COMUNE DI MONTONE

Provincia di Perugia

REALIZZAZIONE NUOVO POLO PER L'INFANZIA (FINANZIATO DALL'UNIONE EUROPEA – NEXT GENERATION EU -APPALTO PNRR M4C1 - INV1.1. CUP: G38H22000070006

RELAZIONE GEOLOGICA – GEOTECNICA (sulle indagini) e di RISPOSTA SISMICA LOCALE

Montone 05-04-2023

ORDINE DEI GEOLOGI
GEOLOGO
FRANCESCO DURANTI
ALBO
82
DELLA REGIONE UMBRIA

GEOSTUDIO-GEOLOGIA APPLICATA E GEOTECNICA
Dott.Geol. Francesco Duranti-P.iva 01742400540-C.F. DRNFNC62H19G618M
Via G.Marconi, 96 – Pietralunga – tel.075/9460744

PREMESSA

Di seguito vengono illustrati i risultati di uno studio geologico-geotecnico propedeutico al progetto di ampliamento della scuola materna comunale di Montone capoluogo su terreno distinto in catasto al foglio 38 part. 580.

Lo studio si è svolto essenzialmente in due fasi:

- raccolta, analisi ed interpretazioni di dati preesistenti provenienti dalle campagne geognostiche per il consolidamento del colle di Montone, dallo studio di microzonazione sismica di II° Livello del centro storico e da altri studi effettuati nella stessa zona;
- esecuzione di n° 2 sondaggi geognostici e n° 4 prove penetrometriche DPSH in corrispondenza del sito di interesse.

Ai sensi del D.M. 11-03-1988 e del D.M. 17-01-2018 si è quindi giunti alla caratterizzazione geologico-morfologica, geotecnica e sismica dell'area di intervento.

Alla relazione vengono allegati:

- Carta topografica I.G.M. nuova serie foglio 290 sez. III;
- Foto aerea con ubicazione indagini eseguite;
- Planimetria con ubicazione indagini eseguite;
- Planimetria catastale scala 1:1.000 del centro storico di Montone;
- Carta geologica scala 1:5.000;
- Stratigrafie sondaggi di riferimento provenienti dalle campagne geognostiche per il consolidamento del colle;
- Stratigrafie dei sondaggi eseguiti in questa fase;
- Report prove penetrometriche dpsh;
- Profilo geologico scala 1:5.000;
- Sezioni stratigrafiche e geotecniche scala 1:200;
- Report relativo ad indagine sismica MASW e Downhole:

1.0 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il polo scolastico per lìinfanzia è situato subito al di fuori del centro storico di Montone sul versante occidentale del colle in prossimità della zona di crinale.

Il colle di Montone è costituito interamente dai depositi appartenenti al ciclo di sedimentazione lacustre e fluvio-lacustre plio-pleistocenico.

Si tratta di terreni coerenti ed incoerenti disposti in strati sub-orizzontali o leggermente inclinati verso SW.

In genere si possono distinguere tre unità dal basso verso l'alto:

a) Complesso limoso-argilloso di base (FHL sintema di fighille)
b) Complesso sabbioso-limoso di transizione (CTN1 sintema di Molin dell'Olio)
c) Complesso sommitale conglomeratico-sabbioso (CTN2b-CTN2c sintema di Citerna)

Il **Complesso limoso-argilloso** costituisce la parte basale della serie. Gli affioramenti più significativi di questi sedimenti caratterizzati da una colorazione grigio chiara o grigio verdastra si hanno lungo il Fosso San Martino sul versante orientale del colle e lungo il Fosso il Rio alla base del versante occidentale.

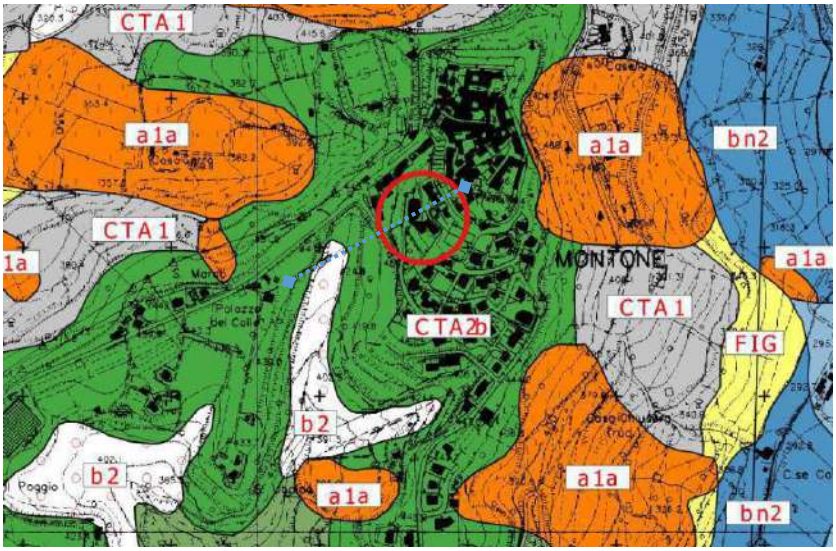
Questo complesso rappresenta il termine più antico tra i depositi affioranti presso il colle di Montone, il cui spessore è difficilmente determinabile per l'impossibilità di seguire con continuità lo sviluppo del suo letto e del suo tetto.

Si tratta di materiali le cui frazioni granulometriche presentano un'estrema variabilità laterale e volumetrica anche se le frazioni più fini tendono a prevalere nella parte bassa del complesso, mentre quelle più grossolane prevalgono nella parte alta. Ai livelli più prettamente limo-argillosi si

intercalano lenti o livelli sabbiosi o addirittura conglomeratici, di spessore variabile nell'ordine di qualche metro (1,5-6 m), più frequenti verso l'alto.

Il **Complesso sabbioso-limoso** affiora nella fascia medio alta (>380 m s.l.m.) ed in parte anche in quella bassa dei versanti e poggia sul complesso precedente.
Si tratta di sabbie limose con colorazione variabile dal giallo ocra al giallo arancio. Generalmente risultano scarsamente cementate e mal stratificate: intercalate ad esse si trovano lenti sabbioso-conglomeratiche poco cementate e lenti argillose di colore grigio verde.
Anche questo complesso ha spessori molto variabili ed il passaggio tra questo ed il complesso precedente non è facilmente rilevabile causa frequenti coperture dovute ad accumuli detritici e di frana che sovrappongono ad esso mascherandolo (Macchia del Negrone, versante orientale del Colle).

Il **Complesso sommitale conglomeratico-sabbioso** è distribuito per la maggior parte su tutto il crinale della dorsale su cui sorge l'abitato (> 450 m s.l.m.) e si estende verso Nord, ricoprendo, in posto, il basamento prepliocenico della Marnoso-Arenacea umbra. Il contatto fra complesso conglomeratico sabbioso sommitale e la marnoso-arenacea è di tipo tettonico (frammenti di calcite spatica, più o meno alterata, sono presenti nei conglomerati sommitali che delimitano tale contatto e possono essere collegati alla tettonica distensiva legata alla formazione del bacino lacustre).
Litologicamente si tratta di conglomerati costituiti da ciottoli arenacei e calcarenitici di varie dimensioni, talora localmente arrotondati o subappiattiti. Sono sempre immersi in una matrice sabbioso-limosa con diverso grado di cementazione, intercalate a questi si riconoscono lenti sabbioso-limose di spessore sempre dell'ordine di qualche metro e lenti argilloso-limose che non superano spessori di 2-3 metri.
Tutto il centro abitato poggia su sedimenti costituiti dal complesso conglomeratico sabbioso sommitale. I conglomerati tipici di sommità sono ben visibili all'interno dei locali seminterrati dei vari edifici posti lungo via Borgo Vecchio che delimita le mura castellane lungo il versante orientale del colle. Tali locali sono stati ricavati all'interno dei conglomerati sfruttando le loro caratteristiche autoportanti e sono in affioramento sulle pareti e sulle volte dei locali stessi.
Il passaggio al complesso inferiore viene di solito segnato da un salto morfologico facilmente individuabile.



Stralcio Carta Geologica CARG 299-040 (Ingrandimento a vista)

- Depositi di frana in evoluzione
- [b] - Depositi alluvionali (Olocene)
- [b2] - Coltre eluvio-colluviale (Pleistocene sup. - Olocene)
- [a1a] - Depositi di frana quiescente (Pleistocene sup. - Olocene)
- [bn2] - Depositi alluvionali terrazzati (Pleistocene medio - sup)
- [CTA2b] - Sintema di CIterna - Subsintema di M. Rotondo litofacie b - (Pleistocene medio - Olocene)
- [CTA2c] - Sintema di CIterna - Subsintema di M. Rotondo litofacie c - (Pleistocene medio - Olocene)
- [CTA1] - SubSintema di Molin dell'Olio (Plesitocene medio - Olocene)
- [FIG] - Sintema di Fighille (Pleistocene inf)

2.0 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Il centro storico di Montone sorge a quota 450-480 m sulla sommità del colle omonimo costituente una dorsale allungata in direzione N-S interposta tra le valli alluvionali del T. Carpina ad est e del T. Lana ad ovest.

L'attuale assetto plano-altimetrico dato da un rilievo con asse allungato in direzione nord-sud con quote decrescenti da nord verso sud è il frutto dell'azione erosiva esercitata dal Fiume Tevere ad ovest e dal Torrente Carpina ad est sui complessi sintemici precedentemente descritti affioranti nell'area. Altri fattori geomorfologici che hanno contribuito a determinare l'attuale conformazione dei luoghi sono da ricercarsi nell'azione erosiva esercitata da alcuni affluenti del F. Tevere e del T. Carpina e nell'azione della gravità che ha generato vari fenomeni franosi nel corso degli anni.

Per quanto riguarda i tributari (Fosso di Corlo, Fosso di San Martino) trattasi di corsi d'acqua con portate modeste ed irregolari che assumono rilevanza solo in concomitanza con eventi meteorici straordinari per durata ed intensità. Tali corsi d'acqua presentano un pattern idrografico poco sviluppato con basso ordine gerarchico e bassa densità di drenaggio.

Si esplicita comunque che il sito di interesse non è interessato dall'azione erosiva di tali corsi d'acqua, né dall'azione di dilavamento delle acque meteoriche che risultano ben regimate dalle opere fognarie esistenti.

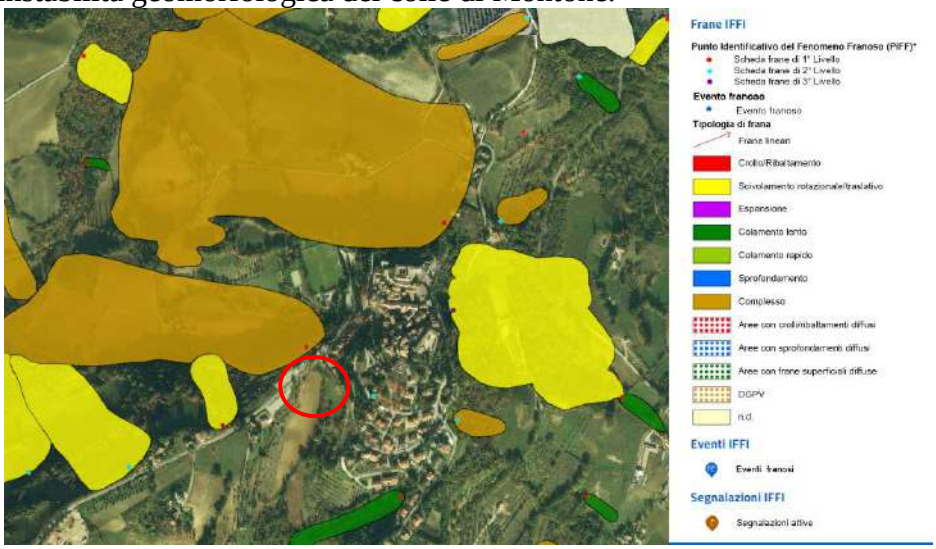
Il sito di interesse si trova sul versante orientale del colle a quota 460 m s.l.m. ad una distanza di 50-60 m dalle mura castellane a valle di queste. Questa zona è caratterizzata da pendenze medie che raramente superano valori di 15°. La zona si affaccia su una vallecola a fondo concavo facente parte del bacino idrografico del Fosso di Corlo che separa la dorsale principale da un crinale secondario (crinale Coldicambio-Montone) avente direzione NNE-SSW.

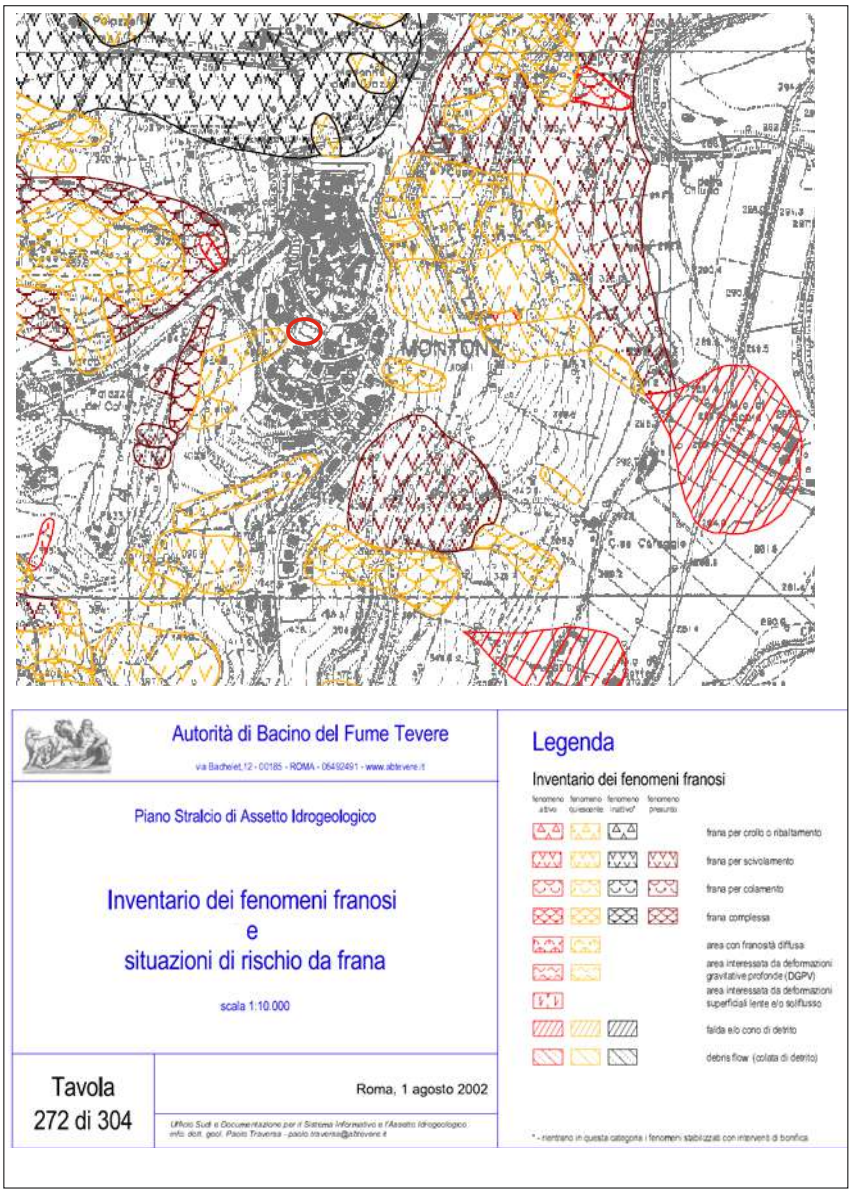
Complessivamente il versante occidentale della dorsale è caratterizzato dalla predominanza di tratti rettilinei a blanda pendenza in totale asimmetria rispetto al versante orientale che presenta pendenze elevate e tratti sub-verticali. Tale asimmetria riflette l'assetto strutturale locale corrispondente ad una monoclinale con strati immergenti a SW. Tale assetto è dovuto alla presenza di faglie dirette ad orientazione N15E connesse con le fasi più recenti del sollevamento regionale (< 3 milioni di anni) che hanno determinato il basculamento degli strati verso W con conseguente assetto a franapoggio sul versante occidentale ed assetto a reggipoggio su quello orientale.

Tale assetto strutturale ha giocato un ruolo decisivo sullo sviluppo e sulla dinamica evolutiva dei numerosi fenomeni franosi che caratterizzano i versanti laterali del Colle. Sul versante occidentale, con strati a franapoggio, si sono avute le condizioni ideali per lo sviluppo di movimenti prevalentemente traslazionali (frana di Monte Bestia e movimenti lungo il tratto di versante a valle del nuovo campo sportivo fino a Casa Cerro) mentre sul versante orientale le elevate acclività hanno favorito lo sviluppo di movimenti di tipo prevalentemente rotazionale (frana Macchia del Negrone) con fenomeni di crollo progressivi dei banchi conglomeratici per scalzamento dei sedimenti fini limoso-argillosi facilmente erodibili posti alla base.

In sintesi l'intero colle di Montone è stato interessato da numerosi e spesso estesi eventi gravitativi che hanno dato luogo ad una notevole diffusione di accumuli detritici alla base dei versanti.

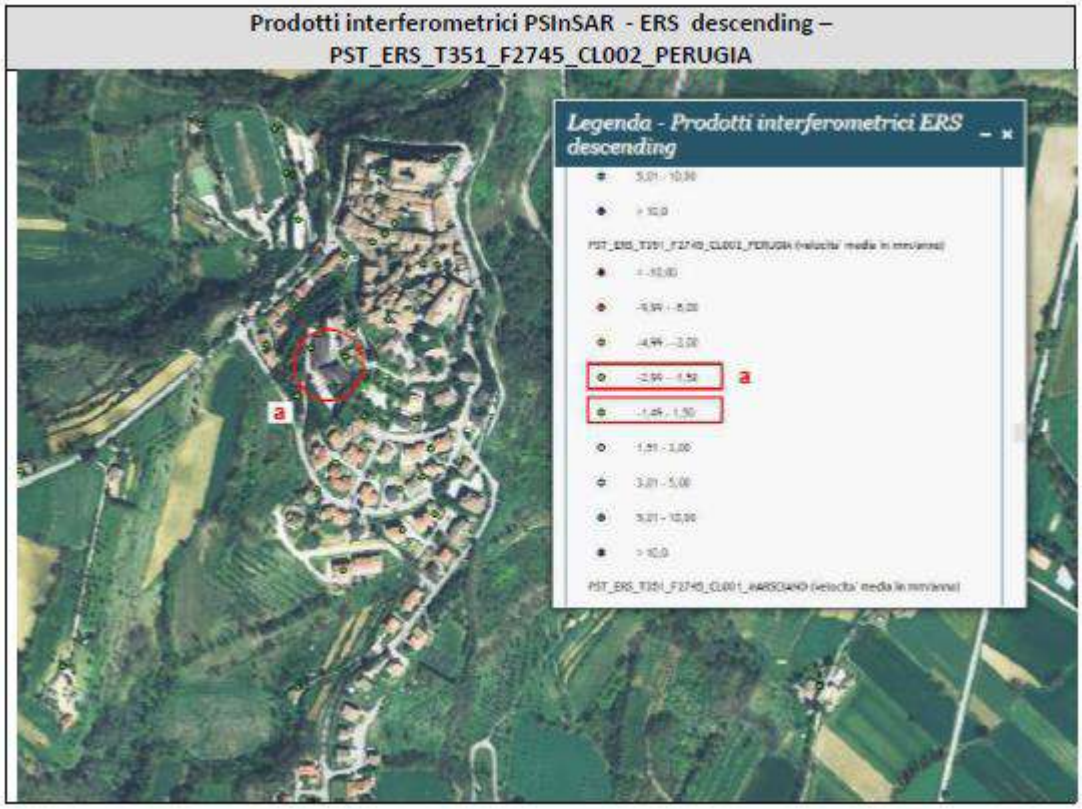
Attualmente la maggior parte di questi fenomeni versano in condizioni di quiescenza nel senso che pur permanendo gli agenti morfo-climatici che li hanno generati, sono di fatto inattivi.
Dall'analisi della cartografia interattiva IFFI e PAI nei pressi dell'edificio scolastico sono individuati due fenomeni franosi, uno censito PAI ed una censito IFFI.
La frana PAI è posta subito a valle dell'edificio scolastico, presenta una notevole estensione, un cinematismo per scivolamento ed uno stato di quiescenza. Di contro la cartografia PAI non riporta tale fenomeno e censisce invece nelle vicinanze una piccola frana non cartografabile, con cinematismo non chiaro (del tipo rotazionale/traslazionale) con stato di attività non definito (codice identificativo IFFI ID0540430500). Le due cartografie anche se non congrue concorrono comunque a descrivere un quadro abbastanza critico per la zona di interesse in accordo con la generale situazione di instabilità geomorfologica del colle di Montone.



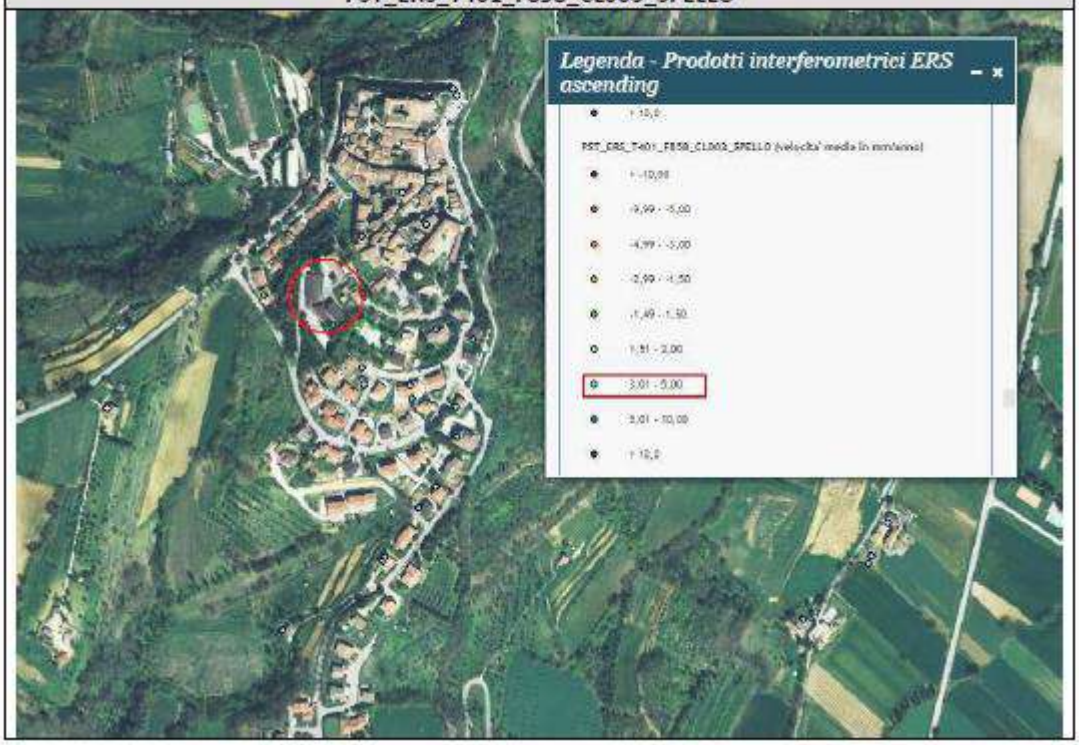


Al momento attuale non sono comunque presenti indizi relativi a processi di instabilità in atto o recenti come fessure, lesioni, fratture ed altri elementi sulle strutture ed infrastrutture esistenti.
A supporto di tale considerazione, o più specificatamente del fatto che non sono presenti elementi franosi in stato di quiescenza, è stato preso a riferimento quanto riportato nella cartografia interattiva, consultabile sul sito Geoportale Nazionale, relativa ai "*Prodotti interferometrici ENVISAT ascending e descending*" e ai "Prodotti interferometrici ENVISAT ascending e descending". Tale mappatura (PSInSAR) permette di valutare con elevata precisone i movimenti del terreno riconducibili a spostamenti millimetrici di punti di riferimento (*Diffusori Permanenti* o *Permanent Scatterers*) a seguito di misurazioni costanti e frequenti effettuate, nel caso specifico, dal satellite ENVISAT (periodo letture 2003 - 2010) e dal satellite ERS (periodo letture 1992 - 2000).
Tale tecnica è praticamente immune agli effetti di decorrelazione in quanto i diffusori permanenti (PS) mantengono la stessa "firma elettromagnetica" in tutte le immagini al variare della geometria di acquisizione e delle condizioni climatiche, preservando quindi l'informazione di fase nel tempo. I diffusori permanenti sono tipicamente parti di edifici, strutture metalliche, rocce esposte, comunque elementi già presenti al suolo, per i quali le caratteristiche elettromagnetiche non variano sensibilmente di acquisizione in acquisizione, mentre ciò non accade ad esempio per la vegetazione che muta di continuo.

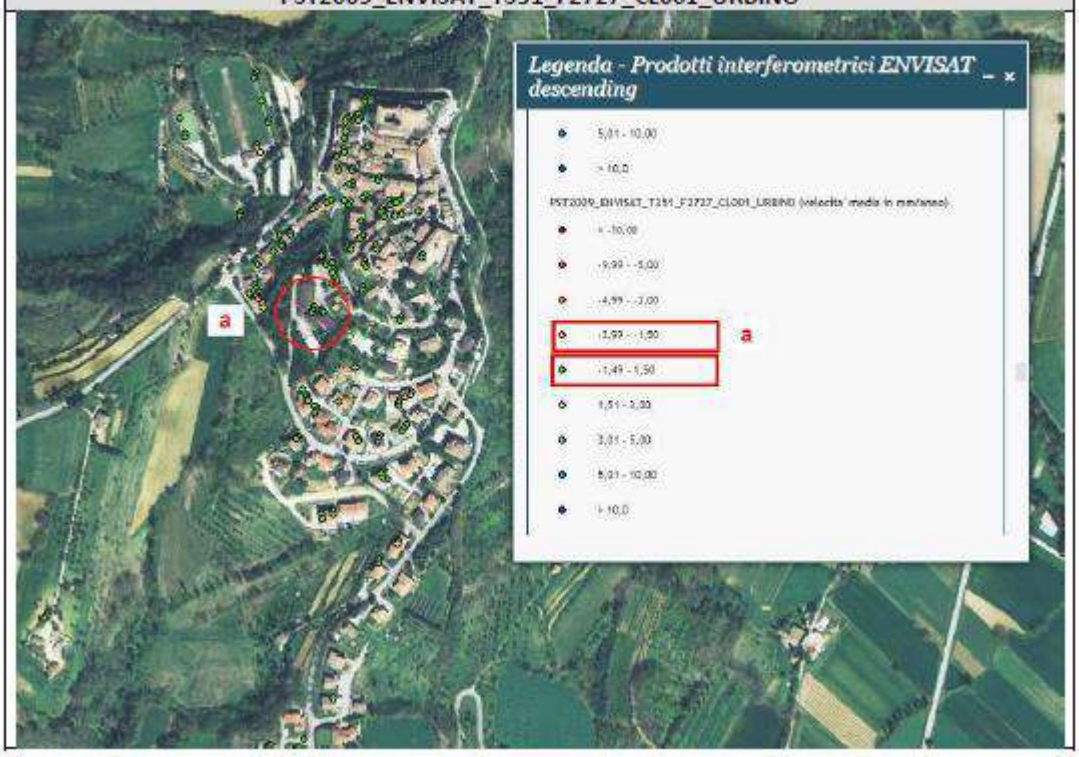
I diffusori permanenti vengono correttamente posizionati nella cella di risoluzione al suolo e incorrispondenza di ciascuno di essi si effettua una misura di deformazione per ogni acquisizione disponibile, con accuratezza sino a 1-2 mm su ogni singola misura (per i punti migliori). Si è quindi in grado di ricostruire il trend medio di deformazione annua, con accuratezza compresa tra 0.1 e 1 mm/anno. L'accuratezza è funzione del numero di immagini e della "qualità" del diffusore stesso, cioè di quanto l'informazione di fase è immune ai fenomeni di disturbo.
In generale la tecnica multi-interferogramma si presta per l'analisi di frane lente ed ha fornito in particolar modo ottimi risultati per cinematismi di tipo scivolamento/traslazionale.
Nello specifico nel presente elaborato sono stati presi a riferimento i diffusori permanenti,
presenti in un intorno rappresentativo all'edificio scolastico, così come individuati negli stralci cartografici a seguire (PST – Piano Straordinario di Telerilevamento).
Per ciascun PS è stato riportato l'intervallo di velocità medio dello spostamento misurato
evidenziato, tra l'altro, da colorazioni differenti.
Dai dati appare evidente come i diffusori permanenti (PS) presi a riferimento nelle cartografie di cui sopra, ovvero quelli più prossimi all'edificio scolastico, risultino, nell'insieme, contraddistinti da movimenti contraddistinti da velocità da modeste ad estremamente modeste in quanto comprese tra 3.77 e 0.5 mm/anno. Si esplicita a riguardo che i valori di velocità più elevati sono relativi a
punti comunque lontani all'edificio scolastico.

