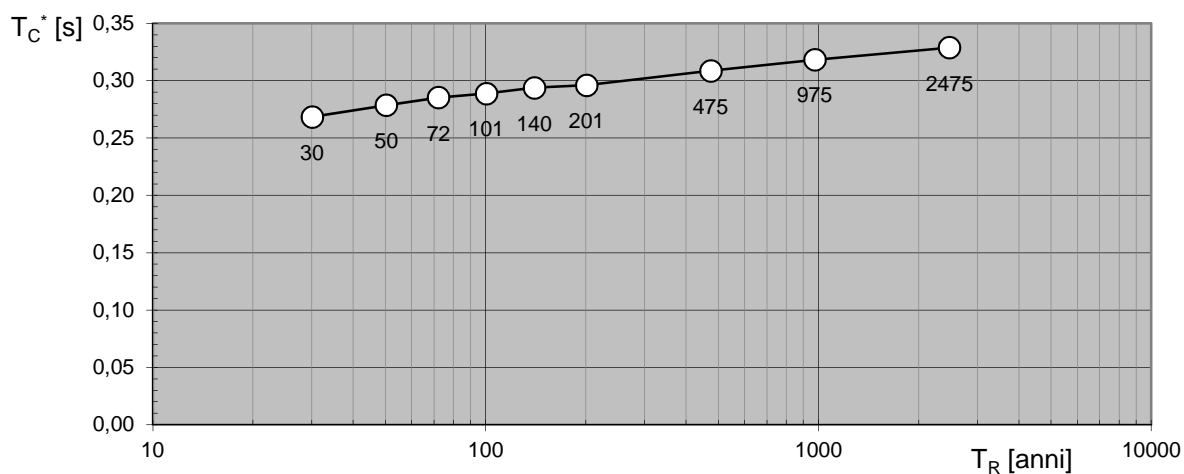
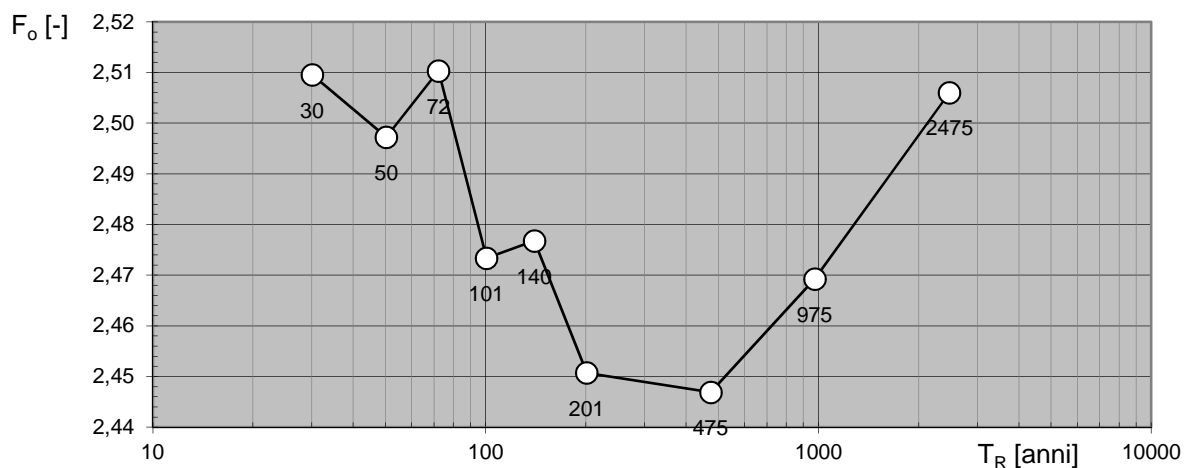
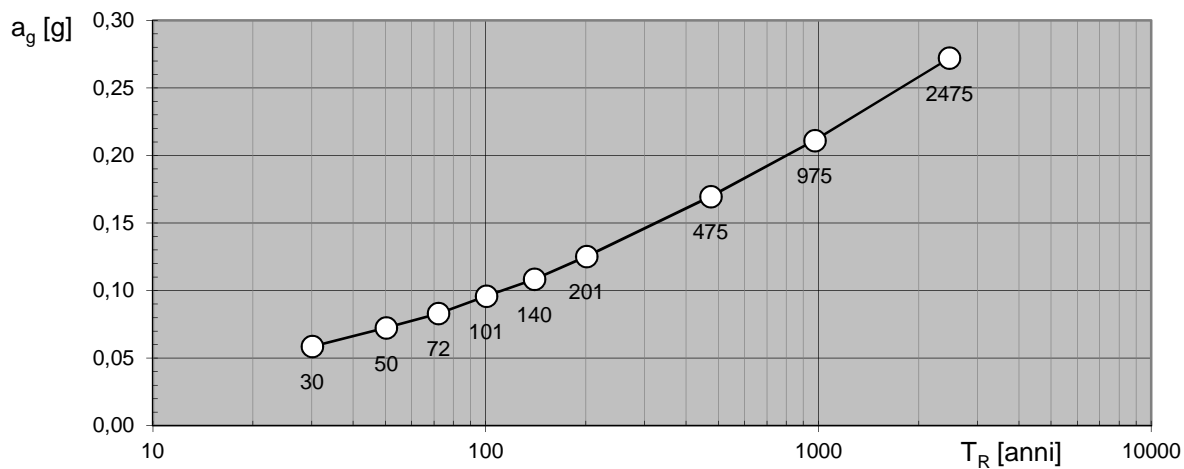


### NOTA:

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

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

# Valori dei parametri $a_g$ , $F_o$ , $T_C^*$ : variabilità col periodo di ritorno $T_R$



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.



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

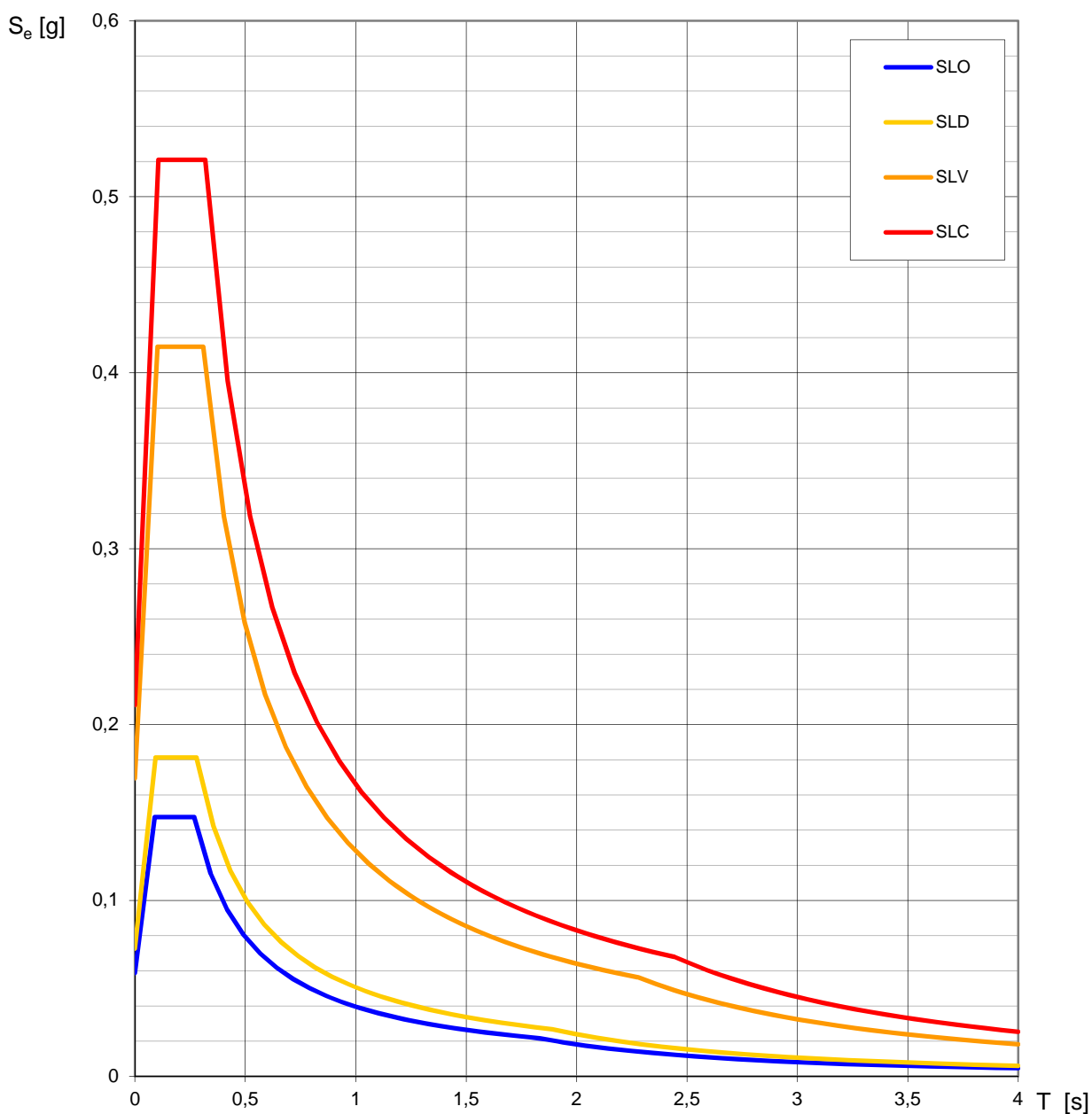

---

$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
30	0,059	2,510	0,268
50	0,072	2,497	0,279
72	0,083	2,510	0,285
101	0,096	2,473	0,289
140	0,108	2,477	0,294
201	0,125	2,451	0,296
475	0,170	2,447	0,309
975	0,211	2,469	0,318
2475	0,272	2,506	0,329