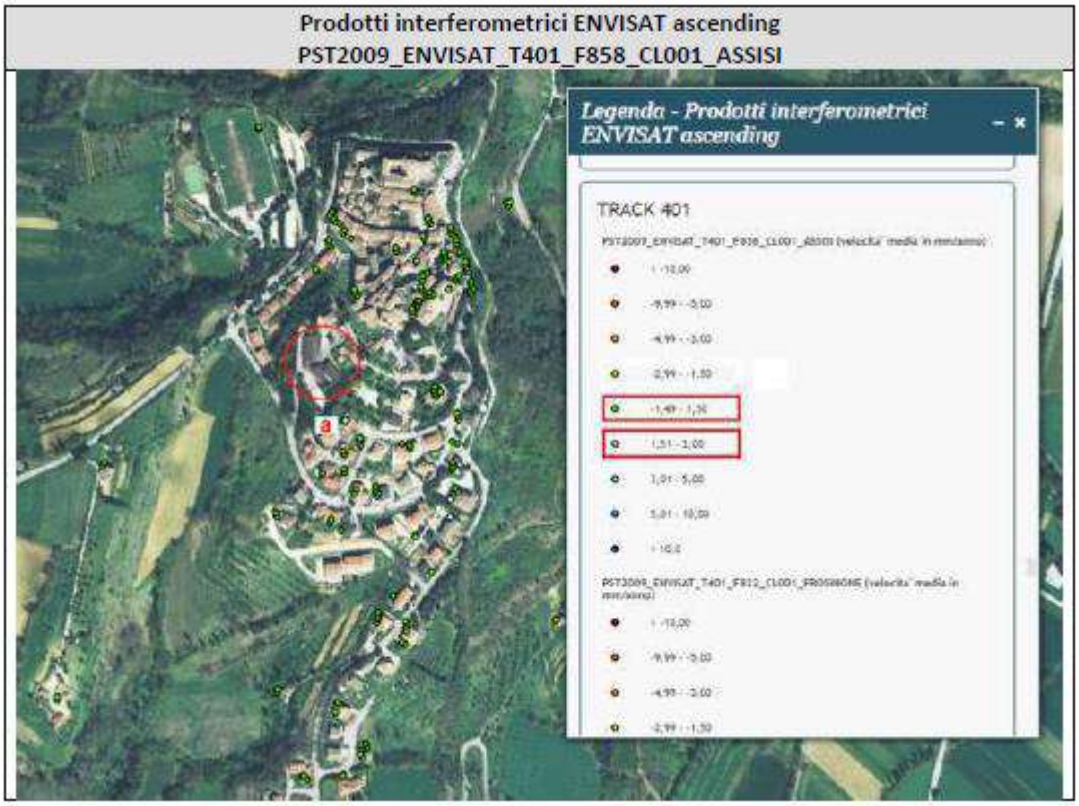


Prodotti interferometrici PSInSAR - ERS ascending – PST_ERS_T401_F858_CL003_SPELLO



Prodotti interferometrici PSInSAR - ENVISAT descending – PST2009_ENVISAT_T351_F2727_CL001_URBINO





In sostanza dallo studio congiunto tra analisi interferometrica PSInSAR e rilievo geomorfologico per il sito specifico non sono emersi indizi cinematici che possano in qualche modo essere ricondotti a cinematismi franosi in atto. In particolare i movimenti evidenziati dall'analisi interferometrica possono essere associati non necessariamente, perlomeno in forma esclusiva, ad eventi di natura gravitativa (frane) ma anche a fenomeni di cedimento legati al ritiro dei terreni sia fondali che non estremamente frequenti laddove sono presenti terreni di copertura e/o riporto diffusamente presenti sul colle di Montone.

3.0 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

In corrispondenza del rilievo collinare di Montone, nelle zone di affioramento dei sedimenti fluvio-lacustri, sono veramente poche le opere predisposte per la captazione di circolazioni idriche sotterranee.

In particolare, nell'area del centro storico, la maggior parte dei "pozzi", ubicati nei cortili o all'interno delle abitazioni, come quello del Monastero di San Francesco o quelli presenti in Via Gherardi e Via Roma o lungo Corso Garibaldi, non sono altro che cisterne di raccolta delle acque piovane.

Tutti questi manufatti sono stati scavati nel complesso conglomeratico sommitale per profondità mediamente limitate a qualche metro, rappresentando, fino a qualche decennio fa, l'unico modo di approvvigionamento idrico, vista la difficoltà di captare falde facilmente raggiungibili con scavi a mano.

Solo il pozzo presente in Piazza Fortebraccio, risulta "anomalo" rispetto ai precedenti, soprattutto per la profondità raggiunta dallo scavo che risulta di alcune decine di metri.

Esso rappresenta l'unica opera che ha intercettato, in tempi storici, una circolazione idrica posta al contatto tra i sedimenti sommitali e i sottostanti sedimenti fini a permeabilità relativa più bassa.

Il livello statico delle acque in pozzo mostra dei piccoli scarti stagionali, attestandosi comunque sempre oltre i 35 m di profondità dal piano di calpestio di Piazza Fortebraccio (quota 467 m s.l.m).

Nonostante la granulometria grossolana dei sedimenti costituenti la sommità del colle, il loro elevato stato di addensamento e la presenza di matrice fine sabbioso-limosa a luoghi anche cementata, riduce notevolmente la permeabilità primaria del deposito.
La situazione stratigrafica definisce un acquifero costituito da una serie di strati e banchi sabbiosi e conglomeratici sempre tra loro intercomunicanti a causa della scarsa continuità dei livelli limoso-argillosi interposti. Si ha quindi la formazione di un'unica falda freatica, il cui livello, rilevato in corrispondenza dei fori di sondaggio condizionati a piezometro esistenti sul colle, è posto generalmente a profondità superiore a 50 m. In particolare in corrispondenza dell'inclinometro 9e posizionato in vicinanza all'edificio scolastico il livello piezometrico risulta a 54 m dal p.c.. Si può escludere pertanto qualsiasi possibilità di interferenza a livello fondale per la nuova struttura in progetto. Per quanto riguarda la gestione delle acque meteoriche superficiali, questa viene espletata dalle opere fognario esistenti e dalle canalette stradali preservando in modo soddisfacente la zona da fenomeni di ristagno e/o di dilavamento.

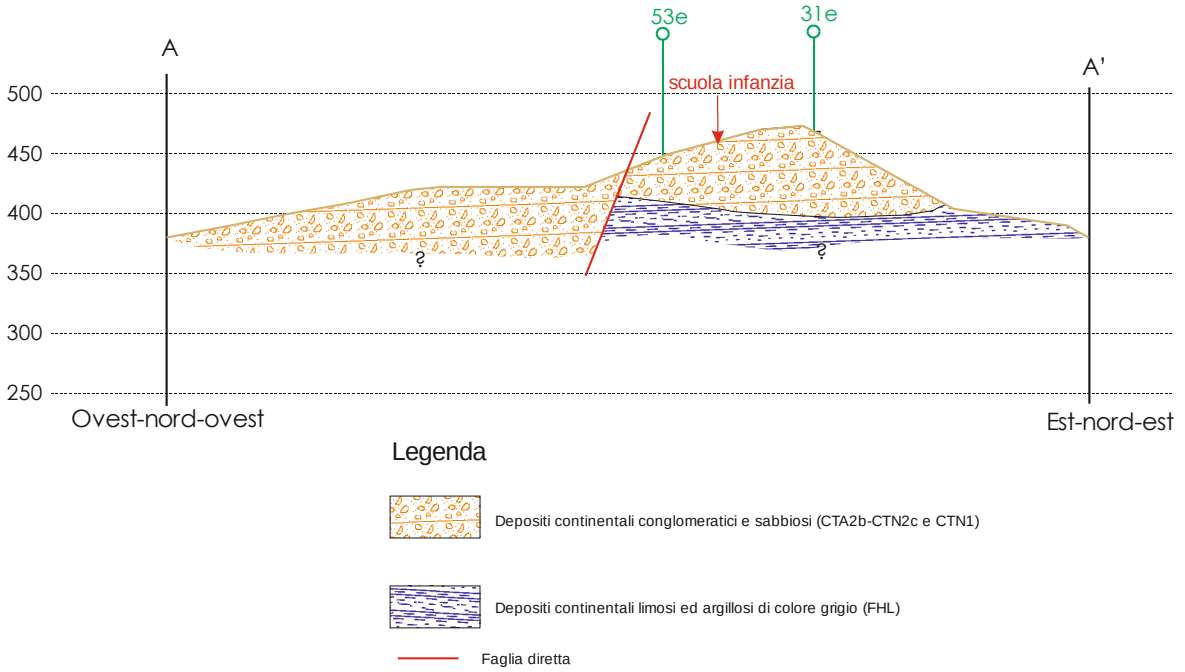
4.0 MODELLAZIONE GEOLOGICA

Per la definizione dell'assetto litostratigrafico dell'area di studio sono stati analizzati n° 8 sondaggi geognostici a rotazione realizzati per lo studio di "Consolidamento del Colle di Montone" dal 1984 al 1989 (Tonetti G., Santucci R., Ridolfi L.), n° 1 Sondaggio a carotaggio realizzato per lo "Studio di Microzonazione Sismica" redatto dallo scrivente e dalla D.ssa Stefania Montagnini nel 2014 e n° 1 sondaggio a carotaggio per lo studio di adeguamento sismico dello stesso edificio scolastico eseguito dal Dott. Geol. Alessandro Ricciardi nel 2019.
Per questo studio sono stati realizzati specificamente n° 2 sondaggi a carotaggio continuo spinti alla profondità di 15 m dal p.c.. e n° 4 prove penetrometriche DPSH. Le stratigrafie ottenute risultano correlabili con quelle delle indagini pregresse e concorrono a definire per il colle di Montone e quindi per l'area di interesse l'affioramento dei terreni appartenenti al Subsintema di Monterotondo facies B (CTA2b). Questi sono costituiti da livelli e banchi conglomeratici aventi spessore di vari metri ai quali si intercalano strati e straterelli di limi argillosi e limi sabbiosi di colorazione marrone/beige a varia consistenza.
I livelli conglomeratici sono costituiti da ciottoli arenacei, calcarenitici e marnosi sub-arrotondati e appiattiti ben classati immersi in matrice sabbioso-limosa giallastra.
Tali sedimenti sono caratterizzati da un elevato addensamento ed a luoghi da cementazione che conferisce al deposito una consistenza lapidea. Analizzando i logs disponibili si evince che a quote inferiori ai 430-420 m s.l.m. aumenta la frazione sabbioso limosa e diminuisce quella grossolana ghiaiosa. Si ritiene pertanto che a partire da quota 420 m s.l.m. possa avvenire il passaggio al Subsintema di Molin dell'Olio (CTA1). Ciò comporterebbe uno spessore dei depositi appartenenti al Subsintema di Monte Rotondo di circa 40 -50 m.
Riassumendo tutti i dati a disposizione, l'assetto stratigrafico profondo può essere ricostruito per mezzo di una sezione passante per il sito del complesso scolastico orientata in direzione ONO-ESE (sez. A-A').
La sezione permette di stimare la profondità dei passaggi tra le varie unità sintemiche proseguendo dalla superficie in profondità: tra il Subsintema di Monte Rotondo facies b [CTN2b] => Subsintema di Molin dell'Olio [CTA1] => Sintema di Fighille [FIG]. Il modello stratigrafico interpretativo può essere ricondotto ad una semplice sovrapposizione di complessi sintemici con assetto degli strati piano-parallelo e sub-orizzontale con leggera vergenza verso ovest per effetto della tettonica plio-pleistocenica. Al fine dell'analisi di RSL risulta pertanto adottabile un approccio di studio di risposta sismica locale 1D. Inoltre la probabile assenza di morfologie sepolte, almeno allo stato attuale delle conoscenze e la posizione del colle lontana dai margini della valle non induce ad intraprendere dispendiosi ed impegnativi studi di risposta simica locale 2D in quanto in ogni caso il contributo all'amplificazione del moto sismico di riferimento sarebbe pressochè insignificante.

Il contributo all'amplificazione sismica per effetti topografici può invece essere tenuto in considerazione nell'approccio 1D con l'applicazione di un coefficiente topografico cautelativo pari a 1,2.
Nella tabella di sintesi a seguire vengono riportati gli spessori delle singole unità sintemiche desunti dall'analisi dei vari sondaggi secondo una sezione A-A' come detto passante per il complesso scolastico.

Unità stratigrafiche	Profondità	Spessore (m)
SINTEMA DI CITERNA Subsintema di Monte Rotondo litofacies b	Da p.c. a -45 m	45
SINTEMA DI CITERNA Subsitema di Molin dell'Olio	Da -45 m a -120 m	75
SINTEMA DI FIGHILLE	Da -120.0 m a ?	incognito

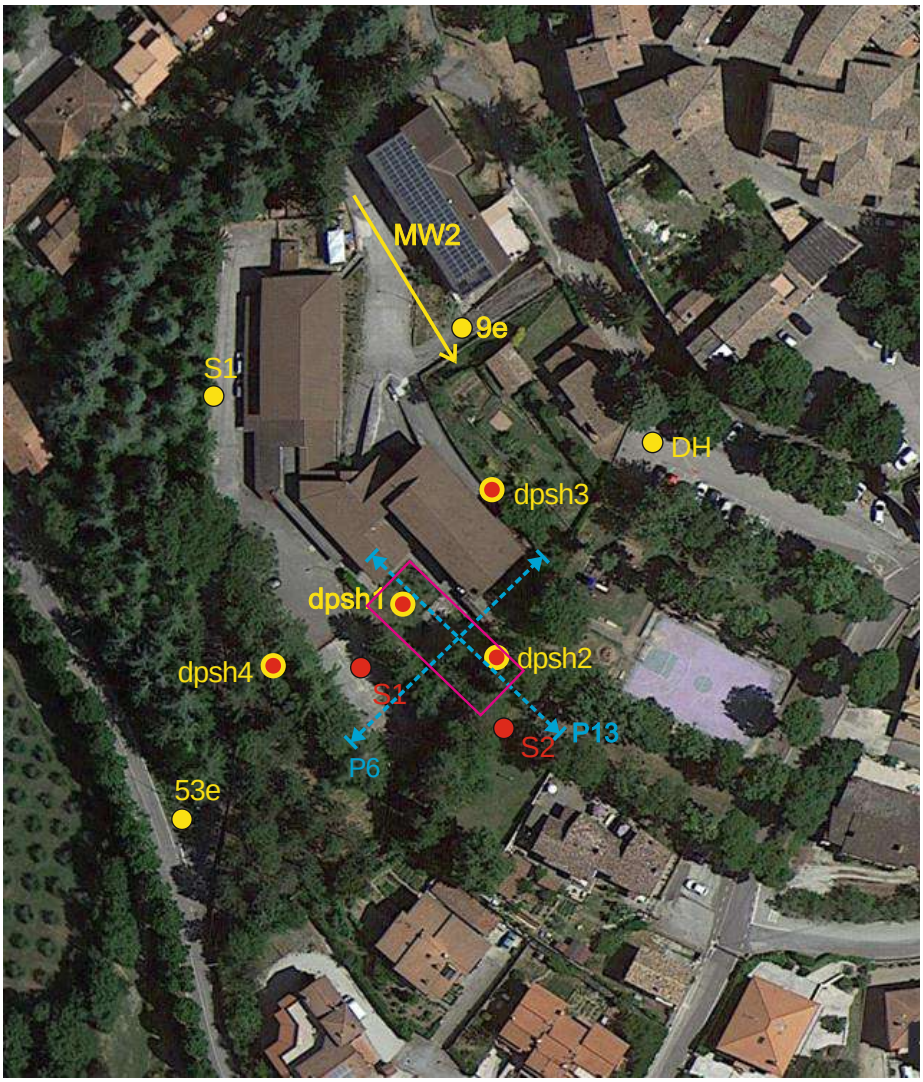
Profilo geologico interpretativo scala 1:5000



La base del Sintema di Fighille e quindi il contatto con la sottostante Formazione Marnoso Arenacea Romagnola (?) dovrebbe risiedere, come da ricostruzione della sezione ed in accordo con gli spessori noti in letteratura relativi al Sintema di Fighille, a circa -200 m da p.c..Purtroppo non esistono indagini dirette in grado di confermare tale supposizione dato che la compagine rocciosa, perlomeno in un intorno significativo al colle di Montone, non è stata mai intercettata.

5.0 INDAGINE GEOGNOSTICA - STRATIGRAFIA

L'indagine è consistita nella realizzazione di 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti alla profondità di 15 m dal p.c e di n° 4 prove penetrometriche dinamiche DPSH. Lungo ogni sondaggio sono state eseguite n° 3 prove penetrometriche SPT in foro ed è stato prelevato un campione nel sondaggio S2 da 10 a 10,5 m di profondità.
I sondaggi risultano correlabili con quelli preesistenti realizzati nella stessa zona in occasione di precedenti studi.



sondaggi preesistenti di riferimento

sondaggi eseguiti

prove dpsh eseguite

P6 traccia di sezione

stendimento MASW preesistente

delimitazione indicativa area di interesse

Nel dettaglio le stratigrafie ottenute con i sondaggi sono le seguenti:

Sondaggio S1:

da 0,0 m a 0,36 m	Pavimentazione pista;
da 0,36 m a 3,60 m	Limo sabbioso-argilloso color marrone-beige con sfumature rossastre di ossidazione a bassa consistenza.
da 3,60 m a 5,7 m	Sabbie ghiaioso-argillose color giallo-ocra con ciottoli centimetrici arrotondati
da 5,7 m a 8,75 m	Ghiaia addensata con ciottoli cm e dm poligenici arrotondati in matrice sabbioso-argillosa. A 7,5 m livello lignitifero nero.
da 8,75 m a 13,00 m	Limo sabbioso-argilloso color marrone ocra compatto

da 13,0 m a 15,0 m	Sabbia limoso-argillosa color giallo ocra.

Sondaggio S2:

da 0,0 m a 0,40 m	Terreno vegetale
da 0,4 m a 3,20 m	Limo sabbioso-argilloso color marrone-beige con sfumature rossastre di ossidazione a bassa consistenza.
da 3,20 m a 13,20 m	Ghiaia addensata con ciottoli cm e dm poligenici arrotondati in matrice sabbioso-argillosa.
da 13,2 m a 15,0	Limo sabbioso-argilloso color marrone-ocra compatto

5.1 Prove penetrometriche DPSH

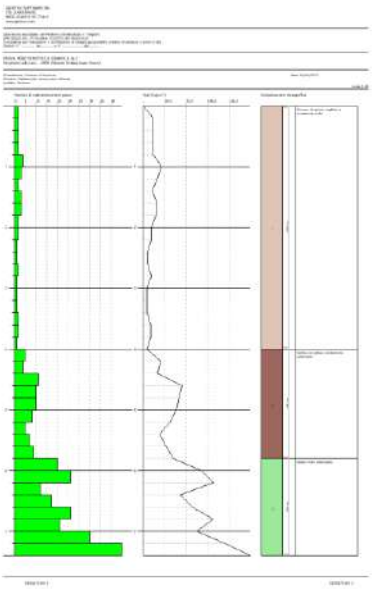
Le prove dpsh1 e dpsh2 sono state ubicate in corrispondenza della futura area di sedime dell'ampliamento, la prova dpsh3 a monte e la prova dpsh4 a valle in modo da poter ricostruire una sezione geologica e geotecnica trasversale al futuro edificio.

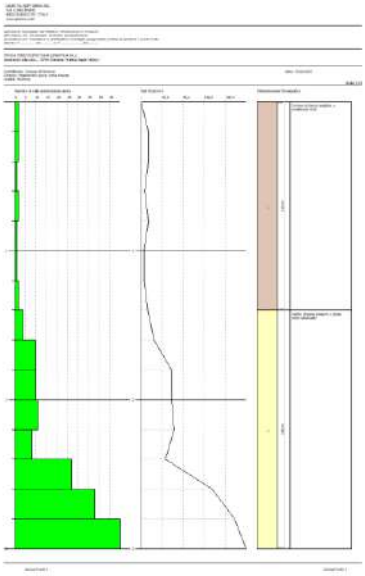
Le prove risultano correlabili con la stratigrafia del sondaggio S1 evidenziando la presenza di un primo livello a consistenza molle sovrastante materiali grossolani addensati/cementati corrispondenti alle sabbie ghiaiose passanti a ghiaie. Non è stato possibile oltrepassare il banco ghiaioso avendo raggiunto rifiuto alla penetrazione rispettivamente alla profondità di 7,4 m, 3 m, 2,8 m e 4,4 m dal p.c..

Tarando l'andamento delle prove penetrometriche con la stratigrafia del sondaggio è possibile tracciare il seguente profilo geomeccanico dell'area di sedime,

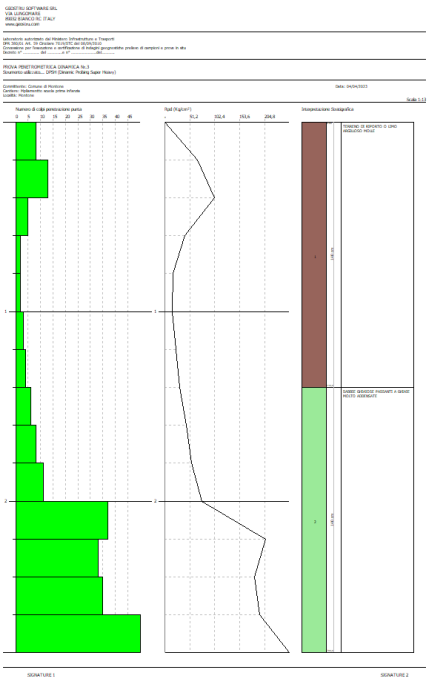
Livello 1 da 0,2 m a 4,4 m	Limo argilloso sabbioso a consistenza molle (e/o terreno di riporto)
Livello 2 da 4,4 m a 5,8 m	Sabbia ghiaiosa mediamente addensata
Livello 3 da 5,80 m a 7,4 m	Ghiaia addensata con ciottoli cm e dm poligenici arrotondati in matrice sabbioso-argillosa.

Dpsh1

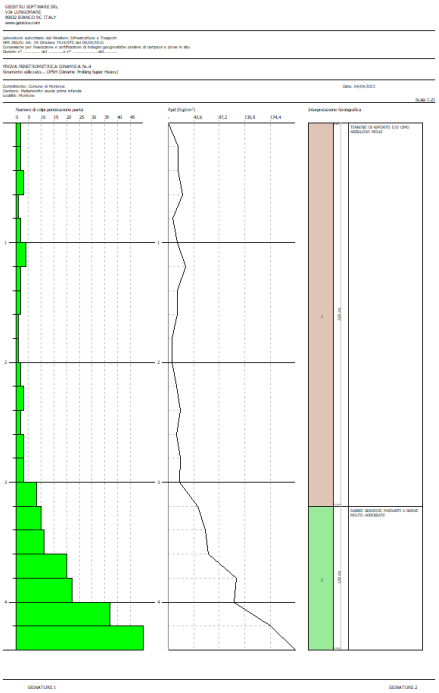




Dpsh2



Dpsh3



Dpsh4

6.0 MODELLAZIONE GEOTECNICA

Dalle stratigrafie dei sondaggi eseguiti viene ricavato un profilo geomeccanico costituito da 4 livelli ognuno caratterizzato da un valore Nspt:

Sond. S1 prova SPT n° 1 da 1,8 a 2,25 m	Limo argilloso-sabbioso marrone chiaro con sfumature rossastre di ossidazione	Nspt = 6-7-7-	Valore Nspt = 14
Sond. S1 prova SPT n° 2 da 4,0 a 4,45 m	Sabbia limosa giallo-ocra con livelletti ghiaiosi costituiti da ciottoli cm arrotondati	Nspt = 5-8-18-	Valore Nspt = 26
Sond. S1 prova SPT n° 3 da 7,50 a 7,95	Ghiaia ad elementi arenitici arrotondati cm in matrice sabbiosa giallo-ocra	Nspt = 41 - R	Valore Nspt = 50
Sond. S1 prova SPT n° 4 da 11 a 11,45 m	Limo sabbioso-argilloso marrone-ocra compatto	Nspt = 11-14-18	Valore Nspt = 32

Il numero di colpi Nspt determinato viene utilizzato per la caratterizzazione geotecnica dei terreni affioranti per mezzo delle seguenti correlazioni esistenti in letteratura geotecnica:

- <u>Angolo di resistenza al taglio</u>: $\phi' = (15\ Nspt)^{1/2}+15$ (Road Bridge Specification)
- <u>Coesione non drenata</u>:Cu=0,067 * Nspt (Terzaghy e peck, per argille a media plasticità)
- <u>Modulo di deformazione</u> (modulo di Young) : Ey = S1Nspt+S2
  (S1= 3,16 kg/cm^2 – S2 = 15,8 kg/cm^2 per sabbia argillosa Webb 1970)
  (S1= 7,56 kg/cm^2 – S2 = 187,5 kg/cm^2 per sabbia e ghiaia d'Apollonia et al. 1970)
- <u>Modulo Edometrico per terreni incoerenti</u>: Eed=4,46 Nspt + 38 (Menzembach e Malcev, per sabbia media)

- Modulo edometrico per terreni coesivi: Eed = 12+5,8 Nspt (Shultz e Menzenbach, per limo argilloso)
- Peso di volume : γ = Nspt * (Meyerhof ed altri)
- Coefficiente di sottofondo Kw: viene valutato in funzione della natura e dello stato di addensamento dei terreni attraversati.

Per quanto riguarda il valore della coesione drenata dei livelli limoso-argillosi e limoso-sabbiosi appartenenti al complesso di transizione (sintema di Molin dell'Olio CTN1) viene fatto riferimento a prove di taglio C.D. in scatola di Casagrande eseguite in occasione di studi precedenti per il consolidamento del Colle di Montone (Campioni (Campioni A2-1C1,A4-1C1,A3-3C1).
Per i livelli ghiaioso-sabbiosi appartenenti al complesso conglomeratico-sabbioso di sommità (CTN2b-CTN2c sintema di Citerna) le osservazioni fatte in corrispondenza di sbancamenti e di grotte presenti all'interno del centro storico di Montone ricavate all'interno di tali materiali permettono alcune considerazioni:

- le ghiaie presentano un elevato grado di incastro favorito dall'angolosità dei clasti definendo un deposito a struttura compatta e omogenea caratterizzato da un valore elevato dell'angolo di attrito interno;
- la presenza della matrice di natura argilloso-sabbiosa in virtù del notevole addensamento dei clasti, conferisce un buon grado di coesione interna al deposito.

In definitiva a seguito delle considerazioni sopraesposte vengono assegnati i seguenti valori dei parametri geotecnici ai 4 livelli determinati:

Tabella riassuntiva parametri geotecnici

	Nspt	Angolo di res. al taglio – Coesione drenata kg/cm²	Coesione non drenata kg/cm²	Modulo edometrico kg/cm²	Peso di volume gr/cm³	Modulo di Young kg/cm²	Coeff. Di Wynkler Kg/cm³
Livello 1: da 0,2 a 4,4 m Limo argilloso sabbioso a consistenza molle (e/o terreno di riporto)	Nspt = 3,2	ϕ'= 22° C'= 0,1	cu = 0,4	Eed = 40	γ= 1,9	Ey= 26	Kw= 2-3
Livello 2: da 4,4 a 5,8 m Sabbia ghiaiosa mediamente addensata	Nspt = 26	ϕ'= 34° C' = 0,2	cu =-----	Eed= 153	γ= 1,9	Ey = 384	Kw= 5-8
Livello 3: da 5,7 m a 8,75 m Ghiaie in matrice sabbiosa molto addensate	Nspt = 50	ϕ'= 42° C' = 0,2	cu = ----	Eed= 261	γ= 2	Ey = 565	Kw= 15
Livello 4: da 8,75 m a 15 m Limo sabbioso-argilloso marrone-ocra compatto	Nspt = ---	ϕ'= 25° C' =0,3	cu = 0,5	Eed= 197	γ= 2	Ey = 116	Kw= 10-12

Tali valori possono essere considerati come ***"parametri caratteristici"*** in quanto derivano sempre da una stima cautelativa e ragionata ottenuta scartando i valori più elevati sia per quanto riguarda i valori delle prove SPT che per i risultati delle prove geotecniche di laboratorio fatte negli studi precedenti per il consolidamento del colle di Montone.

7.0 SISMICITA' STORICA

Dal punto di vista sismogenetico il sito d'intervento ma più in generale tutto l'ambito areale del Comune di Umbertide rientra, così come riportato nello stralcio cartografico a seguire nella "Zona sismogenetica ZS9" e più specificatamente all'interno della Zona 919 denominata "Val Tiberina".
La sismicità di tale area è legata alla subduzione sotto la catena appenninica del margine interno della piastra padano – adriatico - ionica. I meccanismi di rottura attesi sono misti con prevalenza di dip-slip e sono imputabili a faglie e sistemi di faglie legate all'estensione appenninica (prevalenza di faglie dirette).
La Zona 919 è caratterizzata da un elevato numero di terremoti molti dei quali di magnitudo maggiore o uguale a 5 con Classe di profondità 8-12 Km. Di seguito viene riportata, a titolo esplicativo, parte di tabella 1 della "App. 2 al rapporto conclusivo – ZONAZIONE SISMICA (C.Meletti e G. Valensise (2004))" in cui vengono sintetizzate, per la zona d'interesse, alcune delle caratteristiche sismologiche principali.
Dal consulto delle "*Mappe* Dal consulto delle "Mappe interattive di pericolosità sismica" dell'INGVè stato possibile effettuare la disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni consentendo quindi la valutazione del contributo percentuale alla stima di pericolosità fornito da tutte le possibili coppie di valori di magnitudo – distanza (vedi stralci riportati a pagina successiva).
Questo tipo di analisi permette pertanto l'individuazione della sorgente sismogenetica che contribuisce maggiormente a produrre il valore di scuotimento stimato in termini probabilistici; tale informazione ha permesso tra l'altro, in fase di stesura dello studio di microzonazione sismica di III livello, la mirata selezione degli eventi sismici (accelerogrammi) cui può essere associata una maggiore pericolosità per il sito in esame.
Per la ricognizione storica degli eventi sismici che hanno fatto risentire i loro effetti sul territorio comunale di Montone si è fatto riferimento ai dati sulla distribuzione delle massime intensità macrosismiche nei comuni italiani, consultabili sul sito https://emidius.mi.ingv.it/DBMI04.

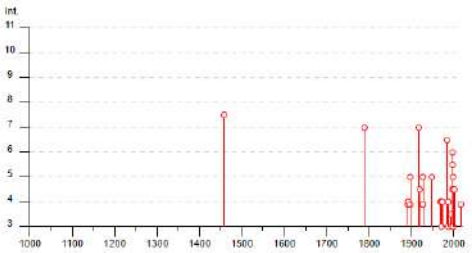
ZONE SISMOGENETICA DI RIFERIMENTO

Zona ZS9	Numero di eventi Md >2	Numero di eventi Md >2.5	Numero di eventi Md >3	Magnitudo massima Md	Classe di profondità (Km)	Profondità efficace (Km)
919	3001	1545	421	5.0	8-12	8

Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7-8	1458 04 26 12 15	Alta Valtiberina	5	8-9	5.80
7	1789 09 30 10	Alta Valtiberina	73	9	5.89
F	1891 12 08	Alta Valtiberina	24	5	4.34
4	1892 11 21	Alta Valtiberina	22	5-6	4.25
F	1897 06 24 19 04	Apecchio	27	5	4.34
NF	1897 10 28 10 40	Fermano	25	4-5	4.16
5	1897 12 18 07 24 2	Alta Valtiberina	132	7	5.09
NF	1915 03 26 23 37	Perugino	40	6	4.55
7	1917 04 26 09 35 5	Alta Valtiberina	134	9-10	5.99
4-5	1919 10 25 13 51	Alta Valtiberina	30	6	5.03
5	1927 11 30 02 58 2	Bacino di Gubbio	18	5	4.29
F	1927 12 01 09 55 3	Bacino di Gubbio	13	5-6	4.56
5	1948 06 13 06 33 3	Alta Valtiberina	142	7	5.04
4	1969 08 11 13 55	Lago Trasimeno	46	7	4.70
4	1971 02 11 18 49 2	Valle del Chiascio	71	6	4.61
3	1971 02 12 04 54 5	Valle del Chiascio	47	7	4.89
4	1973 04 19 17 41 3	Pietralunga	22	7	4.61
6-7	1984 04 29 05 02 5	Umbria settentrionale	709	7	5.62
3	1987 07 03 10 21 5	Costa Marchigiana	359	7	5.06
4	1987 07 05 13 12 3	Montefeltro	90	6	4.44
NF	1990 05 08 22 33 1	Alta Valtiberina	64	5	3.77
3-4	1993 01 17 10 51 2	Alta Valtiberina	76	5	4.26
NF	1993 06 04 21 36 5	Valle del Topino	90	5-6	4.39
3-4	1993 06 05 19 16 1	Valle del Topino	326	6	4.72
6	1997 09 26 00 33 1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
5-6	1997 09 26 09 40 2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
2-3	1997 10 02 19 38 0	Alta Valtiberina	55		4.42
4-5	1997 10 03 08 55 2	Appennino umbro-marchigiano	490		5.22
4-5	1997 10 06 23 24 5	Appennino umbro-marchigiano	437		5.47
3	1997 10 14 15 23 1	Valnerina	786		5.62
5	1998 04 05 15 52 2	Appennino umbro-marchigiano	395		4.78
3	1998 06 02 23 11 2	Appennino umbro-marchigiano	83		4.25
4-5	2000 06 22 12 16 3	Bacino di Gubbio	107	5	4.47
2	2000 09 02 05 17 0	Appennino umbro-marchigiano	115	5	4.40
4-5	2001 11 26 00 56 5	Casentino	211	5-6	4.63
2	2005 12 15 13 28 3	Val Nerina	350	5	4.14
2	2006 10 21 07 04 1	Anconetano	287	5	4.21

Montone

PlaceID	IT_49179
Coordinate (lat, lon)	43.363, 12.327
Comune (ISTAT 2015)	Montone
Provincia	Perugia
Regione	Umbria
Numero di eventi riportati	38



8.0ANALISI SISMICA LOCALE

Ai fini della determinazione dell'azione sismica di progetto occorre valutare la risposta sismica locale che dipende dalla "pericolosità sismica di base" e dalle condizioni stratigrafiche e topografiche del sito di interesse.

8.1 Pericolosità sismica di base

Il territorio del comune di Montone è classificato in zona sismica 2 a pericolosità sismica media, in base alla DGR n.852/2003 della Regione Umbria.

Per la zona di indagine, in base alla Carta di Pericolosità Sismica della Regione Umbria (O.P.C.M. n° 3519 del 28.04.2006, all.1b) il valore dell'accelerazione di gravità a_g (con tempo di ritorno =475 anni) su suolo rigido (classe A) con superficie orizzontale è: $0,225<a_g< 0,250$.

Nel dettaglio viene di seguito definita la "pericolosità sismica di base" per il sito di interesse (lat.: 43,362932- long:12,326430 (Ed50) che costituisce l'elemento primario per la determinazione delle azioni sismiche di progetto.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente Se (T), con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel periodo di riferimento Vr.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVr, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima del sito;
- F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per la determinazione dei parametri a_g, F_0, T^*_C di riferimento è stato utilizzato il programma "Spettri NTC ver. 1.0.3" messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Si ottengono i seguenti valori per ciascun periodo di riferimento Tr (Vn = 50 anni, Cu= III, Vr=100 anni):

Stati limite

Classe Edificio

III. Affollamento significativo...

Vita Nominale 50

Interpolazione Media ponderata

CU = 1.5

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc^* [s]
Operatività (SLO)	45	0.087	2.346	0.270
Danno (SLD)	75	0.111	2.322	0.276
Salvaguardia vita (SLV)	712	0.251	2.402	0.309
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0.330	2.410	0.321
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	75			

8.2 Indagine sismica - Categoria di sottosuolo

Per la determinazione della categoria di sottosuolo vengono utilizzati i risultati di una indagine MASW e di una prova DOWNHOLE eseguite dallo scrivente rispettivamente per il miglioramento sismico della scuola elementare comunale posta nelle vicinanze e per lo studio di Microzonazione Sismica di II livello del Centro abitato.

La MASW si svolge energizzando il terreno per mezzo di una mazza da 10 kg che batte su un supporto metallico (piastra alluminio) aderente al terreno e registrando le onde di taglio Vsh così generate per mezzo di geofoni disposti in allineamento.

Elaborando i risultati ottenuti si ottiene la velocità equivalente delle onde di taglio entro 30 m di profondità: $\mathbf{V_{sh30}}$.

Sono state eseguite n° 4 energizzazioni (shot) ed il parametro $\mathbf{V_{sh30}}$ ottenuto è sempre compreso tra 386 e 461 m/s individuando una **categoria di sottosuolo B** (vedi report sismico allegato).

Indagine sismica MASW - Traccia: MW2 Pagina 23

Veq IPOTESI DI ASSEGNAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

secondo Approccio Semplificato di cui al D.L. 17 gennaio 2008 "Aggiornamento delle Norme Tecniche delle Costruzioni"

① ELABORAZIONE SEGNALE RIFERITO A S1

QUOTA PIANO FONDALE (m)	SPESSORE COPERTURE (m)	VELOCITA' EQUIVALENTE COPERTURE (m/s)	SPESSORE BED ROCK SISMICO (m)	VELOCITA' EQUIVALENTE BRS (m/s)	CONTRASTO DI VELOCITA'	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO
p.c.	30,0	403,8	N.R.	N.R.	---	B
-1,00	30,0	421,8	N.R.	N.R.	---	B
-2,00	30,0	439,8	N.R.	N.R.	---	B
-3,00	30,0	461,3	N.R.	N.R.	---	B

② ELABORAZIONE SEGNALE RIFERITO A S2

PIANO FONDALE (m)	SPESSORE COPERTURE (m)	VELOCITA' EQUIVALENTE COPERTURE (m/s)	SPESSORE BED ROCK SISMICO (m)	VELOCITA' EQUIVALENTE BRS (m/s)	CONTRASTO DI VELOCITA'	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO
p.c.	30,0	397,8	N.R.	N.R.	---	B
-1,00	30,0	414,8	N.R.	N.R.	---	B
-2,00	30,0	431,5	N.R.	N.R.	---	B
-3,00	30,0	447,2	N.R.	N.R.	---	B

③ ELABORAZIONE SEGNALE RIFERITO A S3

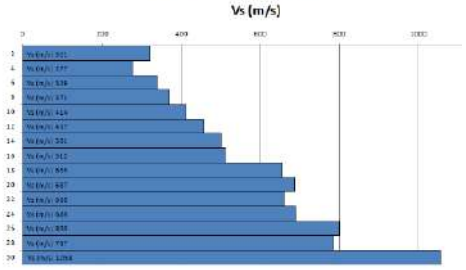
PIANO FONDALE (m)	SPESSORE COPERTURE (m)	VELOCITA' EQUIVALENTE COPERTURE (m/s)	SPESSORE BED ROCK SISMICO (m)	VELOCITA' EQUIVALENTE BRS (m/s)	CONTRASTO DI VELOCITA'	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO
p.c.	30,0	386,7	N.R.	N.R.	---	B
-1,00	30,0	400,3	N.R.	N.R.	---	B
-2,00	30,0	416,5	N.R.	N.R.	---	B
-3,00	30,0	437,2	N.R.	N.R.	---	B

④ ELABORAZIONE SEGNALE RIFERITO A S4

PIANO FONDALE (m)	SPESSORE COPERTURE (m)	VELOCITA' EQUIVALENTE COPERTURE (m/s)	SPESSORE BED ROCK SISMICO (m)	VELOCITA' EQUIVALENTE BRS (m/s)	CONTRASTO DI VELOCITA'	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO
p.c.	30,0	397,8	N.R.	N.R.	---	B
-1,00	30,0	412,4	N.R.	N.R.	---	B
-2,00	30,0	428,7	N.R.	N.R.	---	B
-3,00	30,0	450,5	N.R.	N.R.	---	B

La prova Downhole si svolge energizzando per mezzo di un martello pesante una piastra di acciaio per la produzione delle onde P e una trave di legno per la produzione delle onde S.
La piastra di acciaio viene tenuta aderente al terreno mentre la trave viene tenuta solidale a questo per mezzo di un carico verticale (autovettura).
Il geofono è stato calato ed ancorato all'interno del foro, ad intervalli di profondità di due metri e, ad ogni profondità e sono state registrate le onde sismiche prodotte dalle energizzazioni sia in onde P che in onde S. Conoscendo la distanza tra i sistemi di energizzazione ed il foro, la profondità del geofono triassiale ed i tempi impiegati dalle onde sismiche, sono state ricavate le velocità delle onde sismiche P ed S. Viene fornito il calcolo del parametro VsH oltre alle velocità P ed S.

MODELLO DI VSH OGNI 2 M



S (m)	t (ms)	v (m/s)
2	6,23	321
4	13,44	277
6	15,35	339
8	24,72	371
10	25,54	414
12	33,51	457
14	37,5	501
16	41,8	512
18	44,85	655
20	47,76	687
22	50,79	660
24	53,69	689
26	56,15	800
28	58,73	787
30	60,62	1058

CALCOLO PARAMETRO VSH PER MICROZONAZIONE SISMICA

vs	spessore	h/vs	H substrato	VsH
321	2	0,006231	24	446,557
277	2	0,00722		
339	2	0,0059		
371	2	0,005391		
414	2	0,004831		
457	2	0,004376		
501	2	0,003992		
512	2	0,003906		
655	2	0,003053		
687	2	0,002911		
660	2	0,00303		
689	2	0,002903		
	OLTRE			
800	24			

Dati riassuntivi: H = 24 m;
VsH = 446.6 m/s

Anche in questo caso il parametro Vsh ottenuto individua **una categoria di sottosuolo B.** Le velocità delle onde sismiche Sh crescono gradualmente con la profondità senza presentare importanti inversioni. Si registrano velocità associabili a bedrock sismico (Vs>800 m/s) oltre i 24 m di profondità.

8.3 Categoria topografica

La zona di interesse è situata a quota 460 m s.l.m. sul versante occidentale del colle di Montone che presenta in questo tratto una pendenza media di circa 13°. In base alla tabella 3.2.IV del D.M. 17-

01-18 al sito può essere attribuito una categoria topografica “T1” a cui corrisponde un valore del coefficiente di amplificazione topografica **St = 1,0.**

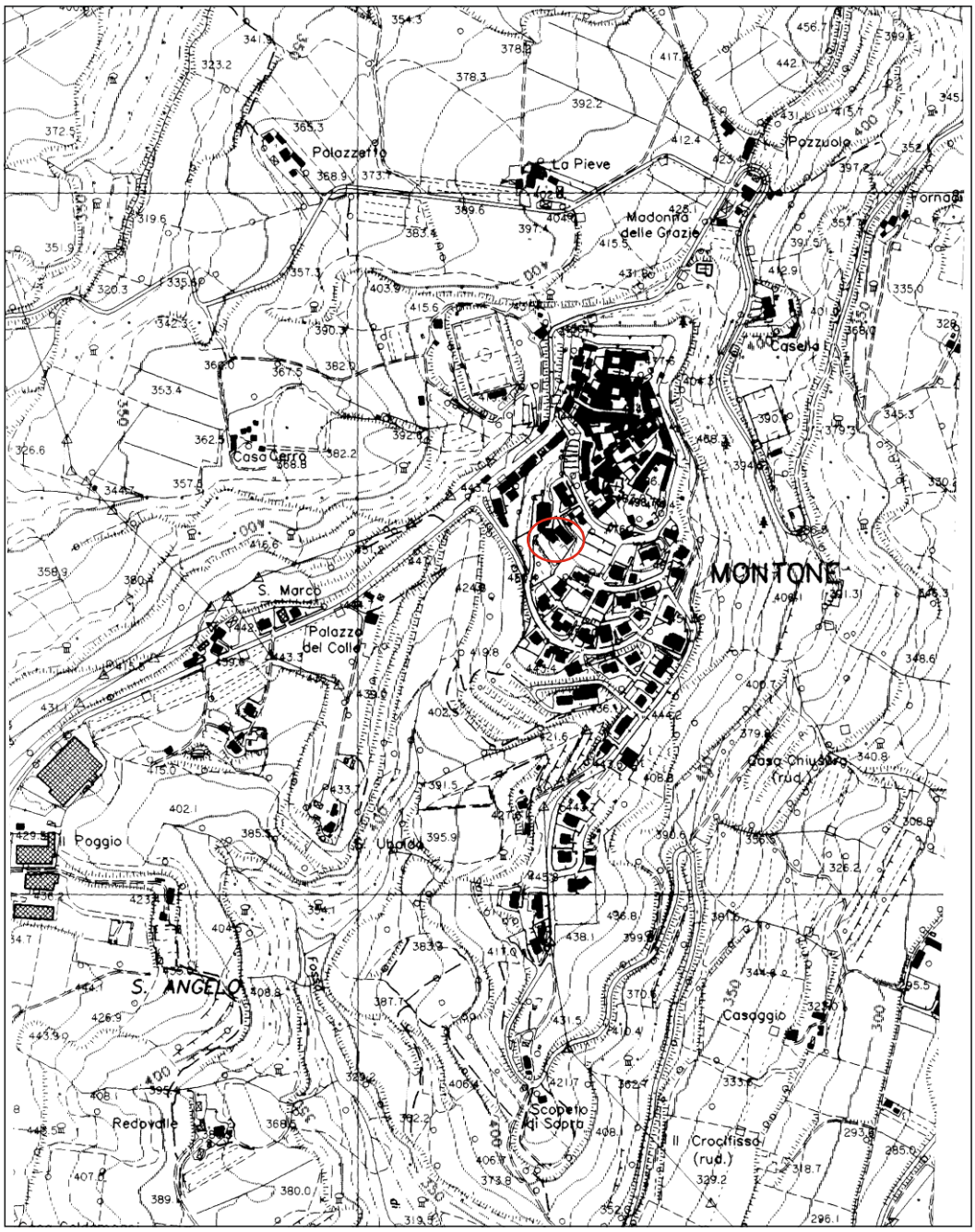
10.0 SUSCETTIBILITA’ ALLA LIQUEFAZIONE

L’affioramento di terreni a granulometria prevalentemente grossolana con elevato grado di addensamento e/o cementazione ed in particolare l’assenza di un sistema di circolazione idrica superficiale (falda a varie decine di metri) esclude la possibilità di fenomeni di liquefazione in fase sismica.

Montone 05-04-2023

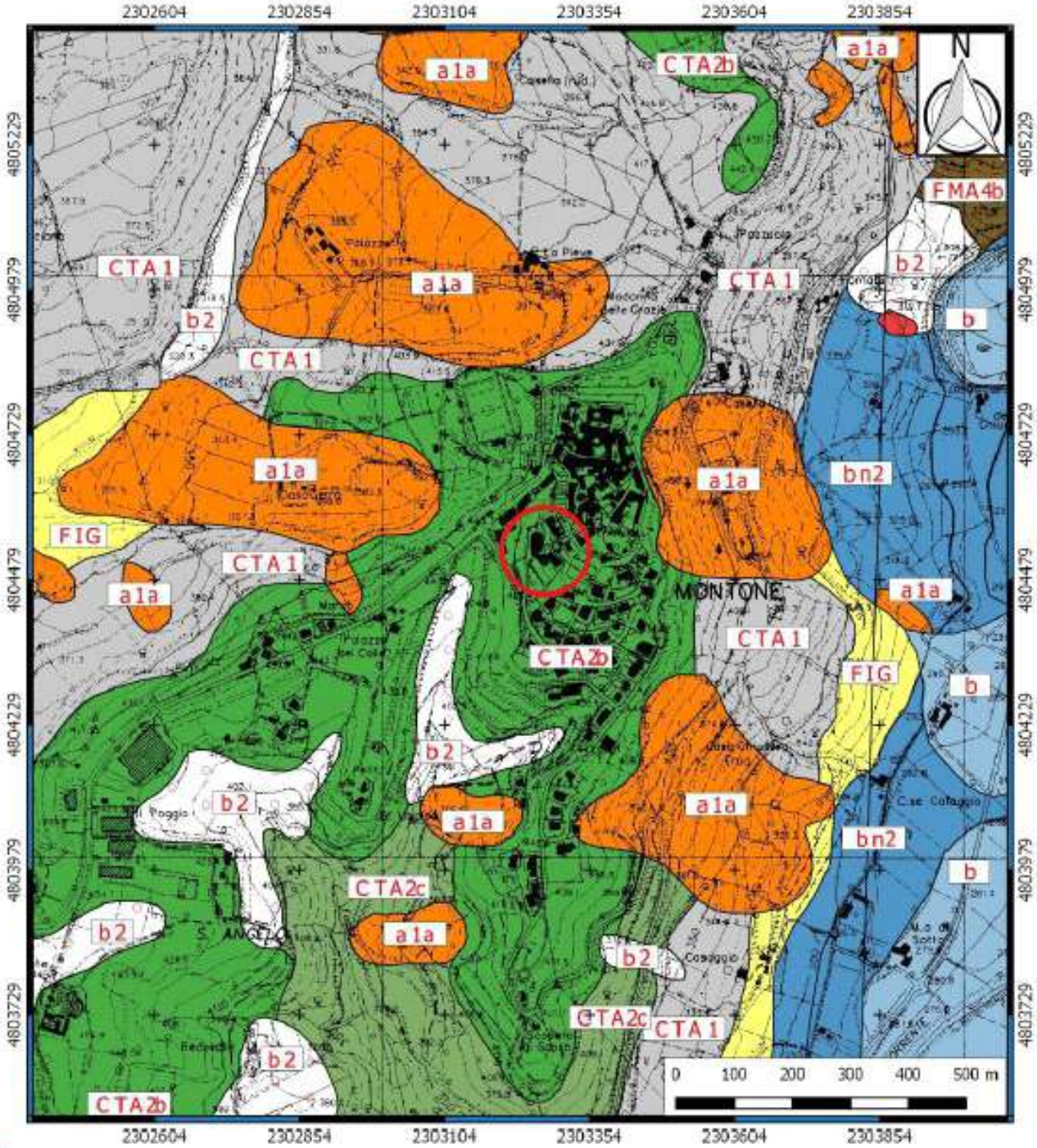
Dott. Geol. Francesco Duranti

I.G.M. scala 1:25.000 nuova serie DB sezione 299-I



Stralcio CTR Regione Umbria sezione 299-040 scala 1:10.000

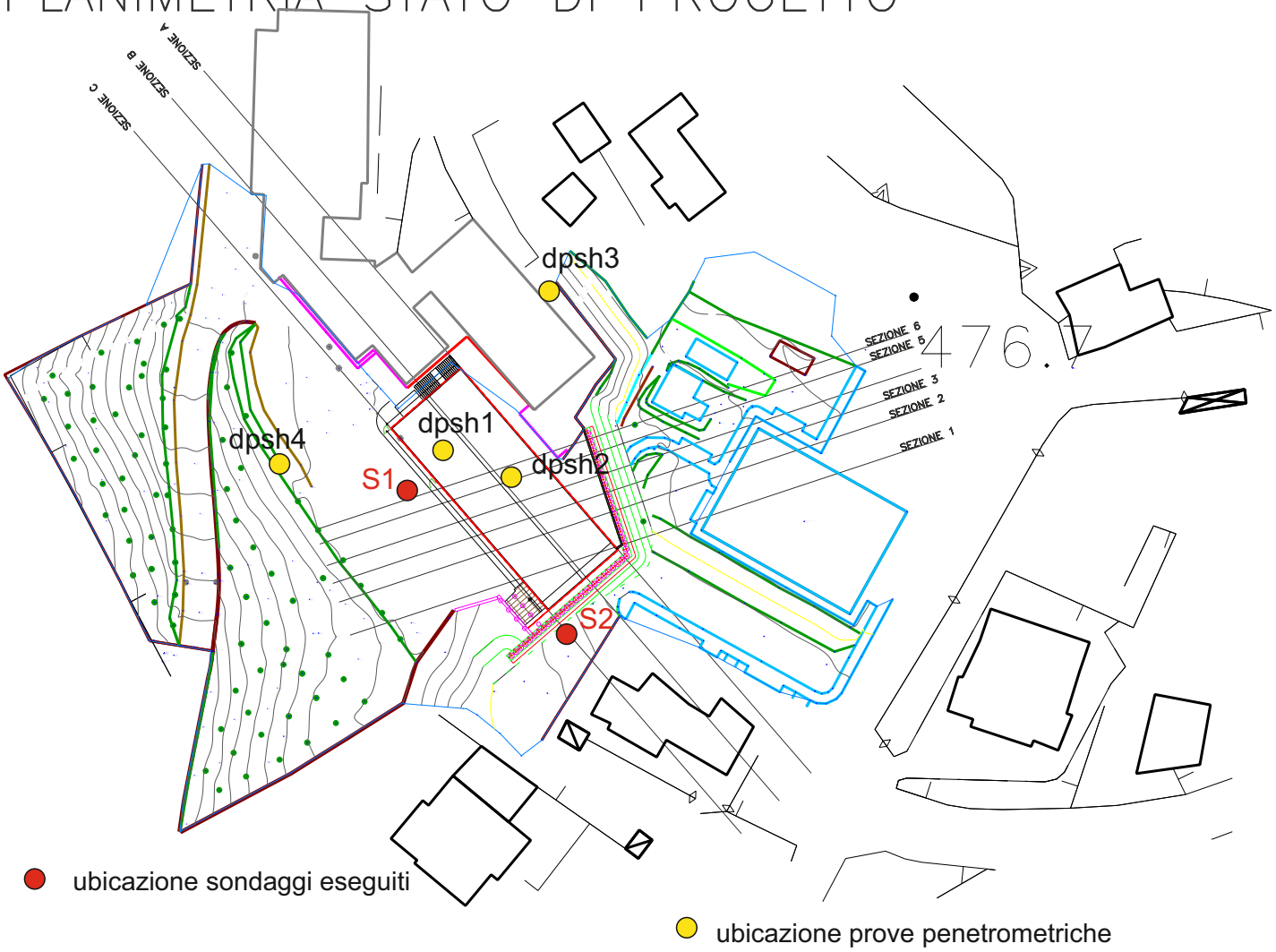
STRALCIO CARTA GEOLOGICA CARG 299040 - SCALA 1:10000
Reticolo di riferimento: Monte Mario / Italy zona 2 [EPSG:3004]



- Depositi di frana in evoluzione
- [b] - Depositi alluvionali (Olocene)
- [b2] - Coltre eluvio-colluviale (Pleistocene sup. - Olocene)
- [a1a] - Depositi di frana quiescente (Pleistocene sup. - Olocene)
- [bn2] - Depositi alluvionali terrazzati (Pleistocene medio - sup)
- [CTA2b] - Sintema di CIterna - Subsintema di M. Rotondo litofacie b - (Pleistocene medio - Olocene)
- [CTA2c] - Sintema di CIterna - Subsintema di M. Rotondo litofacie c - (Pleistocene medio - Olocene)
- [CTA1] - SubSintema di Molin dell'Olio (Plesitocene medio - Olocene)
- [FIG] - Sintema di Fighille (Pleistocene inf)
- [FMA4b] - Formazione Marnoso- Arenacea Romagnola - Membro di Galeata litofacies b (Serravalliano p.p.)