---

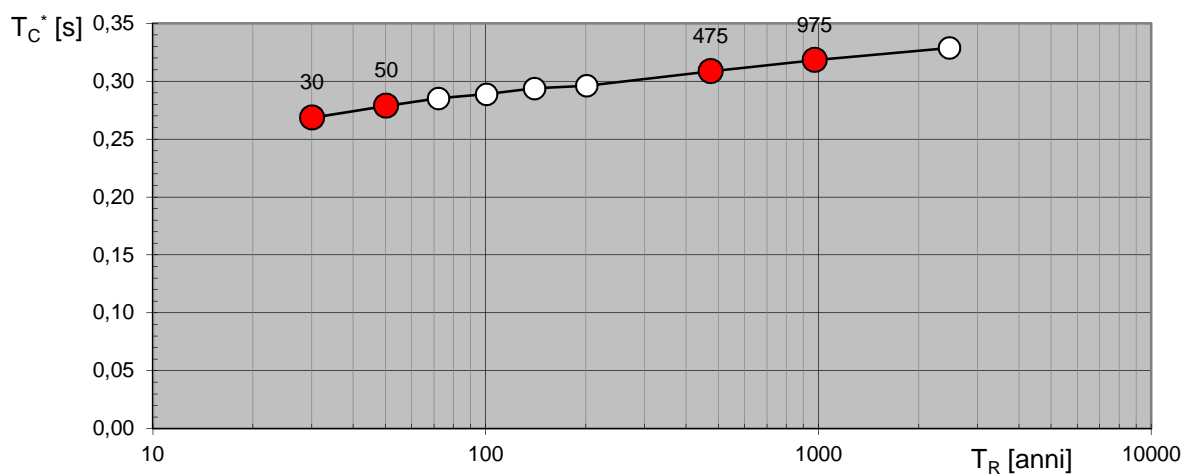
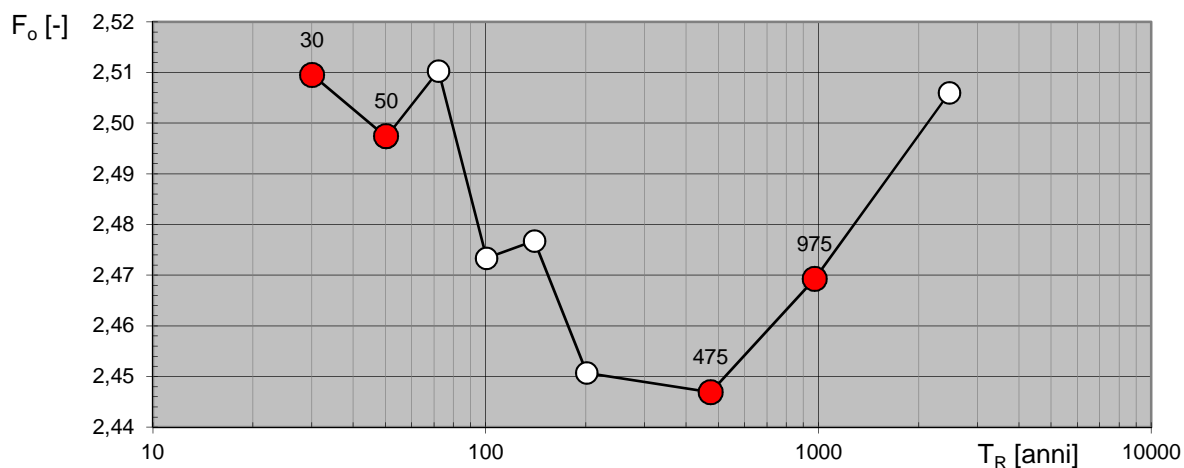