Planimetria scala 1:1.000 foglio 38 part. 580

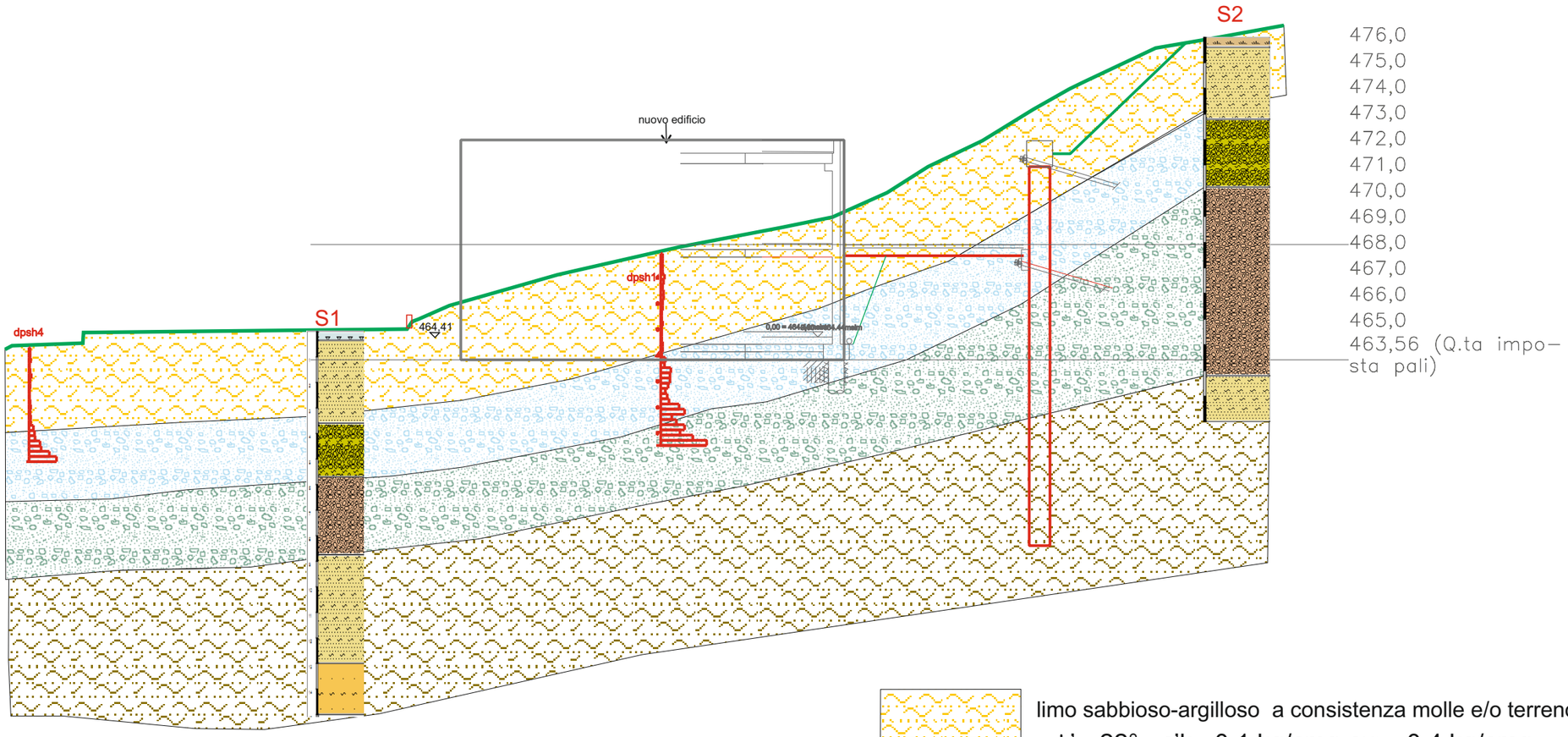
PLANIMETRIA STATO DI PROGETTO



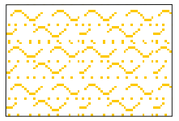
PLANIMETRIA STATO DI FATTO

SEZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA N.5 SCALA 1:200

Parallela al lato corto del nuovo edificio



SEZIONE 5

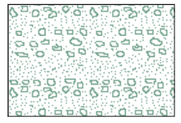


limo sabbioso-argilloso a consistenza molle e/o terreno di riporto

ϕ'_k=22° - c'k= 0,1 kg/cmq-cu_k= 0,4 kg/cmq - γ_k= 1,90 gr/cmc

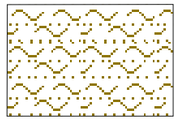
sabbie ghiaiose e ghiaie mediamente addensate

ϕ'_k=34° - c'k= 0,2 kg/cmq --cu_k= -------- kg/cmq - γ_k= 1,90 gr/cmc



ghiaie in matrice sabbiosa molto addensate

ϕ'_k=42° - c'k= 0,2 kg/cmq --cu_k= -------- kg/cmq - γ_k= 2,00 gr/cmc

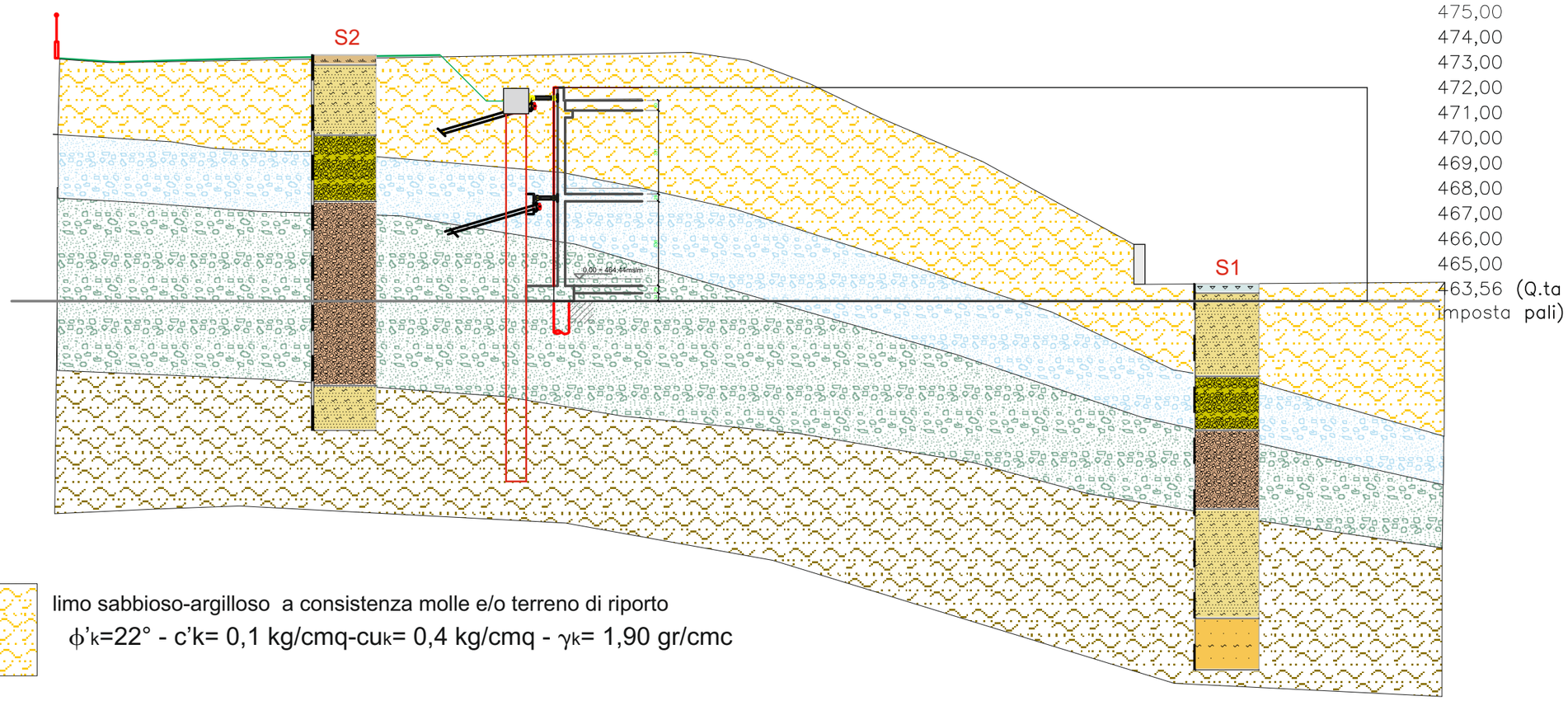


limo sabbioso-argilloso compatto color marrone ocra

ϕ'_k=25° - c'k=0,3 kg/cmq - cu_k= 2,0 kg/cmq - γ_k= 2,0 gr/cmc

SEZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA «A» SCALA 1:200

Sezione A parallela lato lungo edificio



limo sabbioso-argilloso a consistenza molle e/o terreno di riporto

ϕ'_k=22° - c'k= 0,1 kg/cmq-cu_k= 0,4 kg/cmq - γ_k= 1,90 gr/cmc

sabbie ghiaiose e ghiaie mediamente addensate

ϕ'_k=34° - c'k= 0,2 kg/cmq --cu_k= -------- kg/cmq - γ_k= 1,90 gr/cmc

ghiaie in matrice sabbiosa molto addensate

ϕ'_k=42° - c'k= 0,2 kg/cmq --cu_k= -------- kg/cmq - γ_k= 2,00 gr/cmc

limo sabbioso-argilloso compatto color marrone ocra

ϕ'_k=25° - c'k=0,3 kg/cmq - cu_k= 2,0 kg/cmq - γ_k= 2,0 gr/cmc

LOGS STRATIGRAFICI SONDAGGI

TECNODRILL SAS

LOC. CORLO - 06014 MONTONE (PG)

Committente	Cantiere	Indagine	Riferimento	Sondaggio
Comune di Montone	Scuola prima infanzia			S1
Responsabile	**Tipo Carotaggio**	**Tipo Sonda**	**Profondità Raggiunta**	**Quota Ass. P.C.**
	Continuo		15	460
Inizio Esecuzione	**Termine Esecuzione**	**Certificato n°**	**Casse Catalogatrici**	**Note1**

Scala [m]	Litologia	Descrizione	Quota	Parametri geotecnici	S.P.T.	Pocket [kg/cm²]	Vane Test [kg/cm²]	Campioni	Cass.Catalog.	Falda
		Pavimentazione	0.36							
1 2 3		Limo sabbioso argilloso marrone chiaro con sfumature rossastre per ossidazione	3.60		6-7-7- 1.80 PC					
4 5		Sabbie ghiaioso-argillose giallo-ocra con ciottoli cm arrotondati	5.70							
6 7 8		Ghiaia a ciottli dm e cm arrotondati poligenici in matrice sabbioso-argillosa. A 7,5 m resti carboniosi lignitiferi neri	8.75		41-R 7.50 PC					
9 10 11 12		Limo sabbioso-argilloso marrone ocra	13.00		11-14-18 11.00 PC					
13 14		Sabbia limoso-argillosa color giallo-ocra	15.00							
15 16 17 18										

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
Carotaggio: Continuo

TECNODRILL SAS

LOC. CORLO - 06014 MONTONE (PG)

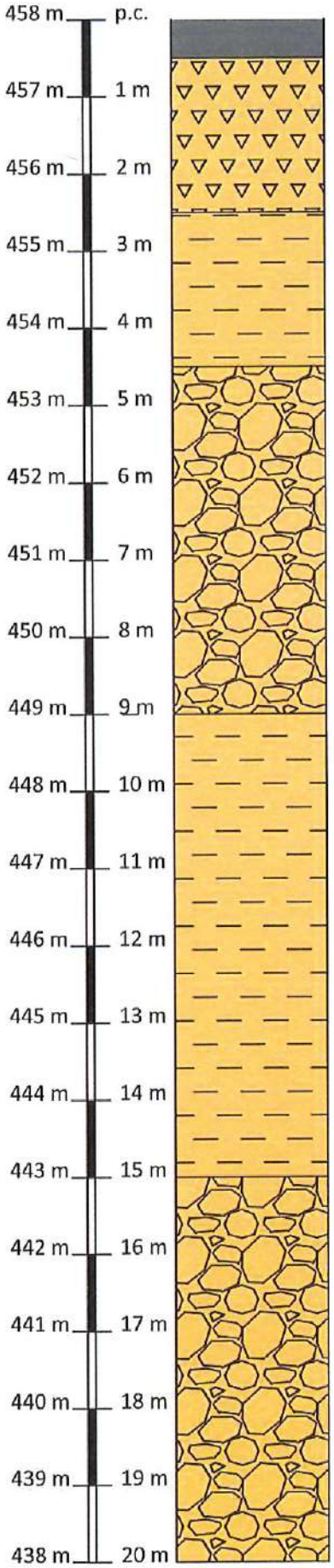
Committente	Cantiere	Indagine	Riferimento	Sondaggio
Comune di Montone	Scuola prima infanzia			S2
Responsabile	**Tipo Carotaggio**	**Tipo Sonda**	**Profondità Raggiunta**	**Quota Ass. P.C.**
	Continuo		15	465
Inizio Esecuzione	**Termine Esecuzione**	**Certificato n°**	**Casse Catalogatrici**	**Note1**

Scala [m]	Litologia	Descrizione	Quota	Parametri geotecnici	S.P.T.	Pocket [kg/cm²]	Vane Test [kg/cm²]	Campioni	Cass.Catalog.	Falda
		Terreno vegetale	0.40							
1 2 3		Limo sabbioso argilloso marrone chiaro con sfumature rossastre per ossidazione	3.20		5-7-9 2.00 PC					
4 5		Sabbie ghiaioso argillose giallo-ocra con ciottoli cm arrotondati	5.85							
6 7 8 9 10 11 12 13		Ghiaia a ciottli dm e cm arrotondati poligenici in matrice sabbioso-argillosa	13.20		29-R 9.00 PC					
14		Limo sabbioso-argilloso marrone ocra	15.00		12-16-21 14.00 PC					
15 16 17 18										

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
Carotaggio: Continuo

SONDAGGIO S1 REALIZZATO A DISTANZA DI 30 MT. DOTT. RICCIARDI ALESSANDRO

Scala grafica



COPERTURA STRADALE: Asfalto e massicciata

RIPORTO: Clati centimetrici angolosi poligenici immersi in matrice li-sabbiosa e limo- argillosa color nocciolaa medio alto addensamento. Alla base ntercettato livello scuro di c.ca 10 cm probabilmente riconducibile a paleosuolo

SUBSINTEMA DI MONTE ROTONDO facies b : Strato limo argilloso color ocra. All'interno sono contenuti rare ghiaie e livelletti sabbiosi di colore ocra scuro. Consistenza medio-alta

SUBSINTEMA DI MONTE ROTONDO facies b : Ghiaie centimetriche angolose ed arrotondate poligeniche immerse in prevalente matrice limo-sabbiosa color ocra. Stato di addensamento alto

SUBSINTEMA DI MONTE ROTONDO facies b : Strato limo argilloso color ocra. All'interno sono contenuti rare ghiaie e livelletti sabbiosi di colore ocra scuro. Consistenza medio-alta

SUBSINTEMA DI MONTE ROTONDO facies b : Ghiaie centimetriche angolose ed arrotondate poligeniche immerse in prevalente matrice limo-sabbiosa color ocra. Stato di addensamento alto

FALDA ASSENTE

Nspt1 (da 1.5 - 1.95 m)
N1 = 10 colpi
N2 = 15 colpi
N3 = 17 colpi

Nspt2 (da 3.0 - 3.45 m)
N1 = 5 colpi
N2 = 10 colpi
N3 = 27 colpi

Nspt3 (da 4.6 - 4.73 m)
N1 = 50 colpi (13 cm)
N2 = ---
N3 = ---

Nspt4 (da 7.0 - 7.25 m)
N1 = 13
N2 = 50 colpi (15 cm)
N3 = ---

Nspt4 (da 13.2 - 13.65 m)
N1 = 11
N2 = 19
N3 = 19

Sondaggio a carotaggio continuo DH
distanza ambito d'intervento 40m - profondità raggiunta 30m

Committente	Profondità raggiunta	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina
Comune di Montone	30	475		
Operatore	Indagine	Note1		Inizio/Fine Esecuzione
	Microz. sism. II° livello			
Responsabile	Sondaggio	Tipo Carotaggio	Tipo Sonda	Coordinate X Y
	Sondaggio centro storico strumentato di riferim.			

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° Colpi)	Pocket Test kg/cmq	Vane Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Cass. Catalog.	Falda	Altre prove	Altre prove	Piezometro (P) o Inclinometro
1–2		terreno di riporto argilloso plastico marrone-rossiccio contenente sfridi di demolizioni	2.80												
3–5		limo argilloso plastico color giallo-ocra contenente clasti ghaiosi centimetrici sparsi	6.30												
6–11		sabbia color giallo-ocra poco addensata con intercalazioni di ciottoli ghaiosi arrotondati di spessore decimetrico	11.50												
12–18		ghiaia addensata in matrice sabbiosa con clasti arrotondati poligenici centimetrici	19.00												
19–20		limo sabbioso compatto giallastro	22.00												
21–29		ghiaia addensata in matrice sabbiosa con clasti arrotondati poligenici centimetrici	30.00												
30															

Sondaggio a carotaggio continuo 53e
distanza ambito d'intervento 50m - profondità raggiunta 45m

Cantiere: MONTONE	N. sondaggio: 53e
Committente: COMUNE DI MONTONE	Scala sondaggio 1:200
Perforatore:	Geologo:
Coord.:	Quota (p.c.): 452
Metodo perf.: CAROTAGGIO CONTINUO	Data ultimazione:

scala	quota (m)	profondità (m)	stratigrafia	descrizione
1	452.0			Massicciata stradale e terreno di riporto.
2	450.0	2.0		Ghiaia ad elementi arenacei in matrice sabbiosa giallastra.
3	449.0	3.0		Limo sabbioso giallo rossastro sciolto.
4				
5	447.0	5.0		Limo argilloso giallastro poco consistente, con piani di taglia, sottili livelli sabbiosi rossastri intercalati.
6				
7				
8	444.0	8.0		Ghiaia ad elementi poligenici in matrice sabbiosa giallastra.
9				
10				
11				
12	440.0	12.0		Sabbia limosa giallo brunastra con laminazioni arancio.
13	439.0	13.0		Ghiaia ad elementi poligenici in matrice sabbiosa giallastra.
14				
15	437.0	15.0		Sabbia limosa giallastra addensata con ossidazioni.
16				
17	435.0	17.0		Ghiaia ad elementi arenacei in matrice sabbiosa giallastra.
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36	416.5	35.5		Sabbia e limo sabbioso giallastro con venature grigie, consistente.
37				
38				
39	413.0	39.0		Limo sabbioso giallo verdastro con sottili intercalazioni di sabbia e ghiaia.
40				
41				
42	410.0	41.0		Limo sabbioso grigio chiaro consistente.
43	409.0	43.0		Limo argilloso grigio scuro verdastro consistente passante a limo sabbioso verde chiaro.
44	407.5	44.5		

Sondaggio a carotaggio continuo 9e
distanza ambito d'intervento 30m - profondità raggiunta 60m

[illegible] POZZO PERFORAZIONE N. 09E	QUOTA : 466 FOGLIO N. : COMUNE : MONTONE LOCALITA' : COORD. TOPOG. :
ANNO : 1984 DIAMETRO : 120 UTILIZZAZIONE : SONDAGGIO ESEGUITO PORTATA (l/s) : 0	PROPRIETARIO : REGIONE UMBRIA DITTA ESECUT. : GEOGNOSTICA UMBRA PROFONDITA' (m) : 60 LIVELLO SL (m) : 0.0 DATA:

DESCRIZIONE	LITOLOGIA	PROF.	SPES.	ACQ.	NOTE
LIMO [illegible] GIALLASTRO		2.0	2.0		STRUTT.GEOMORFOL.,PIANI TABULARI [illegible]
LIMO [illegible]		3.3	1.3		PLASTICO,PIANI TABULARI CONTINUI
SABBIA [illegible] GIALLA		4.5	1.5		GRIGIA,SILICEA,CHIARETTO ARGILLOSO,SPARSA
GHIAIA E SABBIA GIALLASTRA		16.0	5.5		ELEM.POLIG.(CALCARE),RES.ZERO.,MATR.SABB.
LIMO [illegible] GIALLASTRO		18.5	2.5		SCAF.,PASS.BRUSCO LIMO MARR.,PIANI TABULARI
GHIAIA E SABBIA GIALLASTRA		30.0	7.5		ELEM.POLIG.E CHIARETTO,MATR.SABB.
SABBIA LEGGER GIALLASTRA		33.0	3.0		CONF.,FORO.PIANI TABULARI,PASS.LIMO ARGILL.
GHIAIA E SABBIA GIALLASTRA		36.0	3.0		ELEM.ARROTONDI,CHIARETTO,SCHR.SABB.
LIMO [illegible] GRIGIO-VERDE		37.0	1.0		PLASTICO,PIANI TABULARI
LIMO GRIGIO GIALLASTRO		46.0	9.0		38.0 ELEM.ARTICOL,RES.CARB.,CONCREZIONI PICCO COMS.,FREQ.PIANI TABULARI,CONCREZ.,RES.CARB.
GHIAIA E SABBIA GIALLASTRA		52.0	6.0		ELEM.POLIM.,MATR.SABB.
LIMO [illegible] GIALLASTRO		62.0	10.0		46.5 ELEM.CHIARA E CHIARETTO SPARSI MOLL.BIVALVI,CONCHIFERO,PICC.FOSSILI,RES.CARB.
GHIAIA E SABBIA BIANCO-GRIGIA		54.0	2.0		ELEM.ARANCEI GRIGI,MATR.SABB.GRIGIA-BEIGE
LIMO [illegible] GRIGIO-GIALLO		55.5	1.5		PICCO COMPAT.,RES.CARB.,CONCREZIONI
GHIAIA E SABBIA BIANCO-GRIGIA		56.5	1.0		ELEM.POLIC.,MATR.SABBIOSA
GHIAIA E SABBIA GRIGIA		60.0	3.5		LAMIEC.LIMO GRIGIO,PICC.FOSSILI,RES.CARB.

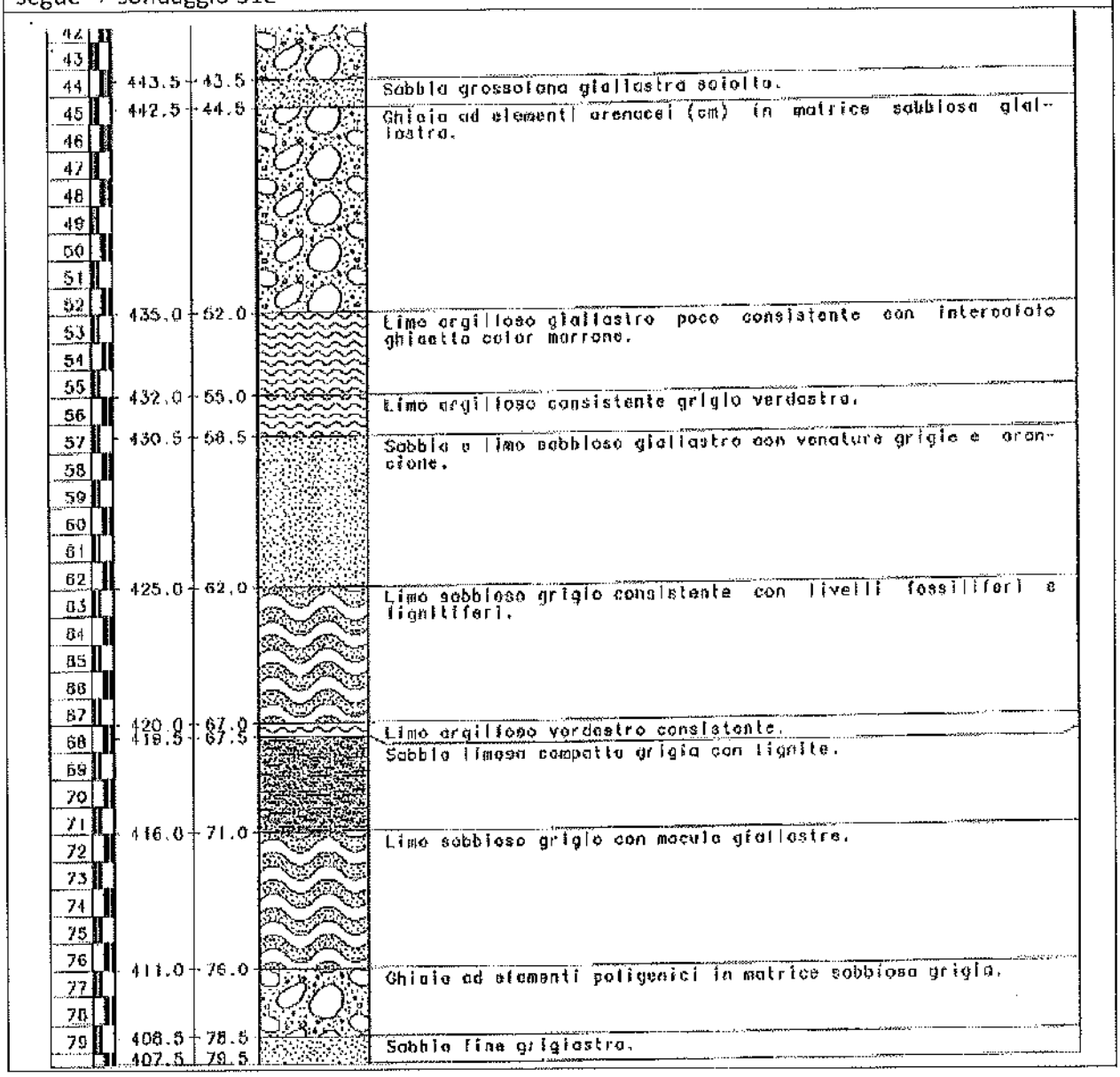
Sondaggio a carotaggio continuo **31e**
distanza ambito d'intervento 110m - profondità raggiunta 80m

Cantiere: MONTONE	N. sondaggio: 31e
Committente: COMUNE DI MONTONE	Scala sondaggio 1:200
Perforatore:	Geologo:
Coord.:	Quota (p.c.): 487
Metodo perf.: CAROTAGGIO CONTINUO	Data ultimazione:

scala	quota (m)	profondita' (m)	stratigrafia	descrizione
1	487.0			Sabbia limosa marrone sciolta con ciottoli.
2				
3				
4	484.0	3.0		Limo argilloso o argilla marrone poco consistente con residui carboniosi.
5	482.5	4.5		Sabbia fine giallastra con ciottoli.
6	481.5	5.5		Ghiaia ad elementi arenacei in matrice sabbiosa giallastra.
7				
8				
9				
10				
11	476.5	10.5		Sabbia media grossolana giallastra sciolta.
12				
13	474.0	13.0		Ghiaia ad elementi arenacei in matrice sabbiosa giallastra.
14				
15	472.5	14.5		Sabbia media grossolana giallastra sciolta.
16	471.5	16.5		Ghiaia ad elementi poligenici in matrice sabbiosa giallastra.
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27	460.0	27.0		Limo argilloso giallastro poco consistente, livello di ghiaietto e residui carboniosi.
28				
29	458.0	29.0		Limo argilloso giallastro o grigio poco consistente.
30				
31				
32				
33				
34	453.5	33.5		Sabbia media giallastra sciolta.
35				
36	451.5	35.5		Limo argilloso giallastro consistente con intercalazioni di argilla grigia.
37				
38	449.5	37.5		Sabbia media giallastra con livelli di ghiaietto.
39	448.0	39.0		Ghiaia ad elementi poligenici (cm) in matrice sabbiosa giallastra.
40				
41				

continua ⇨

segue ⇨ sondaggio 31e



CERTIFICATI PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO PREESISTENTI RELATIVE A STUDI DI CONSOLIDAMENTO DEL COLLE DI MONTONE

LABORATORIO GEOTECNICO SIGMA-TAU s.n.c.
Pietralunga Via G. Marconi 94- Perugia via Eugubina 168

SCHEDA CAMPIONE
(Apertura e descrizione visiva)

Committente: Regione Umbria Cantiere: Montone

Sondaggio n. A4-1 Campione n. 1 Profondità: 7,00 - 7,50 m

APERTURA CAMPIONE :

Contenitore: Fustella metallica

Dimensioni contenitore: diam. 88 mm - lungh. 550 mm - spess. 4 mm

Dimensioni campione: diam. 80 mm - lungh. 500 mm

Grado di qualità (AGI 1977) : Q5

Descrizione visiva del campione : Sabbia limosa giallo-ocra con noduli carbonatici di precipitazione chimica.

Prove di laboratorio	Valori
CARATTERISTICHE VOLUMETRICHE : Peso di volume Cont. nat. d'acqua Wn	 2,14 gr/cm^3 20,95 %
RESISTENZA AL TAGLIO CD (picco): Angolo di resistenza taglio CD φ' Coesione c'	 26,78° 0,34 kg/cm^2

SIGMA TAU snc
Software Aquater S.p.a
settore Snamprogetti, Gruppo Eni

Committente : REGIONE UMBRIA
Cantiere : MONTONE

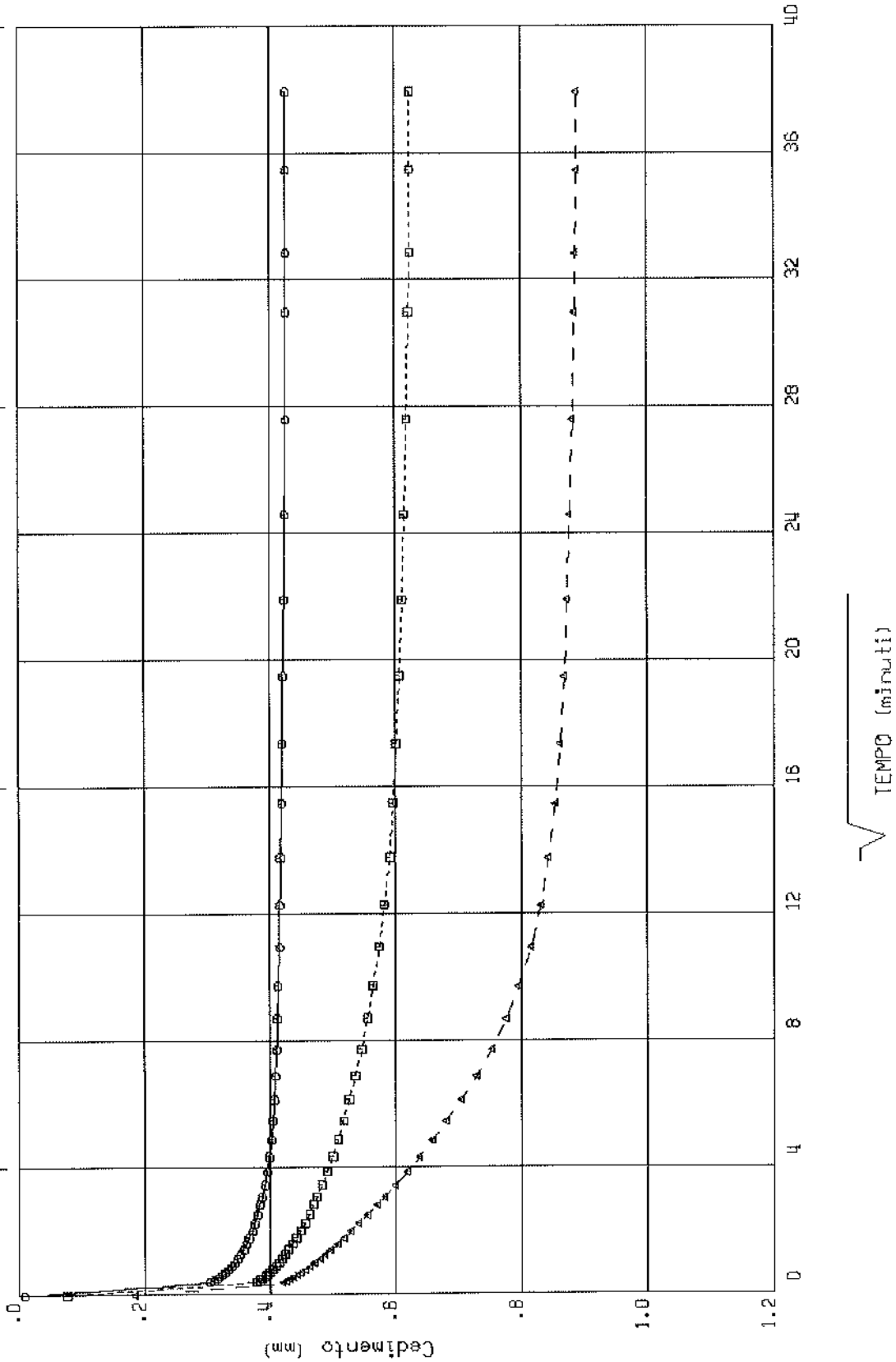
Commessa : 01
Data : 20/01/1994

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

DIAGRAMMA CONSOLIDAZIONE PROVINI

Sondaggio : 41 Campione : 01 Profondità : da 7.00 a 7.50 m

PROVINO n.	SIMBOLO	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE LATO mm	ALTEZZA mm	AREA mm²	DATI DI CONSOLIDAZIONE SIGMA v KN/m²	CED f mm	t 100 min	PREVISIONE PARAMETRI DI PROVA t r min	DEF r mm	VELOCITA' mm/min
1	———	60.0	30.0	3600	50.00	0.43	11.30	143.52	3.00	0.02090
2	- - - - -	60.0	30.0	3600	100.00	0.62	14.36	182.42	3.00	0.01645
3	— — —	60.0	30.0	3600	200.00	0.89	13.92	176.85	3.00	0.01696



SIGMA-TAU s.n.c.
Software Aquater S.p.a
settore Snamprogetti, Gruppo Eni

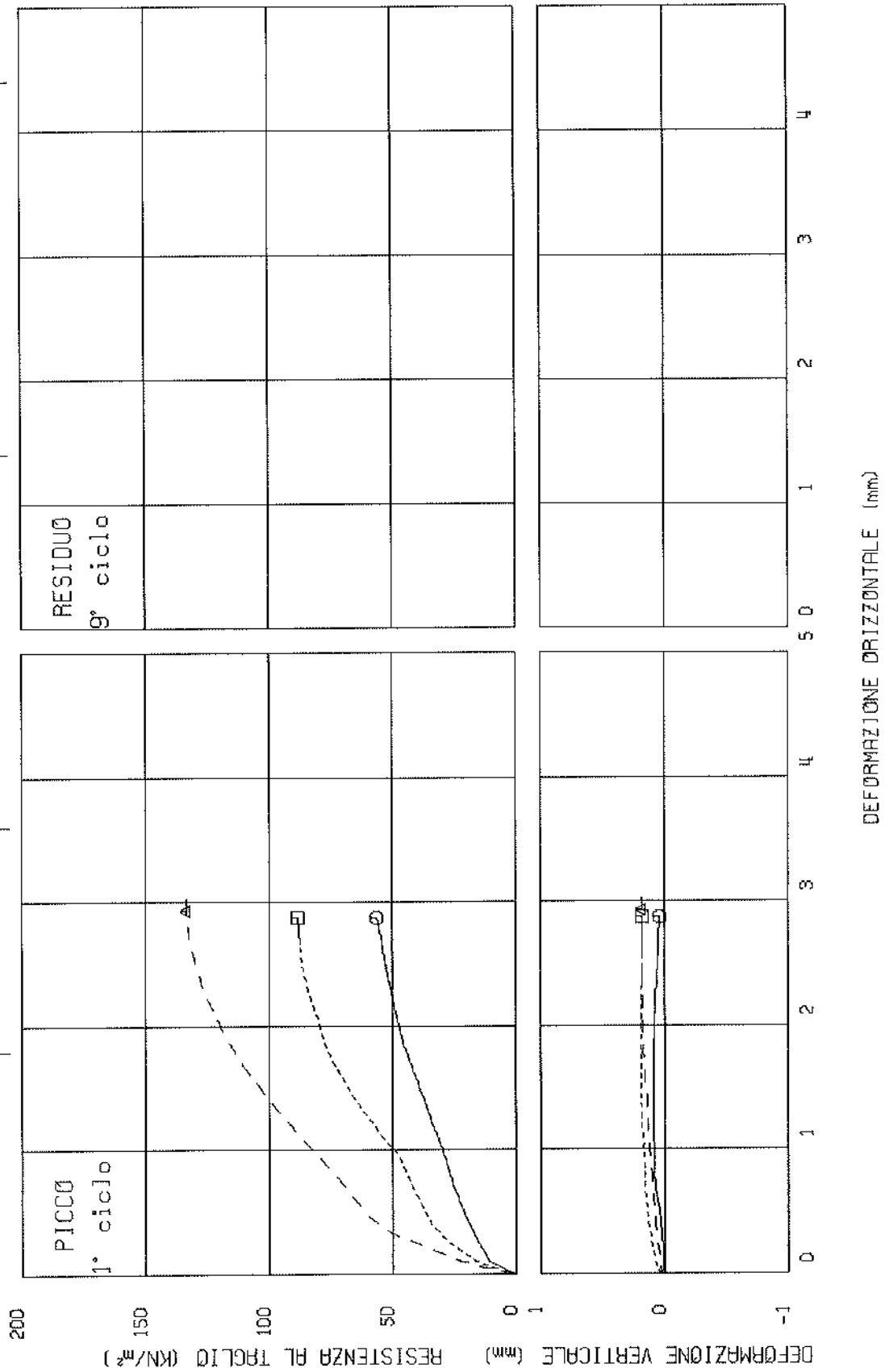
Committente : REGIONE UMBRIA — Commessa : 1

Cantiere : MONTONE — Data : 20/01/1994

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Sondaggio : 41 — Campione : 01 — Profondità : da 7.00 a 7.500 m

PROVINO n.	SIMBOLO	CONSOLIDAZIONE SIGMA v KN/m²	CONSOLIDAZIONE CED f. mm	VALORI DI PICCO SIMBOLO	VALORI DI PICCO TAU p KN/m²	VALORI DI PICCO DEF h mm	VALORI DI PICCO DEF v mm	VALORI RESIDUI SIMBOLO	VALORI RESIDUI TAU r KN/m²	VALORI RESIDUI DEF h mm	VALORI RESIDUI DEF v mm
1	———	50.0	0.43	⊕	56.12	2.88	0.04	⊕			
2	- - - - -	100.0	0.62	⊡	88.26	2.88	0.18	⊡			
3	— — —	200.0	0.89	△	133.21	2.94	0.18	△			



SIGMA-TAU s.n.c.
Software Aquater S.p.a
settore Snamprogetti, Gruppo Eni

Committente : REGIONE UMBRIA
Cantiere : MONTONE

Commessa : 1
Data : 20/01/1994

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

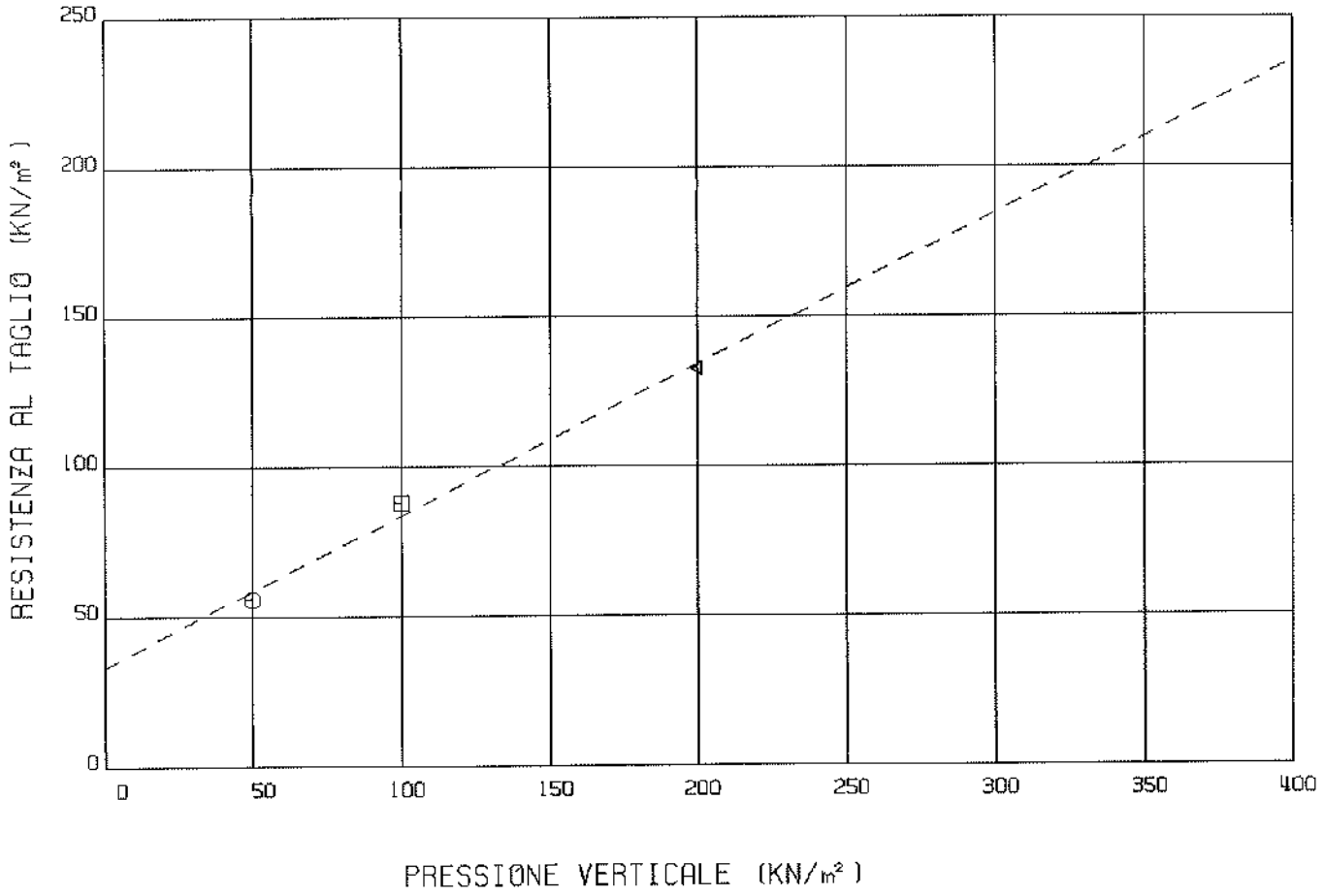
Sondaggio : 41 Campione : 01 Profondità : da 7.00 a 7.500 m

STATO DEL PROVINO : Q5
TIPO DELLA PROVA : CONSOL.DREN.
VELOCITA" DI DEF. (mm/min) : 0.015

LATO (cm) : 6.0
ALTEZZA (cm) : 3.0
AREA (cm²) : 36.0

PROVINO n.	1	2	3
CONTENUTO D" ACQUA INIZIALE (%) :	20.90	20.98	20.97
PESO DI VOLUME INIZIALE (KN/M3) :	20.99	20.99	20.99
CONTENUTO D" ACQUA FINALE (%) :			
PESO DI VOLUME FINALE (KN/M3) :			

CONDIZIONI DI PROVA	PICCO	RESIDUO
ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO (gradi) :	26.78	
COESIONE INTERCETTA (KN/m²) :	33.65	



LABORATORIO GEOTECNICO SIGMA-TAU s.n.c.
Pietralunga Via G. Marconi 94- Perugia via Eugubina 168

SCHEDA CAMPIONE
(Apertura e descrizione visiva)

Committente: Regione Umbria Cantiere: Montone

Sondaggio n. A2-1 Campione n. 1 Profondità : 9,00 - 9,40

APERTURA CAMPIONE

Contenitore: Fustella metallica

Dimensioni contenitore: diam. 88 mm - lungh. 550 mm - spess. 4 mm

Dimensioni campione: diam. 80 mm - lungh. 400 mm

Grado di qualità (AGI 1977) : Q5

Descrizione visiva del campione : Limo sabbioso marrone con frustoli carboniosi.

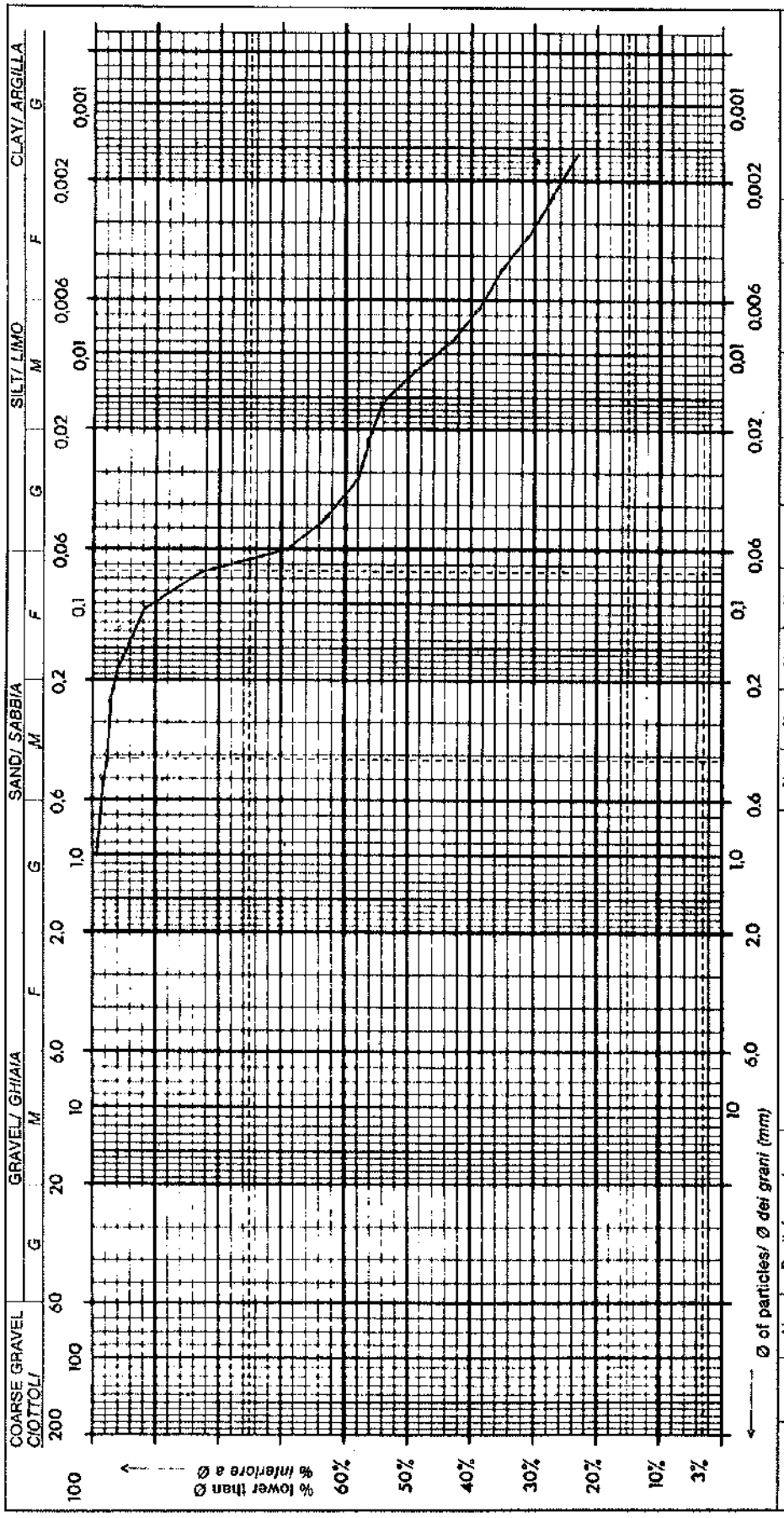
Prove di laboratorio	Valori
ANALISI GRANULOMETRICA	GHIAIA = 0,0 % SABBIA = 31,0 % LIMO = 43,0 % ARGIL .= 26,0 %
CARATTERISTICHE VOLUMETRICHE : Peso di volume Cont. nat. d'acqua Wn	 2,08 gr/cm^3 21,00 %
RESISTENZA AL TAGLIO CD (picco): Angolo di resistenza taglio CD φ' Coesione c'	 24,85° 0,59 kg/cm^2
PROVA ELL Coesione non drenata cu	2,88 kg/cm^2

Purchaser / ***Committente*** REGIONE UMBRIA

Field / ***Cantiere*** MONTONE

GRAIN SIZE ANALYSIS
PROVA GRANULOMETRICA

Date / ***Data*** 20.12.1993



Symbol *Simbolo*	Boring *Sond.*	N. Sample *Camp.*	Depth from g.l. *Profond. dal p.c.* from/da mt.	to/a mt.	Description *Descrizione*	% C.Gravel *Ciott.*	% Gravel *Ghiaia*	% Sand *Sabbia*	% Silt *Limo*	% Clay *Argilla*	Ø 60 %	Ø 10 %	U	Notes *Note*
	A2-1	1	9.0	9.4	LIMO CON SABBIA E ARGILLA			31.0	43.0	26.0				

T 60/6 - Art.

SIGMA-TAU S.r.l.
LABORATORIO GEOTECNICO
Via Eugubina, 153 - Tel. 075/5910121
06077 PERUGIA
Via G. Marconi, 94 - Tel. 075/936417
06026 PIETRALUNGA (PG)
Cod. Fisc. e P. IVA 01861130548

Purchaser / *Committente*: REGIONE UMBRIA

Field / *Cantiere*: MONTONE

PARTICLE SIZE ANALYSIS
ANALISI GRANULOMETRICA

Date / *Data*: 20.12.1993

Boring / *Sondaggio*: A 2-1 Sample / *Campione*: 1 Depth: from / *Profondità: da* 9.0 m to / *a* 9.4 m

Sieve analysis/*Analisi con vagli*

Wet method / *Via umida* ..... dry method / *via secca* X

Time of shaking / *Tempo di agitazione* 20' Max D of grains / *D max grani* ..... mm

Sieve ASTM / *Crivello o Setaccio ASTM*	Diameter of grains D (mm) / *Diametro Grani D (mm)*	Weight of grains W (g) / *Peso Grani P (g)*	Partial W/S / *Parziale P/S (%)*	Retained / *Trattenuto (%)*	Passing / *Passante (%)*
4"	101,6				
2"	50,8				
1"	25,4				
1/2"	12,7				
3/8"	9,5				
4	4,76				
10	2,00				
18	1,00	3.50	0.47	0.47	99.53
20	0,84				
35	0,50	8.40	1.13	1.60	98.40
40	0,42	4.10	0.55	2.15	97.85
60	0,25	4.10	0.55	2.70	97.30
80	0,177	10.94	1.47	4.17	95.83
-140	0,105	30.32	4.07	8.24	91.76
200	0,074	65.85	8.85	17.09	82.91
	0,074	616.89	0.8291	= X	
Sum / *Somma S* (g)		744.10			
Initial weight/*Peso iniziale* (g)		744.52			
Loss/*Perdita* (g)		0.42			

Hydrometer analysis/Analisi con areometro

Dispersing agent / *Dispersivo* ..... (‰) Cylinder N.er / *Cilindro N°* 1

Dispersing ag. correct. / *Correzione dispersivo* Cd = - 3.4

Meniscus correction / *Correzione menisco* Cm = 0.4 hydrom. / *areometro* .....

Temperature correct. / *Correzione temperatura* Ct = - 5.65

Container / *Contenitore* ..... Tare / *Tara* ..... g

Dried sample + tare / *Campione secco + tara* ..... g

Partial dried sample / *Campione secco parziale* Psp 40 g

Specific gravity of the part < 0,074 / *Peso specifico della parte < 0,074* Gs 2.70 g/cm³

Specific gravity of water / *Peso specifico del liquido* (γLq) ..... g/cm³

Constant / *Costante* : $100 \frac{100}{Psp} \frac{Gs}{Gs-\gamma(Lq)} = K$

Remarks/*Note:*

Date / *Data* –	Hour / *Ora* –	Time / *Tempo* Δt	Temperature / *Temperatura* t°C	Hydrom. reading / *Lettura areom.* R	Corrected reading / *Lettura corretta* R'=R+Cd	Temper. correction / *Correz. temperat.* Ct	Diameter of grains / *Diametro grani* D (mm)	Reduced reading / *Lettura ridotta* R"=R'+Cm+Ct	Partial % / *% Parziale* KR"	Sum % / *% Somma* KR"X
		30"	16.0	25.8			0.0606		83.54	69.26
		1'	16.0	23.8			0.0440		75.60	62.68
		2'	16.0	22.4			0.0317		70.04	58.07
		4'	15.5	22.0			0.0227		67.98	56.36
		8'	15.0	21.4			0.0162		65.12	53.99
		15'	14.5	20.0			0.0121		59.08	48.98
		30'	13.5	18.4			0.0089		51.78	42.93
		60'	13.0	17.2			0.0064		46.54	38.59
		120'	12.9	16.3			0.0046		42.87	35.54
		230'	13.3	14.9			0.0033		37.69	31.25
		480'	13.0	13.9			0.0023		33.43	27.72
		1035'	11.9	12.9			0.0016		28.41	23.55

SIGMA TAU snc
Software Aquater S.p.a
settore Snamprogetti, Gruppo Eni

Committente : REGIONE UMBRIA
Cantiere : MONTONE

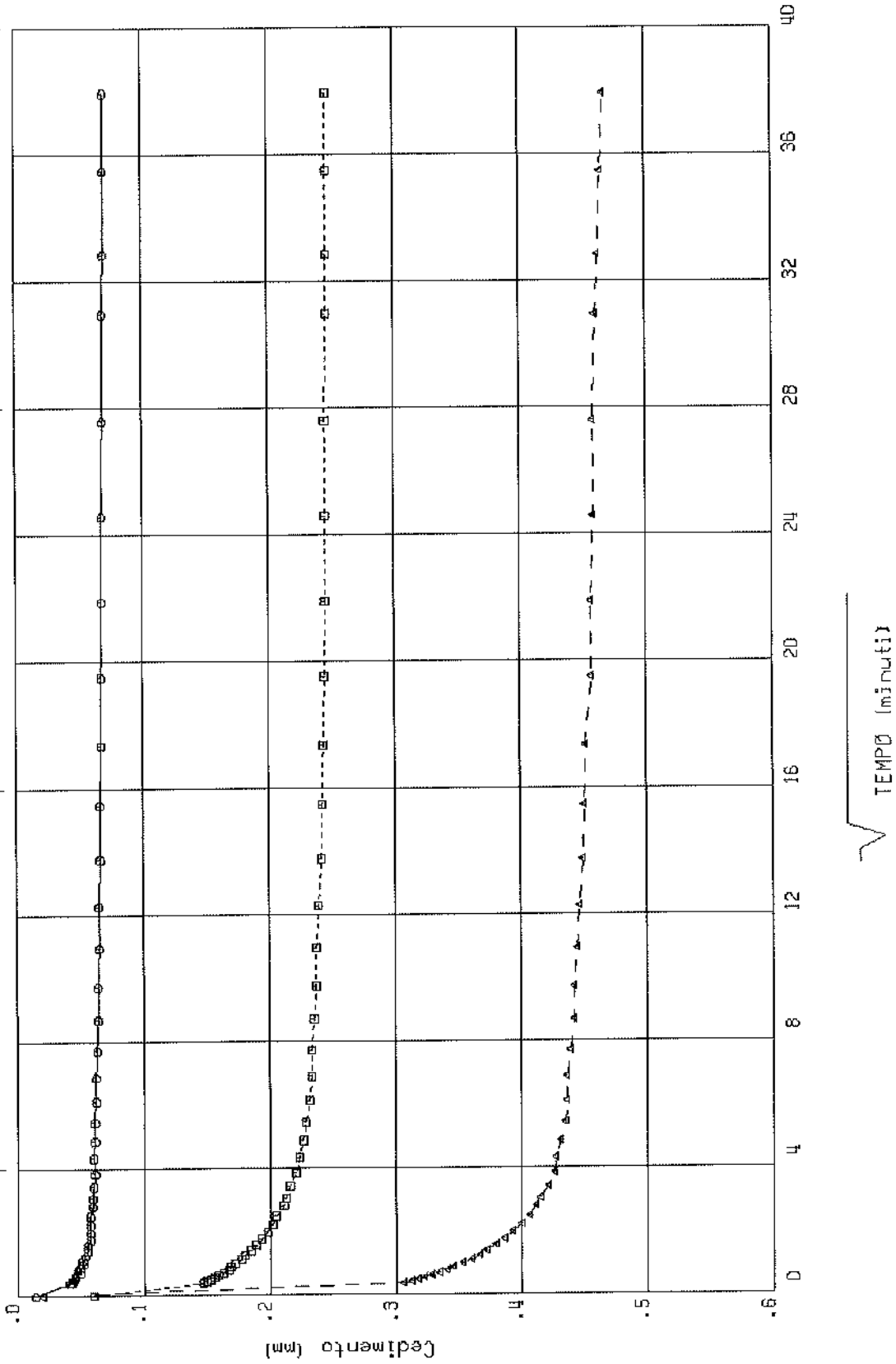
Commessa : 01
Data : 23/01/1994

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

DIAGRAMMA CONSOLIDAZIONE PROVINI

Sondaggio :A21 Campione : 01 Profondità : da 9.00 a 9.40 m

PROVINO	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE			DATI DI CONSOLIDAZIONE			PREVISIONE PARAMETRI DI PROVA		
SIMBOLO n.	LATO mm	ALTEZZA mm	AREA mm²	SIGMA v KN/m²	CED f mm	t 100 min	t r min	DEF r mm	VELOCITA' mm/min
1 ———	60.0	30.0	3600	50.00	0.07	14.23	180.74	3.00	0.01660
2 - - - - -	60.0	30.0	3600	100.00	0.25	15.61	198.21	3.00	0.01514
3 — — —	60.0	30.0	3600	200.00	0.47	17.22	218.73	3.00	0.01372



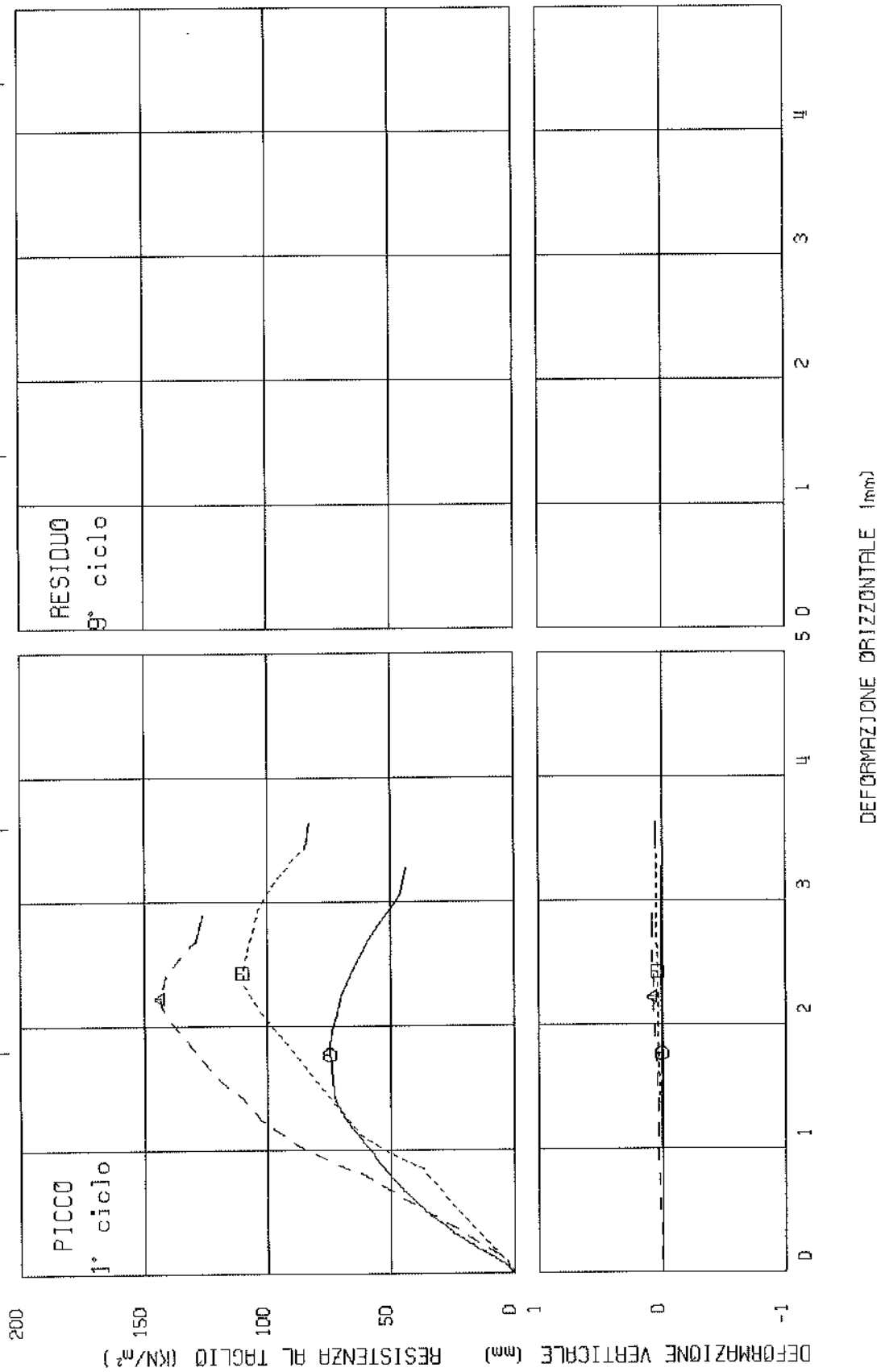
SIGMA TAU snc
Software Aquater S.p.a
settore Snamprogetti, Gruppo Eni

Committente : REGIONE UMBRIA — Commessa : 01
Cantiere : MONTONE — Data : 23/01/1994

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Sondaggio : A21 — Campione : 01 — Profondità : da 9.00 a 9.40 m