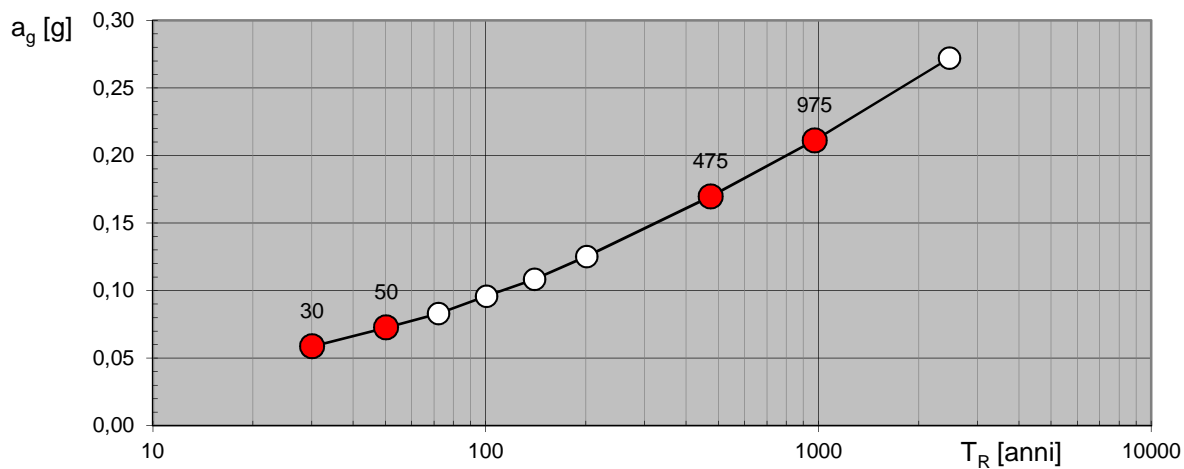
La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

## Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

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

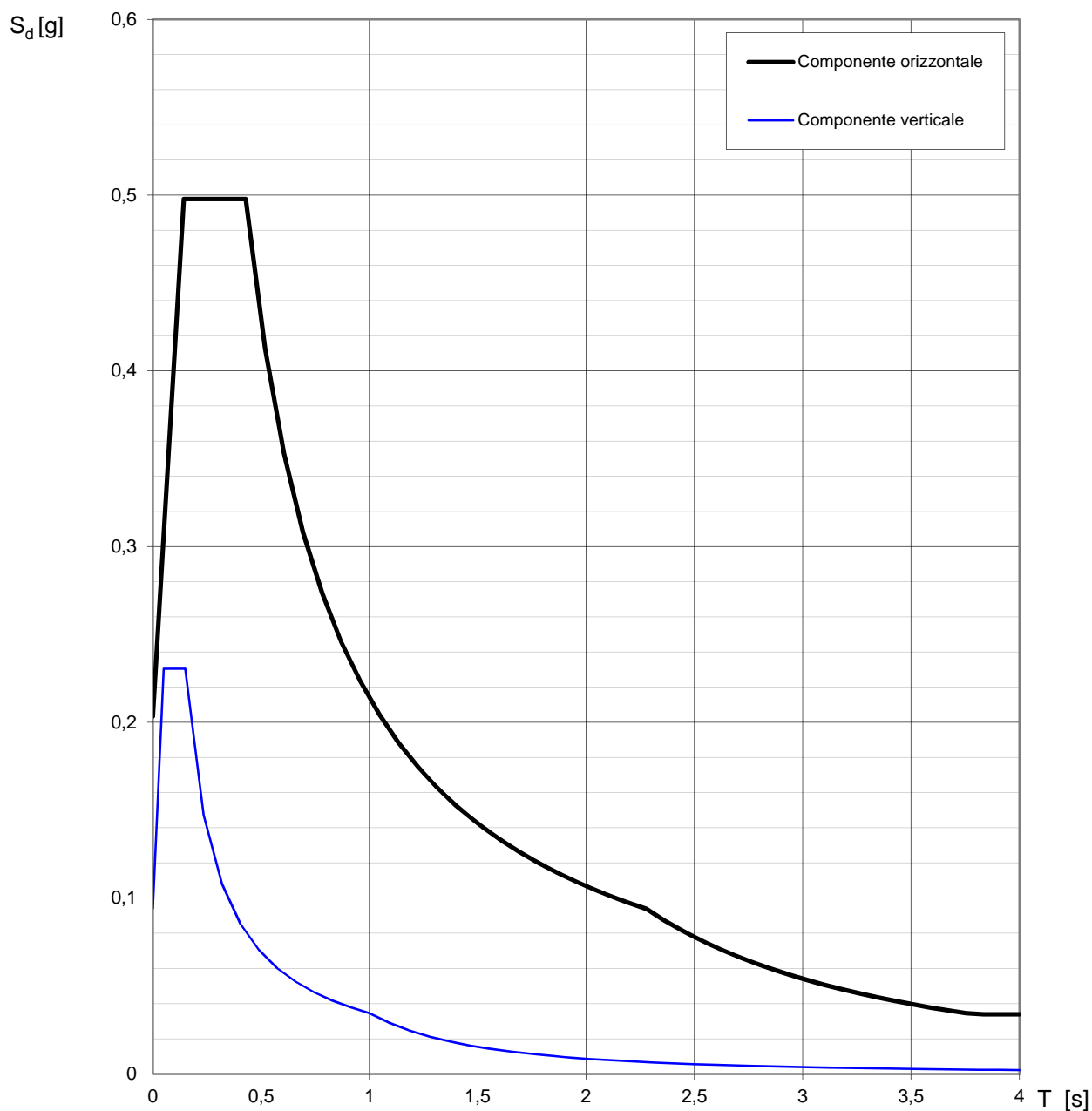


La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

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

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	30	0,059	2,509	0,269
SLD	50	0,073	2,497	0,279
SLV	475	0,170	2,447	0,309
SLC	975	0,211	2,469	0,318

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

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

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.