PROVINO SIMBOLO n.	CONSOLIDAZIONE SIGMA v KN/m²	CONSOLIDAZIONE CED f. mm	VALORI DI PICCO SIMBOLO	VALORI DI PICCO TAU p KN/m²	VALORI DI PICCO DEF h mm	VALORI DI PICCO DEF v mm	VALORI RESIDUI SIMBOLO	VALORI RESIDUI TAU r KN/m²	VALORI RESIDUI DEF h mm	VALORI RESIDUI DEF v mm
1 ———	50.0	0.07	⊖	74.37	1.77	0.01	⊕			
2 - - - - -	100.0	0.25	⊟	109.78	2.43	0.04	⊞			
3 — — —	200.0	0.47	△	143.29	2.23	0.07	⊿			



SIGMA TAU snc
Software Aquater S.p.a
settore Snamprogetti, Gruppo Eni

Committente : REGIONE UMBRIA
Cantiere : MONTONE

Commessa : 01
Data : 23/01/1994

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

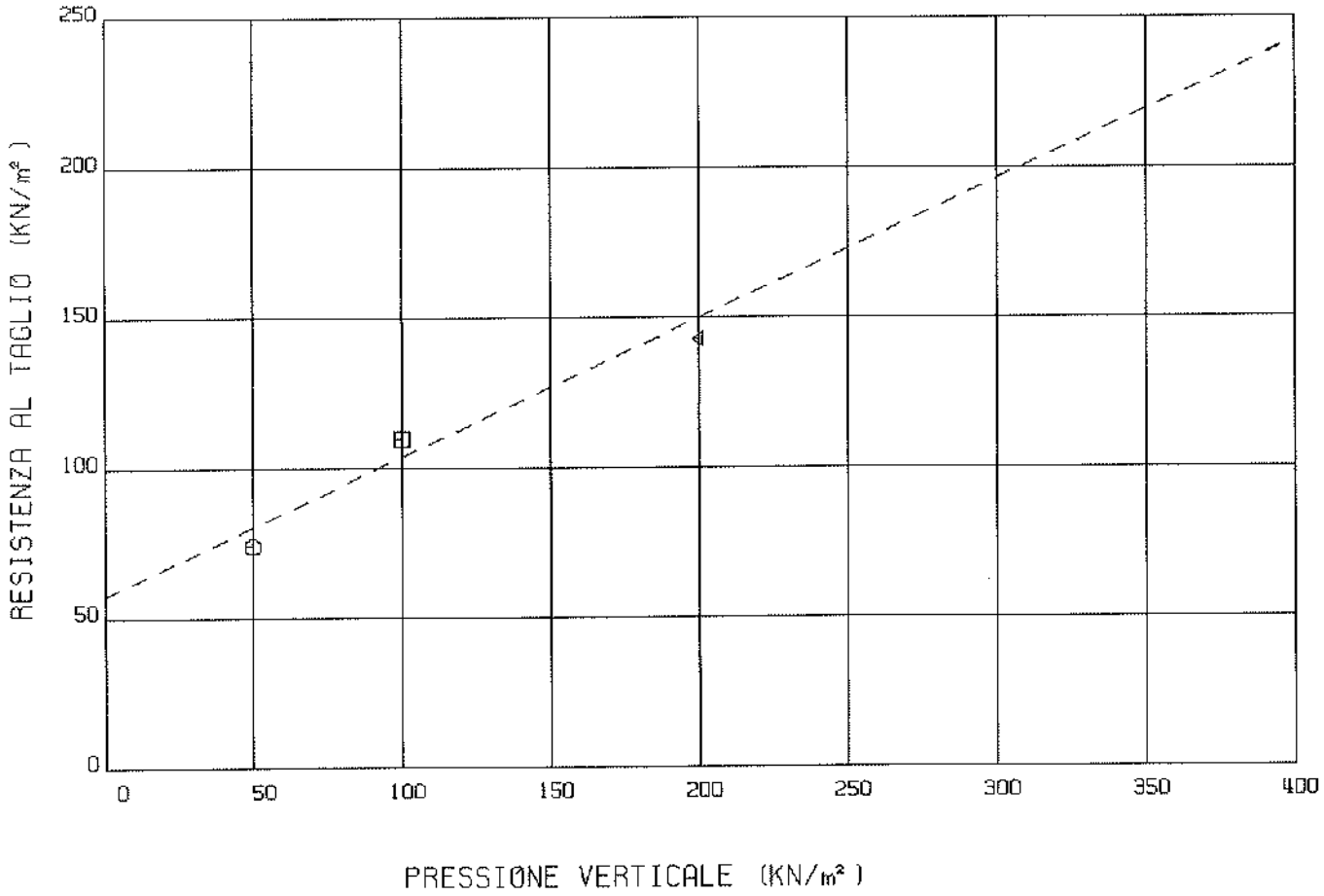
Sondaggio : A21 Campione : 01 Profondità : da 9.00 a 9.40 m

STATO DEL PROVINO : Q5
TIPO DELLA PROVA : CONSOL.DREN.
VELOCITA" DI DEF. (mm/min) : 0.015

LATO (cm) : 6.0
ALTEZZA (cm) : 3.0
AREA (cm²) : 36

PROVINO n.	1	2	3
CONTENUTO D" ACQUA INIZIALE (%) :	16.25	16.15	16.20
PESO DI VOLUME INIZIALE (KN/M3) :	20.40	20.40	20.40
CONTENUTO D" ACQUA FINALE (%) :			
PESO DI VOLUME FINALE (KN/M3) :			

CONDIZIONI DI PROVA	PICCO	RESIDUO
ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO (gradi) :	24.85	
COESIONE INTERCETTA (KN/m²) :	57.62	



SIGMA TAU snc
Software Aquater S.p.a
settore Snamprogetti, Gruppo Eni

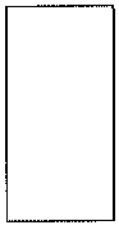
Committente : REGIONE UMBRIA
Cantiere : MONTONE

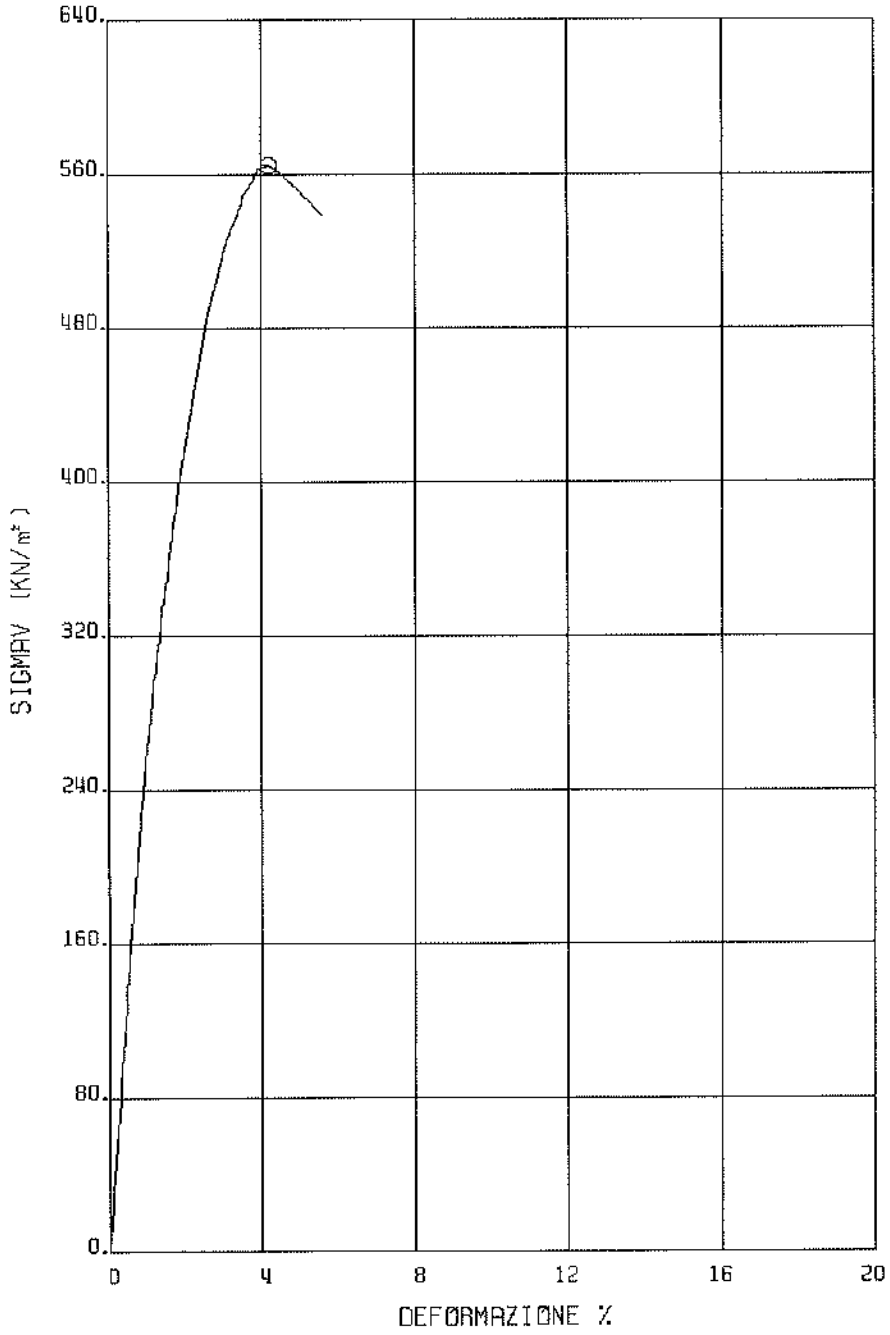
Commessa : 01
Data : 25/01/1994

PROVA DI COMPRESSIONE NON CONFINATA

Sondaggio : A 21 Campione : 01 Profondità : da 9.00 a 9.40 m

PROVINO n.	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DIAMETRO mm	ALTEZZA mm	CARATTERISTICHE FISICHE CONTENUTO DI ACQUA %	PESO DI VOLUME KN/m3	DATI DI PROVA PRESS.r KN/m²	DEF.r %	VELOCITA' mm/min
SIMBOLO 1	38.00	76.00	21.00	20.40	565.22	4.21	0.66





SIGMA TAU snc
Software Aquater S.p.a.
settore Snamprogetti, Gruppo Eni

Committente:REGIONE UMBRIA

Cantiere:MONTONE

Commessa:01

Data: 25/01/1994

P R O V A D I C O M P R E S S I O N E N O N C O N F I N A T A

Sondaggio:A21 Campione: 01 Profondit:da 9.00 a 9.40 m.

foglio: 1

PROVINO 1		PROVINO 2		PROVINO 3		PROVINO 4		PROVINO 5	
DEF (%)	SIGMAV (KN/m2)	DEF (%)	SIGMAV (KN/m2)	DEF (%)	SIGMAV (KN/m2)	DEF (%)	SIGMAV (KN/m2)	DEF (%)	SIGMAV (KN/m2)
.000	.000								
.289	78.804								
.526	147.686								
.842	228.929								
1.184	296.324								
1.461	341.507								
1.842	397.730								
2.276	452.164								
2.632	490.176								
3.053	522.342								
3.553	549.004								
3.947	563.119								
4.211	565.221								
4.605	559.262								
5.263	546.394								
5.592	539.191								

LABORATORIO GEOTECNICO SIGMA-TAU s.n.c.
Pietralunga Via G. Marconi 94- Perugia via Eugubina 168

SCHEDA CAMPIONE
(Apertura e descrizione visiva)

Committente: Regione Umbria Cantiere: Montone

Sondaggio n. A3-3 Campione n. 1 Profondità : 12,00 - 12,50

APERTURA CAMPIONE

Contenitore: Fustella metallica

Dimensioni contenitore: diam. 88 mm - lungh. 550 mm - spess. 4 mm

Dimensioni campione: diam. 80 mm - lungh. 500 mm

Grado di qualità (AGI 1977) : Q5

Descrizione visiva del campione : Limo argilloso-sabbioso marrone con clasti mm e cm sparsi.

Prove di laboratorio	Valori
CARATTERISTICHE VOLUMETRICHE : Peso di volume Cont. nat. d'acqua Wn	 2,01 gr/cm^3 15,60 %
RESISTENZA AL TAGLIO CD (picco): Angolo di resistenza taglio CD φ' Coesione c'	 26,12° 0,57 kg/cm^2
PROVA ELL Coesione non drenata cu	 2,82 kg/cm^2

SIGMA-TAU s.n.c.
Software Aquater S.p.a
settore Snamprogetti, Gruppo Eni

Committente : REGIONE UMBRIA
Cantiere : MONTONE

Commessa : 1
Data : 25/01/1994

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

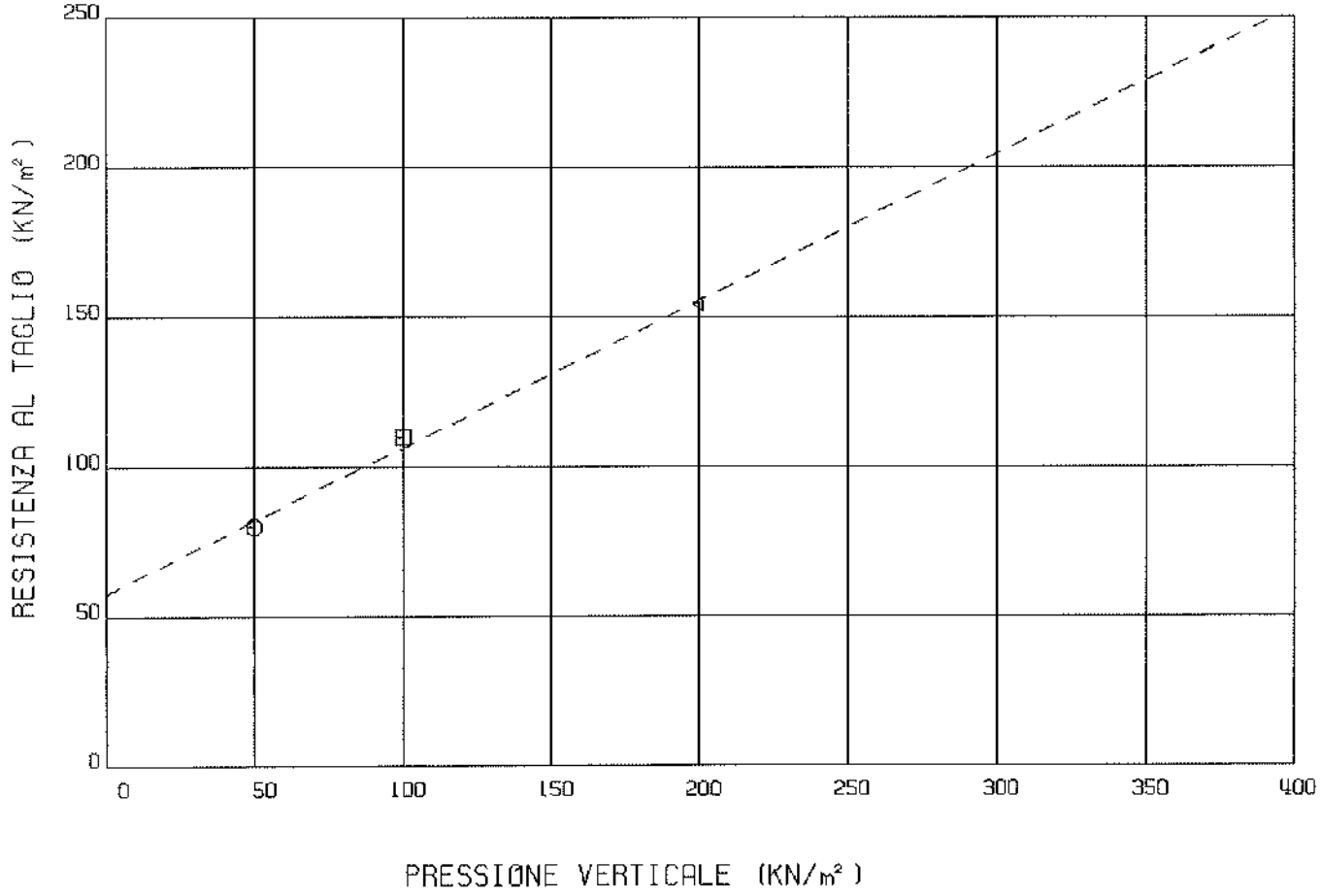
Sondaggio : A 33 Campione : 01 Profondità : da 12.0 a 12.50 m

STATO DEL PROVINO : Q5
TIPO DELLA PROVA : CONSOL.DREN.
VELOCITA" DI DEF. (mm/min) : 0.042

LATO (cm) : 6.0
ALTEZZA (cm) : 3.0
AREA (cm²) : 36.0

PROVINO n.	1	2	3
CONTENUTO D" ACQUA INIZIALE (%) :	22.85	23.05	23.10
PESO DI VOLUME INIZIALE (KN/M3) :	20.60	20.60	20.60
CONTENUTO D" ACQUA FINALE (%) :			
PESO DI VOLUME FINALE (KN/M3) :			

CONDIZIONI DI PROVA	PICCO	RESIDUO
ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO (gradi) :	26.12	
COESIONE INTERCETTA (KN/m²) :	57.75	



SIGMA TAU snc
Software Aquater S.p.a
settore Snamprogetti, Gruppo Eni

Committente : REGIONE UMBRIA
Cantiere : MONTONE

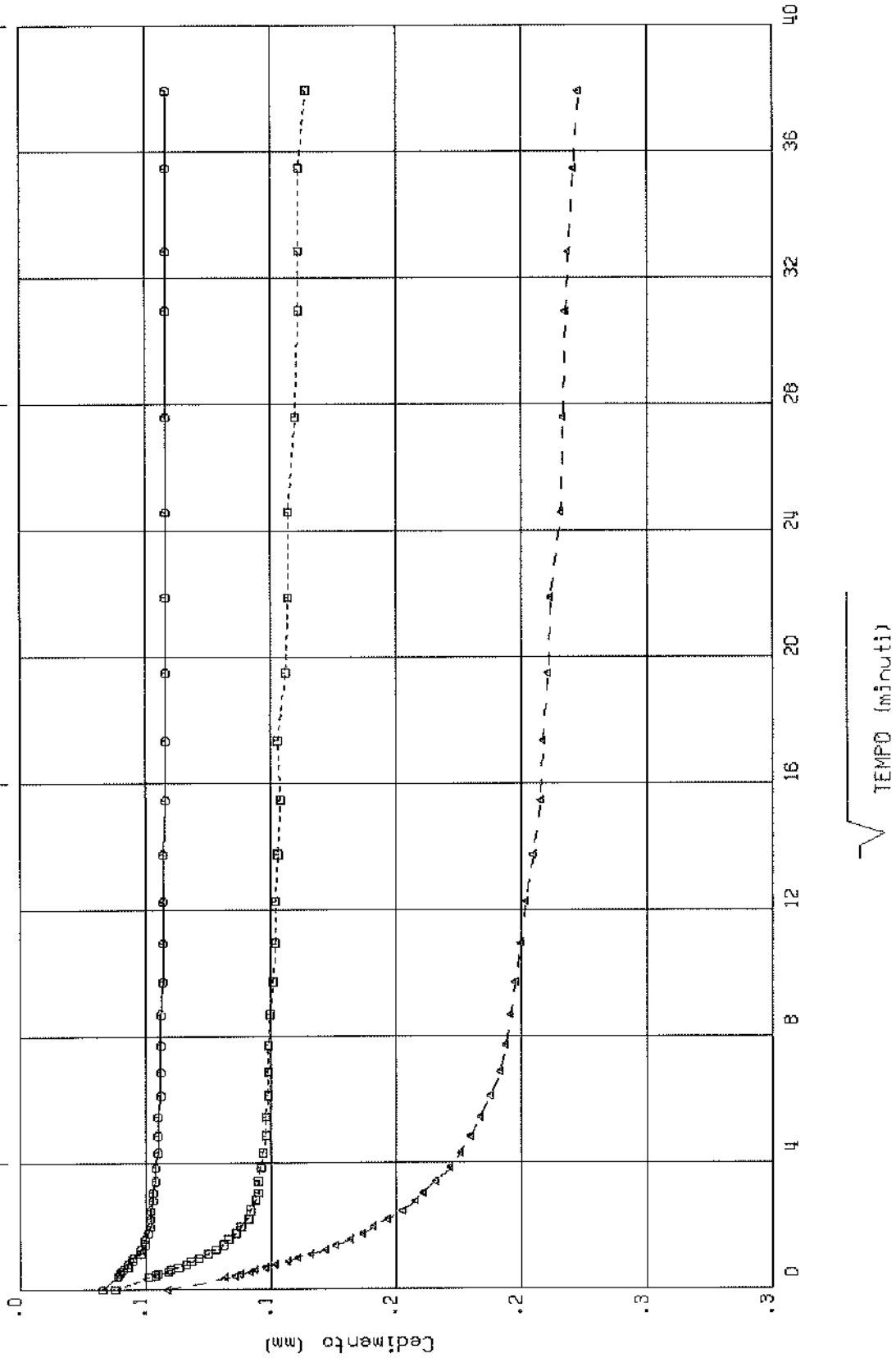
Commessa : 01
Data : 25/01/1994

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

DIAGRAMMA CONSOLIDAZIONE PROVINI

Sondaggio :A33 Campione : 01 Profondità : da 12.00 a 12.50 m

PROVINO n.	SIMBOLO	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE: LATO mm	ALTEZZA mm	AREA mm²	DATI DI CONSOLIDAZIONE: SIGMA v KN/m²	CED f mm	t 100 min	PREVISIONE PARAMETRI DI PROVA: t r min	DEF r mm	VELOCITA' mm/min
1	———	60.0	30.0	3600	50.00	0.06	3.48	44.15	2.00	0.04530
2	- - - - -	60.0	30.0	3600	100.00	0.11	3.69	46.82	2.00	0.04272
3	— — —	60.0	30.0	3600	200.00	0.22	3.95	50.19	2.00	0.03985



SIGMA-TAU s.n.c.
Software Aquater S.p.a
settore Snamprogetti, Gruppo Eni

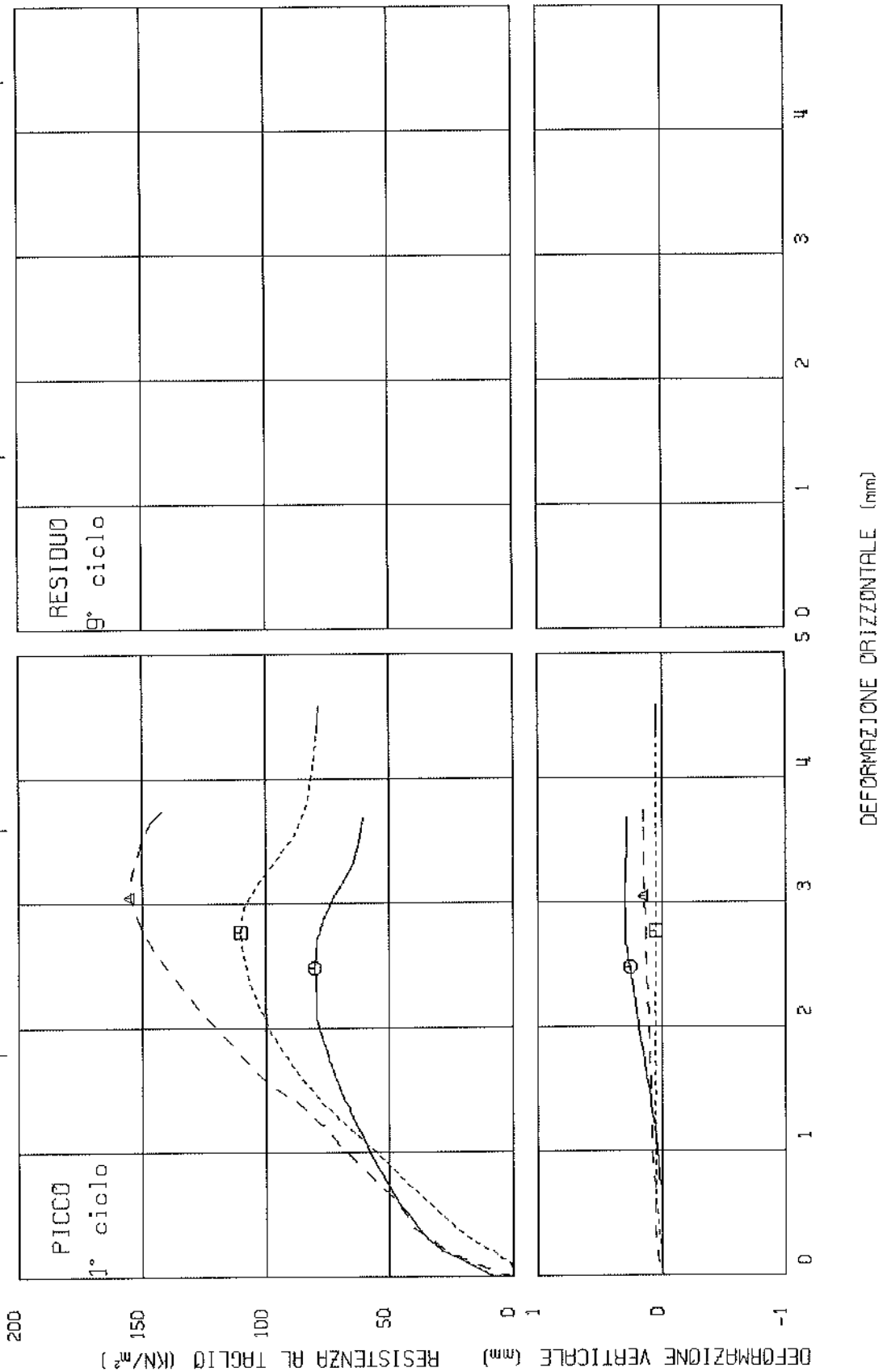
Committente : REGIONE UMBRIA
Cantiere : MONTONE

Commessa : 1
Data : 25/01/1994

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Sondaggio : A 33
Campione : 01
Profondità : da 12.0 a 12.50 m

PROVINO	CONSOLIDAZIONE		VALORI DI PICCO				VALORI RESIDUI			
SIMBOLO n.	SIGMA v KN/m²	CED f. mm	SIMBOLO	TAU p KN/m²	DEF h mm	DEF v mm	SIMBOLO	TAU r KN/m²	DEF h mm	DEF v mm
1 ———	50.0	0.06	⊕	80.09	2.49	0.26	⊕			
2 - - - -	100.0	0.11	⊟	110.05	2.77	0.05	⊟			
3 — — —	200.0	0.22	◬	154.73	3.05	0.14	◬			



SIGMA TAU snc
Software Aquater S.p.a
settore Snamprogetti, Gruppo Eni

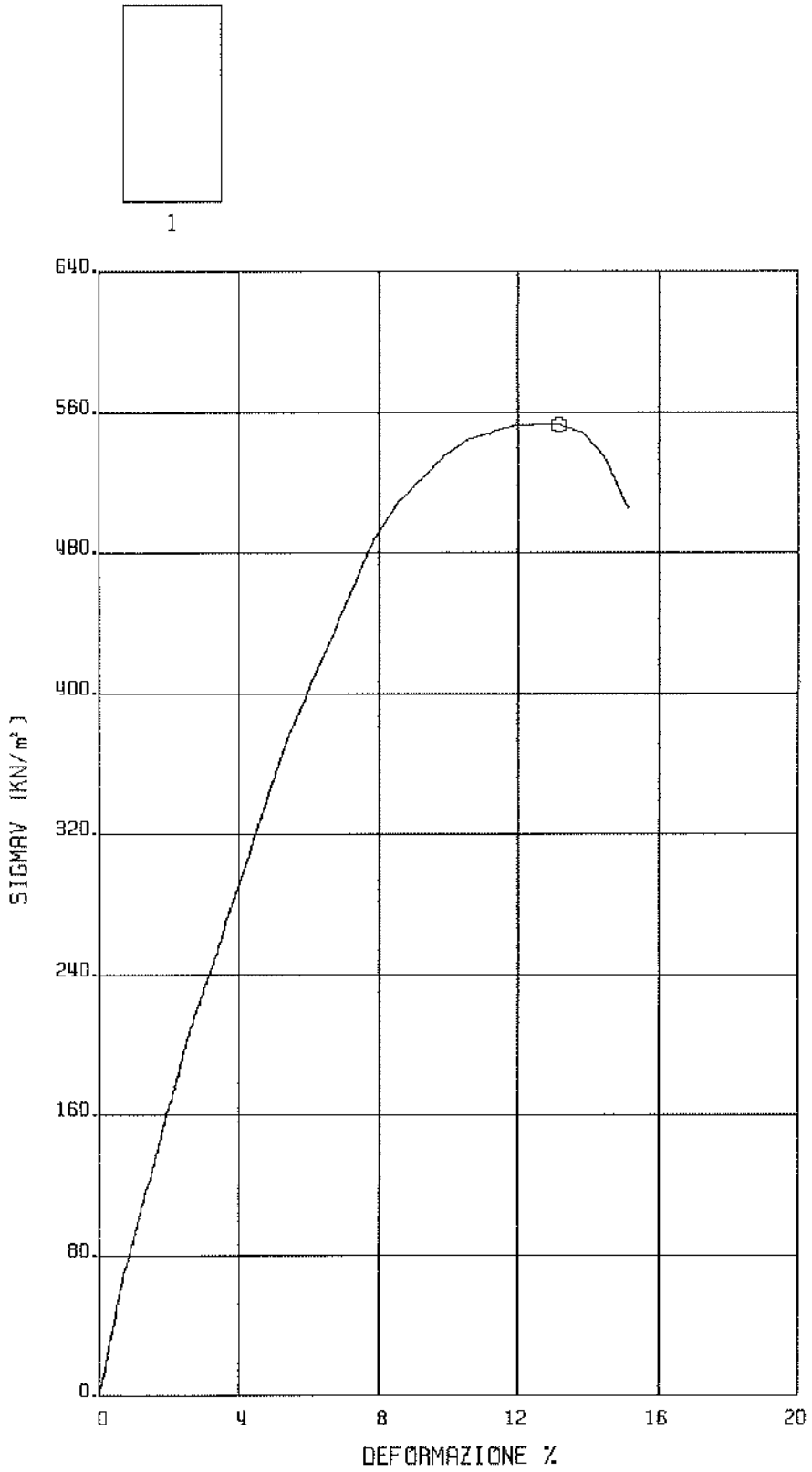
Committente : REGIONE UMBRIA I Commessa : 01

Cantiere : MONTONE Data : 23/01/1994

PROVA DI COMPRESSIONE NON CONFINATA

Sondaggio : A33 Campione : 01 Profondità : da 12.00 a 12.50 m

PROVINO SIMBOLO n.	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DIAMETRO mm	ALTEZZA mm	CARATTERISTICHE FISICHE CONTENUTO DI ACQUA %	PESO DI VOLUME KN/m3	DATI DI PROVA PRESS.r KN/m²	DEF.r %	VELOCITA' mm/min
01	38.00	76.00	20	20.60	553.88	13.16	0.66



SIGMA TAU snc
Software Aquater S.p.a.
settore Snamprogetti, Gruppo Eni

Committente:REGIONE UMBRIA

Cantiere:MONTONE

Commessa:01

Data: 20/01/1994

P R O V A D I C O M P R E S S I O N E N O N C O N F I N A T A

Sondaggio:A33 Campione: 01 Profondit:da 12.0 a 12.50 m.

foglio: 1

PROVINO 1		PROVINO 2		PROVINO 3		PROVINO 4		PROVINO 5	
DEF (%)	SIGMAV (KN/m2)	DEF (%)	SIGMAV (KN/m2)	DEF (%)	SIGMAV (KN/m2)	DEF (%)	SIGMAV (KN/m2)	DEF (%)	SIGMAV (KN/m2)
.000	.000								
.658	54.203								
1.974	139.858								
3.289	207.139								
4.605	261.896								
5.921	307.012								
7.895	353.375								
9.211	373.134								
10.526	384.747								
11.842	390.523								
13.158	391.903								
14.474	389.219								
15.132	382.996								
16.447	370.123								

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Comune di Montone Cantiere: Ampliamentto scuola prima infanzia Località: Montone	

Committente: Comune di Montone Cantiere: Ampliamentto scuola prima infanzia Località: Montone	

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Rif. Norme	DIN 4094	
Peso Massa battente	63,5	Kg
Altezza di caduta libera	0,75	m
Peso sistema di battuta	8	Kg
Diametro punta conica	50,46	mm
Area di base punta	20	cm²
Lunghezza delle aste	1	m
Peso aste a metro	6,3	Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80	m
Avanzamento punta	0,20	m
Numero colpi per punta	N(20)	
Coeff. Correlazione	1,504	
Rivestimento/fanghi	No	
Angolo di apertura punta	90	°

Signature 1 Signature 2

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
Prova eseguita in data 03/04/2023
Profondità prova 7,40 mt
Falda non 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)
0,20	2	0,855	16,61	19,44	0,83	0,97
0,40	2	0,851	16,54	19,44	0,83	0,97
0,60	2	0,847	16,46	19,44	0,82	0,97
0,80	2	0,843	16,39	19,44	0,82	0,97
1,00	4	0,840	30,20	35,96	1,51	1,80
1,20	3	0,836	22,55	26,97	1,13	1,35
1,40	2	0,833	14,97	17,98	0,75	0,90
1,60	3	0,830	22,37	26,97	1,12	1,35
1,80	3	0,826	22,29	26,97	1,11	1,35
2,00	2	0,823	13,77	16,73	0,69	0,84
2,20	2	0,820	13,72	16,73	0,69	0,84
2,40	1	0,817	6,83	8,36	0,34	0,42
2,60	1	0,814	6,81	8,36	0,34	0,42
2,80	2	0,811	13,57	16,73	0,68	0,84
3,00	1	0,809	6,32	7,82	0,32	0,39
3,20	1	0,806	6,30	7,82	0,32	0,39
3,40	1	0,803	6,28	7,82	0,31	0,39
3,60	2	0,801	12,52	15,64	0,63	0,78
3,80	2	0,798	12,48	15,64	0,62	0,78
4,00	1	0,796	5,84	7,34	0,29	0,37
4,20	5	0,794	29,13	36,70	1,46	1,84
4,40	4	0,791	23,24	29,36	1,16	1,47
4,60	11	0,789	63,73	80,74	3,19	4,04
4,80	10	0,787	57,78	73,40	2,89	3,67
5,00	10	0,785	54,30	69,17	2,72	3,46
5,20	8	0,783	43,33	55,34	2,17	2,77
5,40	5	0,781	27,01	34,59	1,35	1,73
5,60	7	0,779	37,73	48,42	1,89	2,42
5,80	9	0,777	48,39	62,25	2,42	3,11
6,00	20	0,725	94,90	130,80	4,74	6,54
6,20	26	0,674	114,56	170,05	5,73	8,50
6,40	12	0,772	60,59	78,48	3,03	3,92
6,60	17	0,720	80,09	111,18	4,00	5,56
6,80	26	0,669	113,72	170,05	5,69	8,50
7,00	21	0,667	86,90	130,25	4,34	6,51
7,20	35	0,616	133,64	217,08	6,68	10,85
7,40	50	0,564	174,95	310,11	8,75	15,51

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
4	1,95	17,08	Coesivo	0	1,63	1,86	0,33	1,5	2,93	Terreno di riporto argilloso a consistenza molle
5,8	7,67	54,44	Incoerente	0	1,78	1,93	0,81	1,5	11,54	Sabbia con ghiaia mediamente addensate
7,4	25,88	164,75	Incoerente	0	2,2	2,5	1,15	1,5	38,92	Ghiaie molto

										addensate

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
Prova eseguita in data 03/04/2023
Profondità prova 3,00 mt
Falda non 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)
0,20	2	0,855	16,61	19,44	0,83	0,97
0,40	2	0,851	16,54	19,44	0,83	0,97
0,60	1	0,847	8,23	9,72	0,41	0,49
0,80	2	0,843	16,39	19,44	0,82	0,97
1,00	1	0,840	7,55	8,99	0,38	0,45
1,20	1	0,836	7,52	8,99	0,38	0,45
1,40	2	0,833	14,97	17,98	0,75	0,90
1,60	4	0,830	29,83	35,96	1,49	1,80
1,80	10	0,826	74,29	89,90	3,71	4,49
2,00	10	0,823	68,85	83,63	3,44	4,18
2,20	11	0,820	75,45	92,00	3,77	4,60
2,40	8	0,817	54,67	66,91	2,73	3,35
2,60	27	0,714	161,28	225,81	8,06	11,29
2,80	38	0,661	210,20	317,81	10,51	15,89
3,00	50	0,609	237,95	390,92	11,90	19,55

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
1,4	1,57	14,86	Coesivo	0	1,59	1,86	0,11	1,5	2,36	Terreno di riporto argilloso a consistenza molle
3	19,75	162,87	Incoerente	0	2,13	2,5	0,39	1,5	29,7	Sabbie ghiaiose passanti a ghiaie molto addensate

PROVA ... Nr.3

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
Prova eseguita in data 04/04/2023
Profondità prova 2,80 mt
Falda non 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)
0,20	8	0,855	66,44	77,74	3,32	3,89
0,40	13	0,801	101,16	126,33	5,06	6,32
0,60	5	0,847	41,16	48,59	2,06	2,43
0,80	2	0,843	16,39	19,44	0,82	0,97
1,00	2	0,840	15,10	17,98	0,75	0,90
1,20	3	0,836	22,55	26,97	1,13	1,35
1,40	4	0,833	29,95	35,96	1,50	1,80
1,60	6	0,830	44,75	53,94	2,24	2,70
1,80	8	0,826	59,43	71,92	2,97	3,60
2,00	11	0,823	75,73	92,00	3,79	4,60
2,20	37	0,670	207,37	309,44	10,37	15,47
2,40	33	0,667	184,13	275,99	9,21	13,80
2,60	35	0,664	194,44	292,72	9,72	14,64
2,80	50	0,611	255,68	418,17	12,78	20,91

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
1,4	5,29	50,43	Coesivo	0	1,9	1,9	0,13	1,5	7,96	TERRENO DI RIPORTO O LIMO ARGILLOSO MOLLE
2,8	25,71	216,31	Incoerente	0	2,2	2,5	0,42	1,5	38,67	SABBIE GHIAIOSE PASSANTI A GHIAIE MOLTO ADDENSATE

PROVA ... Nr.4

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
Prova eseguita in data 04/04/2023
Profondità prova 4,40 mt
Falda non 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	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)

					(Kg/cm²)	
0,20	2	0,855	16,61	19,44	0,83	0,97
0,40	2	0,851	16,54	19,44	0,83	0,97
0,60	3	0,847	24,69	29,15	1,23	1,46
0,80	1	0,843	8,20	9,72	0,41	0,49
1,00	2	0,840	15,10	17,98	0,75	0,90
1,20	4	0,836	30,07	35,96	1,50	1,80
1,40	2	0,833	14,97	17,98	0,75	0,90
1,60	2	0,830	14,92	17,98	0,75	0,90
1,80	1	0,826	7,43	8,99	0,37	0,45
2,00	1	0,823	6,88	8,36	0,34	0,42
2,20	2	0,820	13,72	16,73	0,69	0,84
2,40	3	0,817	20,50	25,09	1,03	1,25
2,60	2	0,814	13,62	16,73	0,68	0,84
2,80	3	0,811	20,36	25,09	1,02	1,25
3,00	3	0,809	18,97	23,46	0,95	1,17
3,20	8	0,806	50,41	62,55	2,52	3,13
3,40	10	0,803	62,81	78,18	3,14	3,91
3,60	11	0,801	68,88	86,00	3,44	4,30
3,80	20	0,748	117,03	156,37	5,85	7,82
4,00	22	0,696	112,40	161,49	5,62	8,07
4,20	37	0,644	174,82	271,59	8,74	13,58
4,40	50	0,591	217,06	367,01	10,85	18,35

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
3,2	2,56	22,16	Coesivo	0	1,69	1,87	0,27	1,5	3,85	TERRENO DI RIPORTO E/O LIMO ARGILLOSO MOLLE
4,4	25	186,77	Incoerente	0	2,19	2,5	0,67	1,5	37,6	SABBIE GHIAIOSE PASSANTI A GHIAIE MOLTO ADDENSATE

GEOSTRU SOFTWARE SRL
VIA LUNGOMARE
89032 BIANCO RC ITALY
www.geostru.com

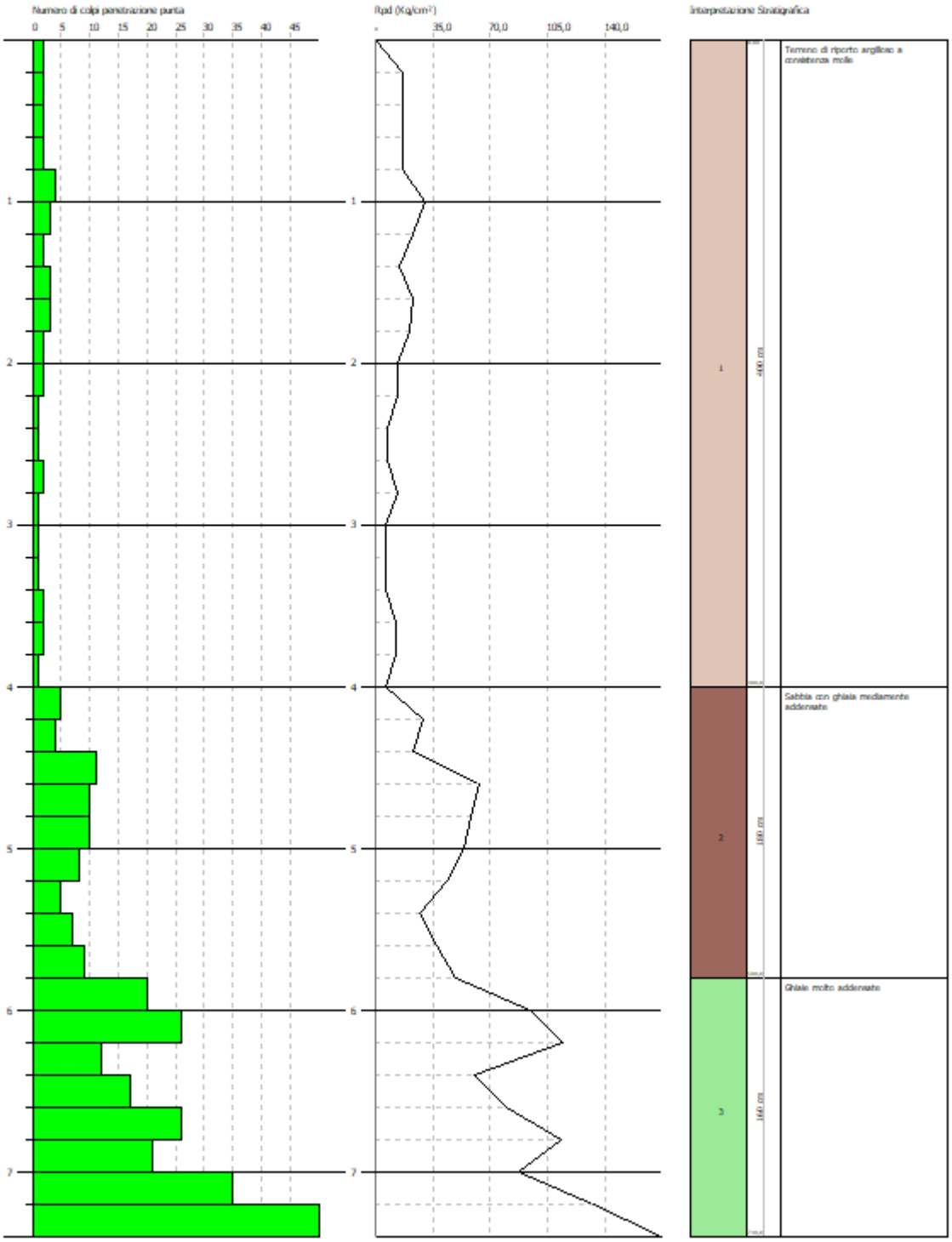
Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti
DPR 380/01 Art. 59 Circolare 7619/STC del 08/09/2010
Concessione per l'esecuzione e certificazione di indagini geognostiche prelievo di campioni e prove in situ
Decreto n° ..... del .....e n° .....del.....

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato.... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: Comune di Montone
Cantiere: Mpliamentto scuola prima infanzia
Località: Montone

Data: 03/04/2023

Scala 1:35



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

GEOSTRU SOFTWARE SRL
VIA LUNGOMARE
89032 BIANCO RC ITALY
www.geostru.com

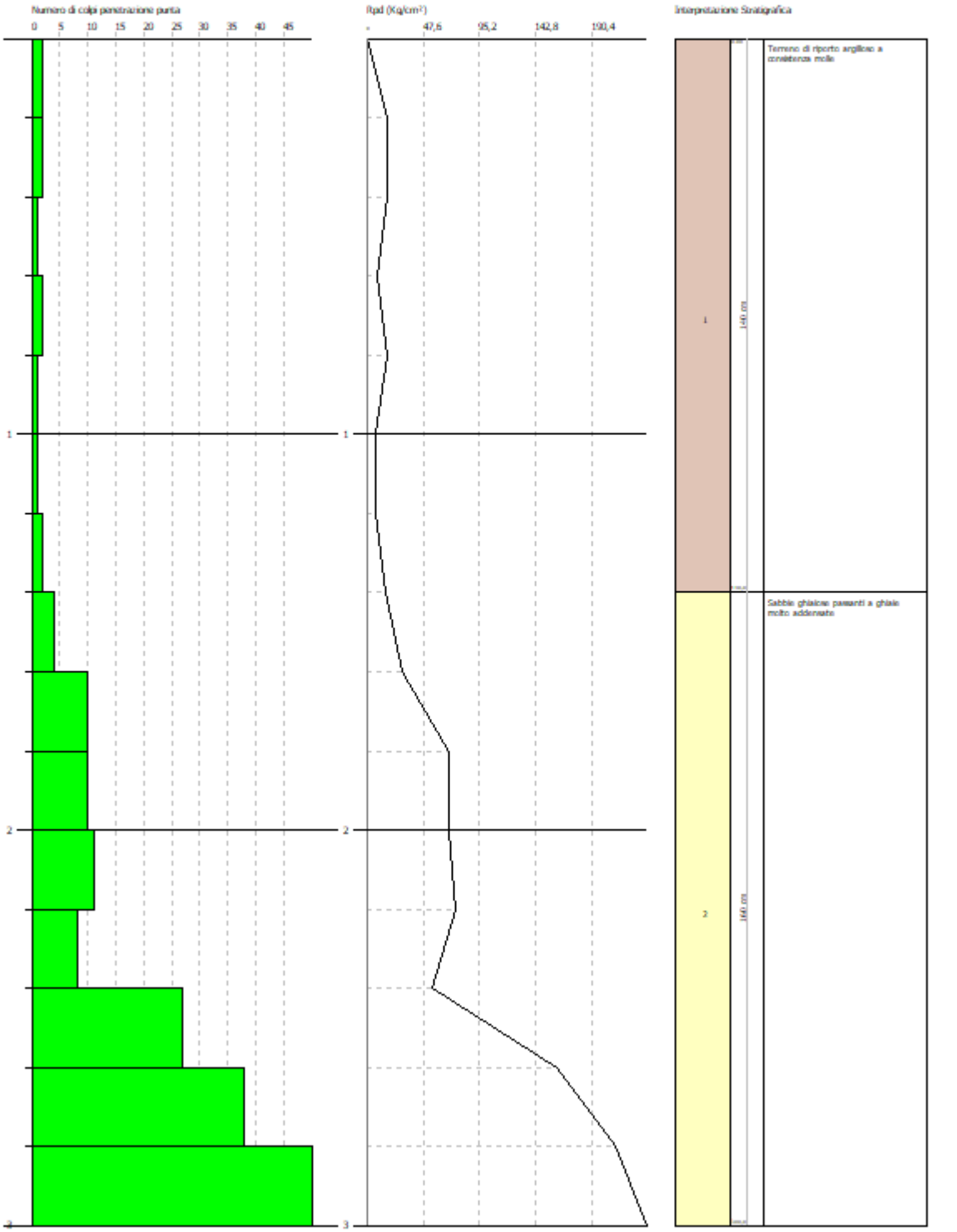
Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti
DPR 380/01 Art. 59 Circolare 7619/STC del 08/09/2010
Concessione per l'esecuzione e certificazione di indagini geognostiche prelievo di campioni e prove in situ
Decreto n° ..... del .....e n° .....del.....

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato.... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: Comune di Montone
Cantiere: Mpliamentto scuola prima infanzia
Località: Montone

Data: 03/04/2023

Scala 1:14



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

GEOSTRU SOFTWARE SRL
VIA LUNGOMARE
89032 BIANCO RC ITALY
www.geostru.com

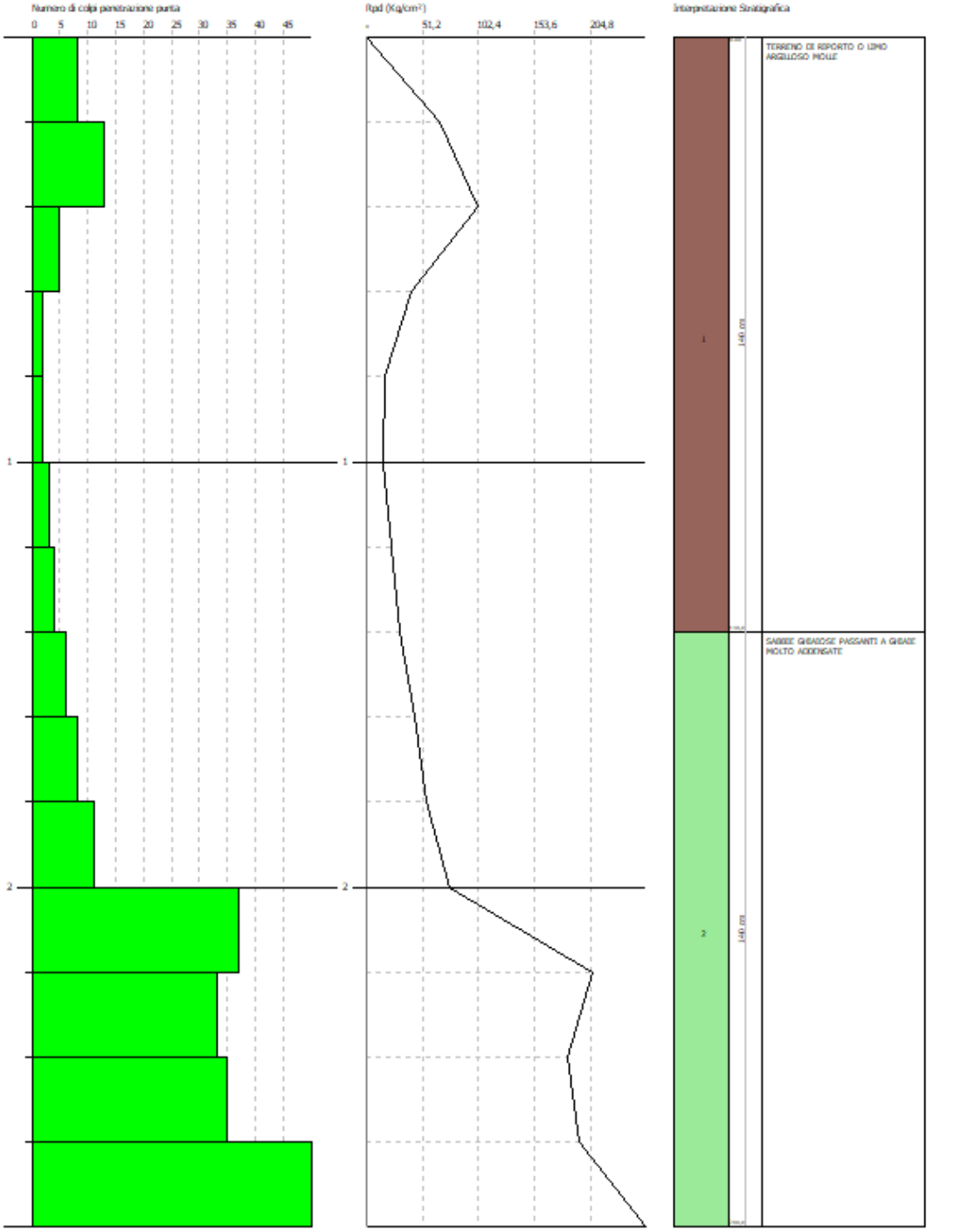
Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti
DPR 380/01 Art. 59 Circolare 7618/STC del 08/09/2010
Concessione per l'esecuzione e certificazione di indagini geognostiche prelievo di campioni e prove in situ
Decreto n° ..... del .....e n° .....del.....

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3
Strumento utilizzato.... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: Comune di Montone
Cantiere: Mpliamentto scuola prima infanzia
Località: Montone

Data: 04/04/2023

Scala 1:13



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

GEOSTRU SOFTWARE SRL
VIA LUNGOMARE
89032 BIANCO RC ITALY
www.geostru.com

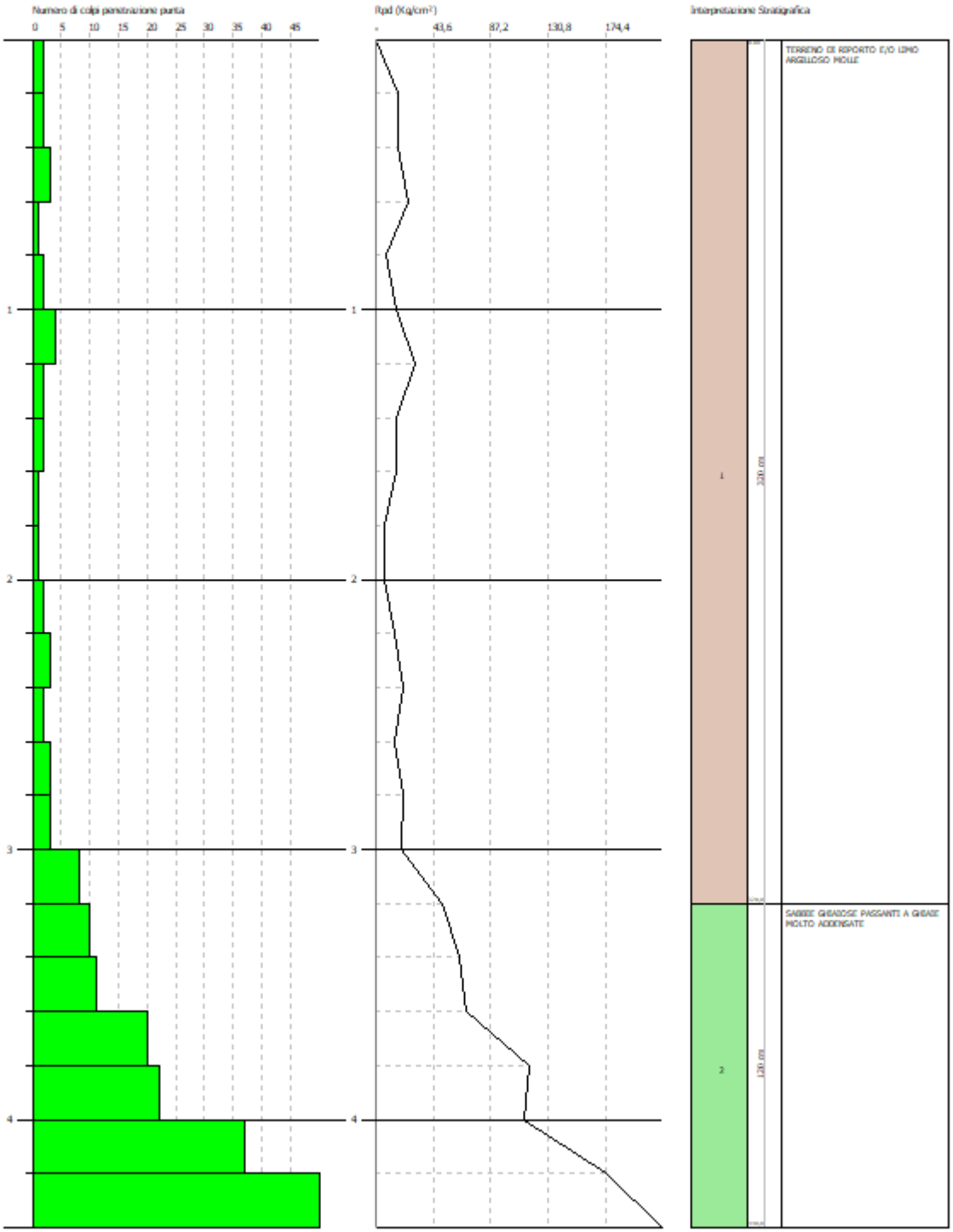
Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti
DPR 380/01 Art. 59 Circolare 7619/STC del 08/09/2010
Concessione per l'esecuzione e certificazione di indagini geognostiche prelievo di campioni e prove in situ
Decreto n° ..... del .....e n° .....del.....

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.4
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: Comune di Montone
Cantiere: Mpliamentto scuola prima infanzia
Località: Montone

Data: 04/04/2023

Scala 1:21



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

PROSPEZIONE SISMICA

COMMITTENTE: Dott. Geol. Francesco Duranti

SITO D'INDAGINE: Loc. Montone – Comune di Montone

Città di Castello, aprile 2011

Lo sperimentatore

Geol. Alessandro Ricciardi

PREMESSA

La presente relazione riporta le elaborazioni ottenute dall'esecuzione di un profilo sismico con metodologia MASW e REMI, effettuato, in data 09/04/2011 su incarico della Dott.re Francesco Duranti in Loc. Montone Capoluogo (Comune di Montone(PG)).

Foto aerea con traccia dello stendimento

INDAGINE GEOFISICA REMI- GENERALITA'

Tale metodologie di indagine sismica permette, tramite l'acquisizione di registrazioni multicanale delle onde superficiali di Rayleigh generata da sorgenti attive (MASW) e passive (REMI), di ottenere, qualora vengano rispettate le condizioni di applicabilità delle metodica d'indagine stessa e sulla base di specifici valori di taratura, un profilo monodimensionale delle Vs in funzione della profondità di buona qualità. A tal proposito si invita la committenza a valutare l'attendibilità del modello interpretativo proposto nel presente elaborato in riferimento a dati litostratigrafici e litotecnici in proprio possesso.
L'intero processo può sinteticamente essere distinto in tre fasi fondamentali:

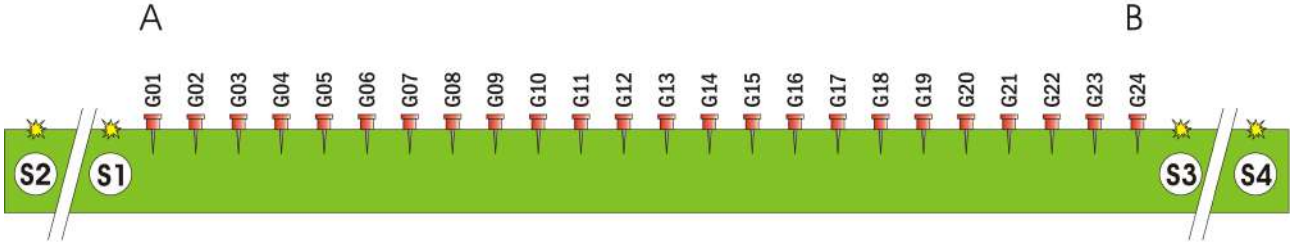
1. acquisizione dei dati di campo delle onde superficiali ("ground roll") mediante idonea strumentazione sismica;
2. costruzione di una curva di dispersione (grafico velocità di fase-frequenze)
3. inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (grafico Vs –profondità)

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione sperimentale come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura dei minimi quadrati.

METODOLOGIA DI ACQUISIZIONE DEL SEGNALE

L'acquisizione di campagna è stata eseguita mediante l'utilizzo di sismografo DoReMi a 16 bit (vedi caratteristiche costruttive riportate alla fine del presente elaborato). Sono stati utilizzati 24 canali connessi ad

altrettanti geofoni verticali da 4.5 Hz disposti su di uno stendimento di 34.5 m (distanza intergeofonica di 1.5 m) secondo il seguente schema



Lunghezza stendimento geofonico da A –B (da G1 a G12)	34.5 m
Distanza intergeofonica	1.5 m
Energizzazione S1 (distanza da A (G1))	3 m
Energizzazione S2 (distanza da A (G1))	6 m
Energizzazione S3 (distanza da B (G12))	3 m
Energizzazione S4 (distanza da B (G12))	6 m

Tabella di sintesi inerente la geometria dello stendimento con il quale è stata fatta l'acquisizione MASW

La durata della registrazione per le MASW è stata imposta pari 2s, frequenza 3000Hz e periodo 333µs mentre per le REMI sono state fatte più registrazione per una durata di 30s ciascuna con frequenza di 1000Hz e periodo 1 ms. La registrazione per il dato MASW e REMI è stata fatta sullo stesso stendimento.
L'energizzazione, relativa alla metodica MASW, è stata prodotta per mezzo di una massa battente di 10 Kg ed è risultata sufficiente allo scopo.
Per ciascun punto di energizzazione sono state fatte più battute (>5) con lo scopo di ottenere, con opportuna operazione di stacking, un unico segnale contraddistinto da un più alto rapporto segnale-rumore. In particolare il segnale utilizzato per l'interpretazione riportata nel seguente elaborato, è stato quello riferibile al punto di energizzazione S1, per la cui posizione si rimanda alla tabella sopra riportata, in quanto ritenuto meno assoggettato a rumore di fondo. Va altresì aggiunto che l'interpretazione dei segnali riferibili alla sorgenti S1 ha fornito un profilo di Vs del tutto comparabile, a quello riferibile alla sorgente S2, S3 e S4.
Nel presente elaborato, in relazione al modello interpretativo Vs-z proposto dallo scrivente riportato negli allegati grafici, è stata valutata, tra l'altro, la velocità equivalente relativa ai primi 30 m a partire da p.c. risultata pari a

$$\mathbf{Vs_{eq} = 400\ m/s}$$

Relativamente allo stendimento eseguito sono stati prodotti in allegato i seguenti elaborati grafici:

- registrazione sismica;
- spettro del segnale nel dominio FK con punti di dispersione;
- curva di dispersione teorica nel dominio della frequenza ottenuta sui massimi dello spettro FK;
- modello interpretativo relativo al profilo di velocità delle onde di taglio con la profondità

CONSIDERAZIONI SULLE CONDIZIONI DI SITO DURANTE LA FASE DI ACQUISIZIONE DEL SEGNALE

Il sito nel quale è stata fatta l'acquisizione del segnale risulta inserito in un contesto morfologico collinare contraddistinto da modeste sorgenti di rumore di natura vibrazionale legate quasi esclusivamente al traffico veicolare ed alle raffiche di vento risultate essere a tratti di notevole entità. Da segnalare inoltre la presenza di una pavimentazione asfaltata ed i numerosi sottosirvizi al di sotto della traccia dello stendimento.

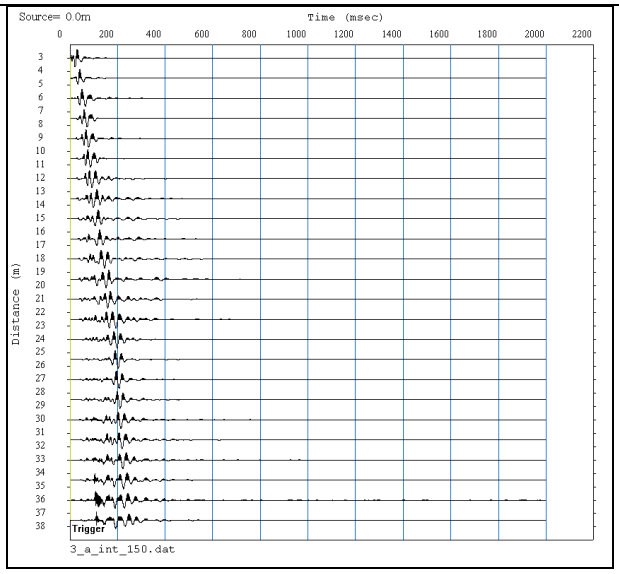
In ogni modo la qualità delle tracce utilizzate per l'interpretazione della metodologia MASW e REMI sono da ritenersi nel complesso di discreta qualità.

Lo sperimentatore

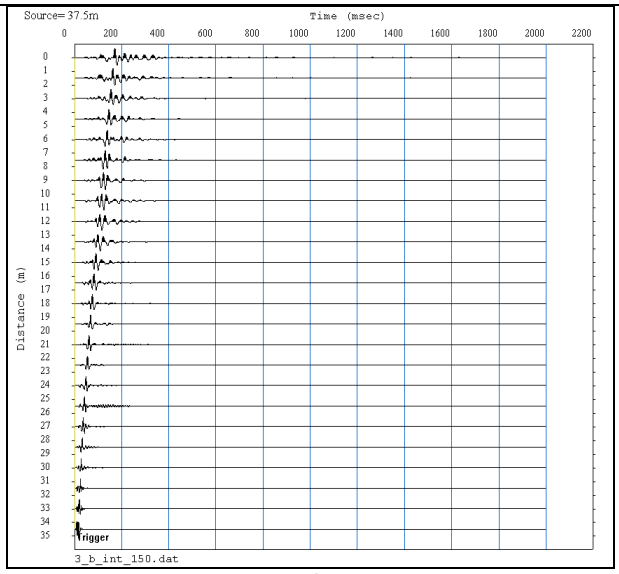
Geol. Alessandro Ricciardi

ALLEGATI GRAFICI

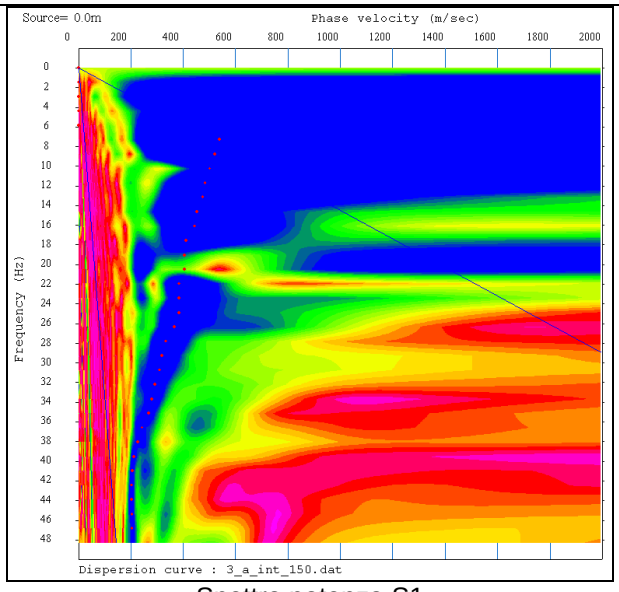
INDAGINE MASW



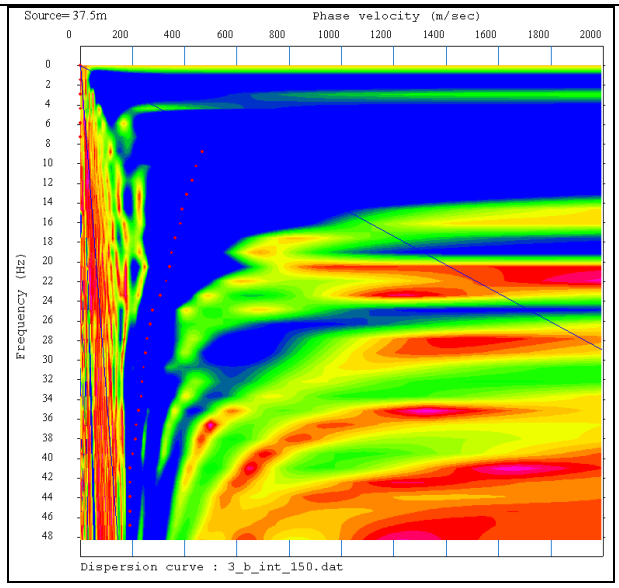
Traccia S1



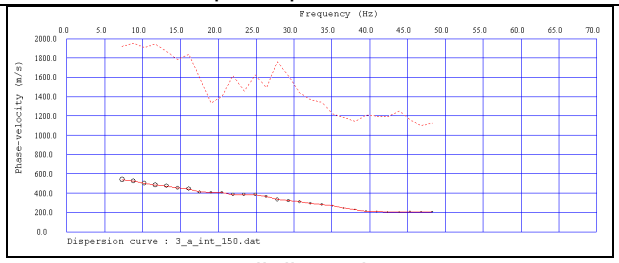
Traccia S3



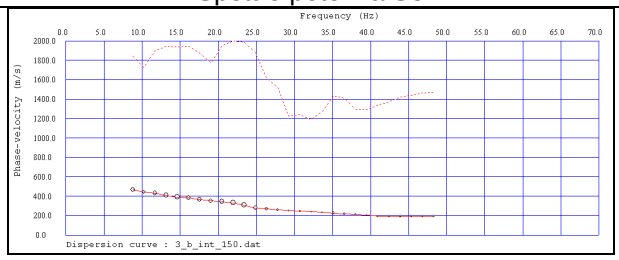
Spettro potenza S1



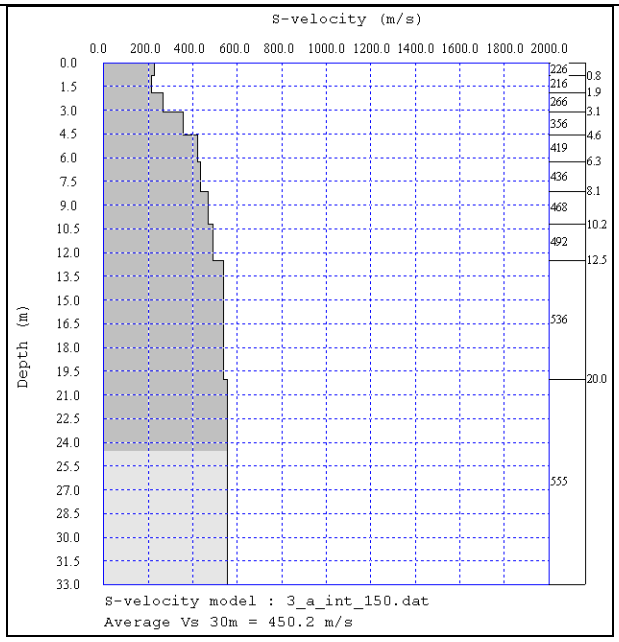
Spettro potenza S3



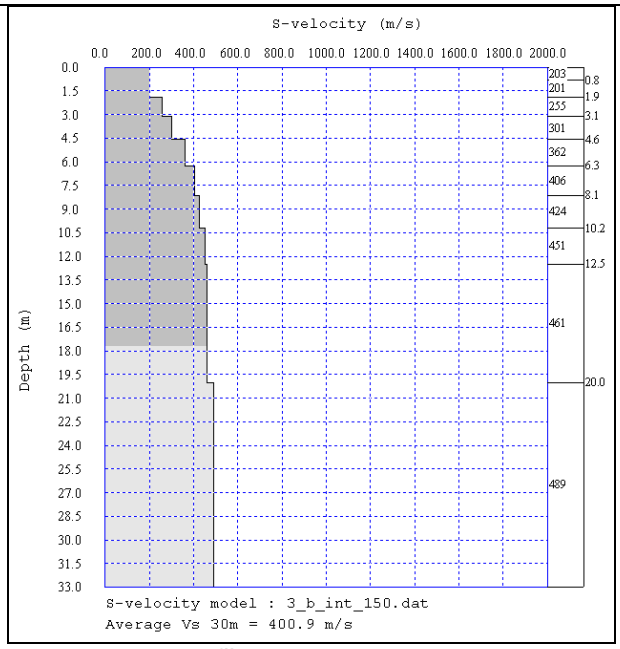
Curva di dispersione S1



Curva di dispersione S3

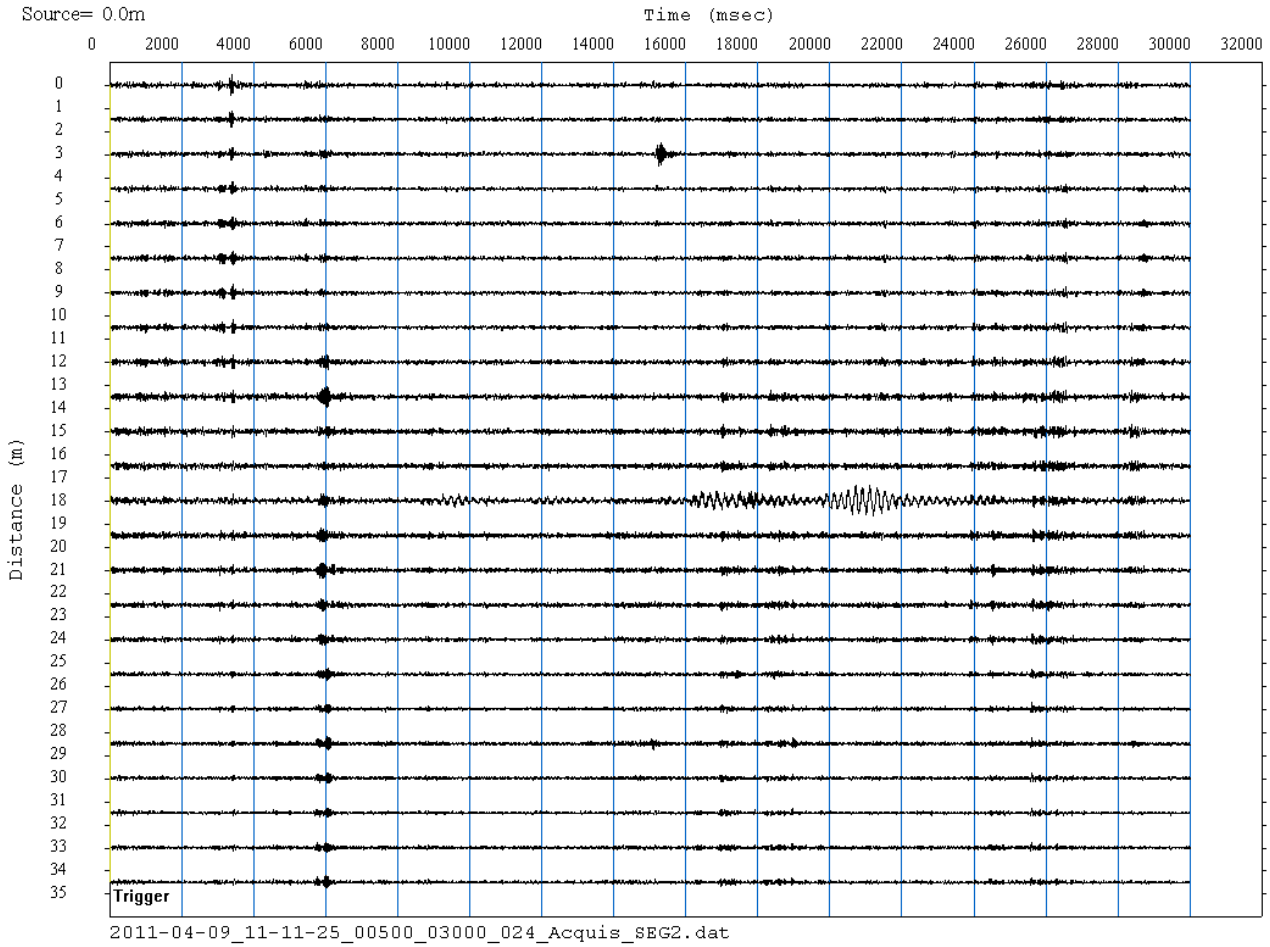


Profilo Vs-z MASW S1

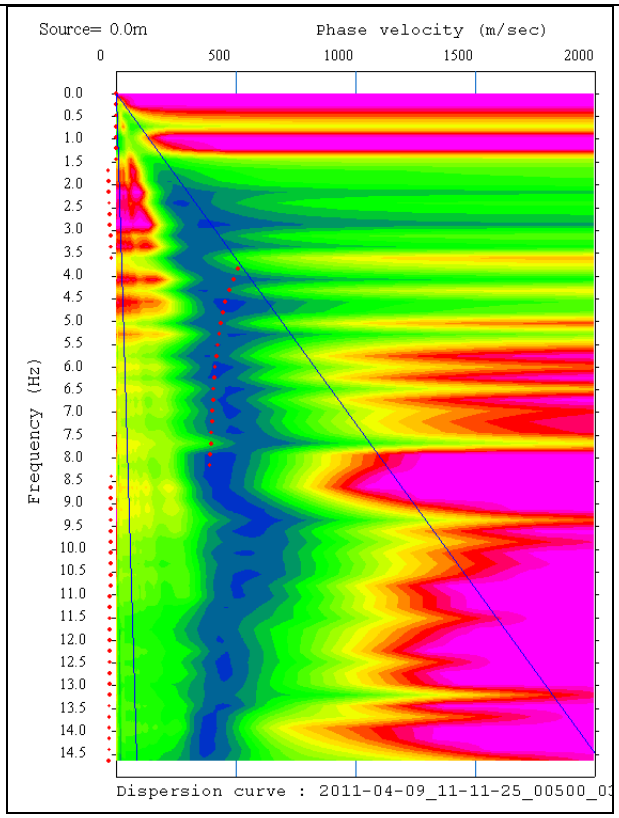


Profilo Vs-z MASW S3

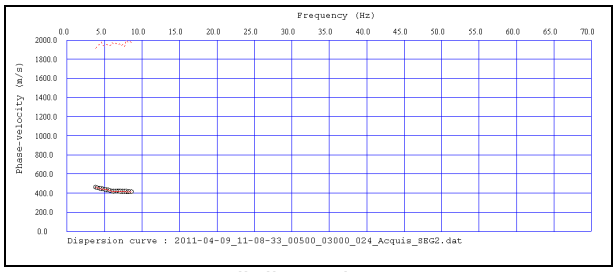
INDAGINE REMI



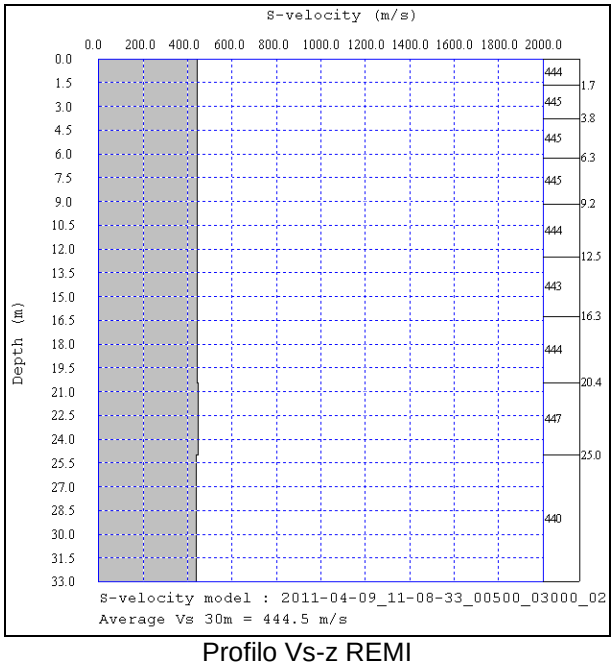
Traccia REMI



Spettro potenza REMI

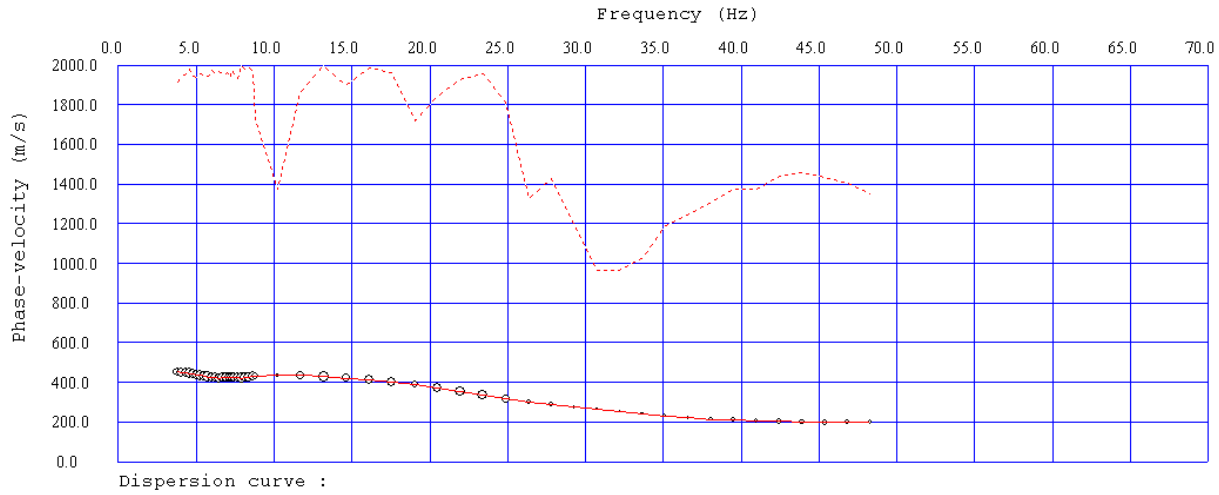


Curva di dispersione REMI

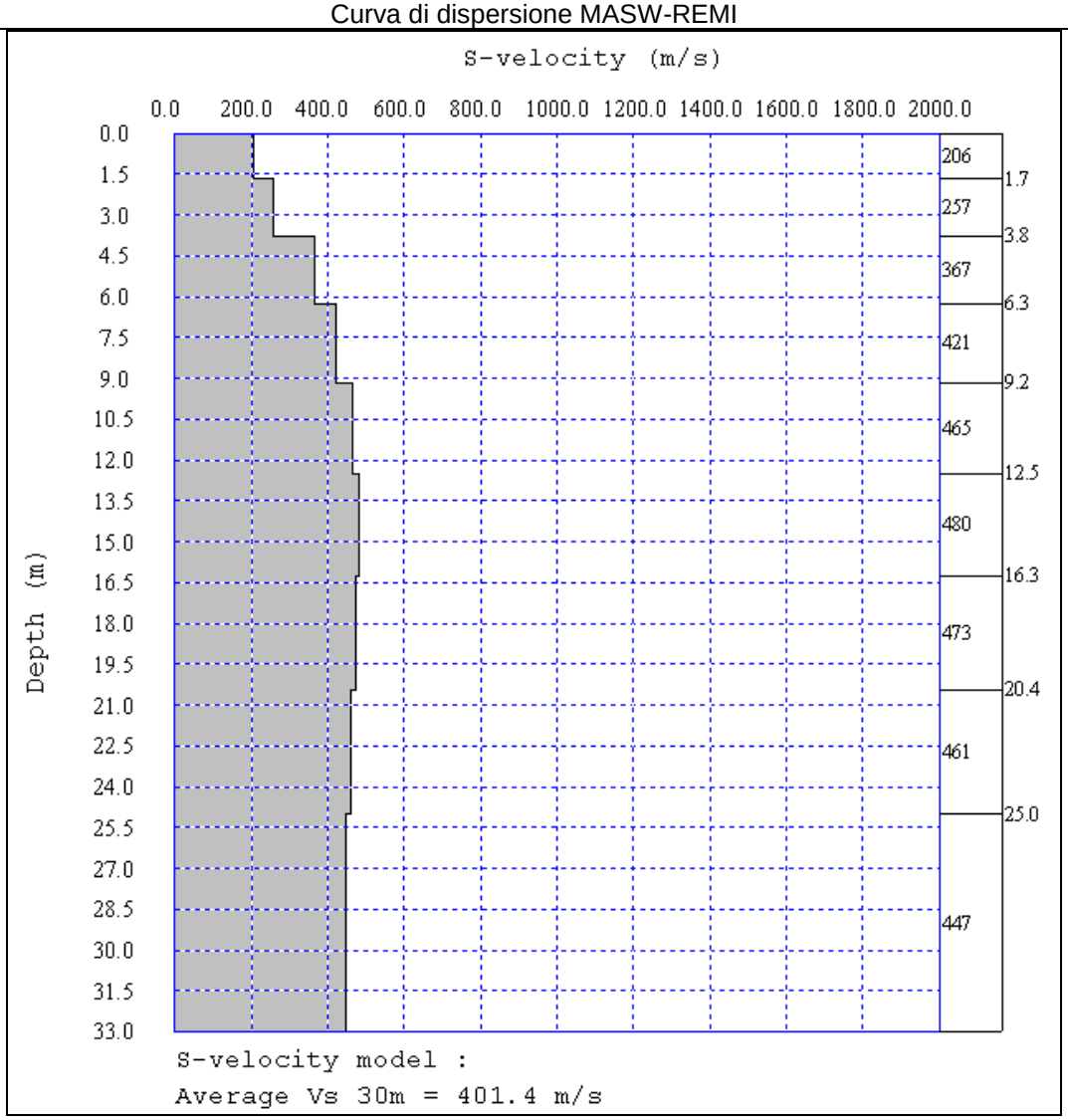


Profilo Vs-z REMI

ANALISI CONGIUNTA (MASW-REMI)



Curva di dispersione MASW-REMI



Modello interpretativo Vs-z

Caratteristiche tecniche – Sismografo DO.RE.MI.

Architettura
Classe strumentale: sismografo multicanale per geofisica
Topologia: rete differenziale RS485 half-duplex multipoint
Lunghezza massima della rete: 1200 metri senza ripetitori (virtualmente illimitata con ripetitori)
Numero massimo di canali per tratta: 255
Dimensioni dell'elemento (esculso il cavo): 80x55x18 mm
Peso: 250 g (un elemento con lunghezza cavo 5 metri)
Cavo: 4 conduttori, 2 coppie ritorte, robotico resistente a torsioni, flesso-torsioni, abrasioni ed agenti chimici

Campionamento
Memoria: 64 kByte (>30000 campioni)
Frequenze in *Hz*: 200,300,400,500,800,1000,2000,3000,4000, 8000,10000,20000
pari ad intervalli in *ms* di: 5, 3.33, 2.5, 2, 1,25, 1, 0.5, 0.33, 0.25, 0.125, 0.1, 0.05
Esempi di utilizzo della memoria: ReMi: 500Hz, t-max 60 secondi
MASW: 4000Hz, t-max 7.5 secondi
Riflessione: 20000Hz, t-max 1.5 secondi

Dinamica del sistema
Risoluzione con guadagno 10x: 7.600 µV
Risoluzione con guadagno 1000x: 0.076 µV
Dinamica di base: 96dB (16 bit)
Dinamica massima del preamplificatore: 80dB
Signal to Noise Ratio RMS fra 0.5 e 30Hz: >90dB
Full range a 10x: 0.5V p-p
Risoluzione RMS a 1000x e 4000SPS: 0.0000002V p-p
Dinamica totale teorica: 155dB
Dinamica totale senza postprocessing: > **127dB (a qualsiasi frequenza di campionamento)**
Dinamica totale in postprocessing: >140dB

Alimentazione
Tensione di alimentazione: 10-15VdC
Consumo:
- Unità di testa: 20mA
- Per Canale: 40mA
- Consumo totale 12 canali: 510mA

Convertitore A/D
Tipologia: SAR
Risoluzione: 16 bit
Dinamica: 96 dB

Pramplificatore
Tipologia: ultra-low noise con ingresso differenziale
Filtri: 3Hz passa alto 1 polo, 200Hz passa basso 4 poli
Guadagni: da 10x a 8000x
Reiezione di modo comune: >80dB
Diafonia (crosstalk): non applicabile (elementi singoli a trasmissione digitale)
Impedenza d'ingresso: >100kΩ

Geofoni
Verticali da 4.5 Hz
Software
Acquisizione: Do.Re.Mi. della SARA srl; Elaborazione: Modulo SeisImager/SW Analisis of Surface Waves, Geopsy

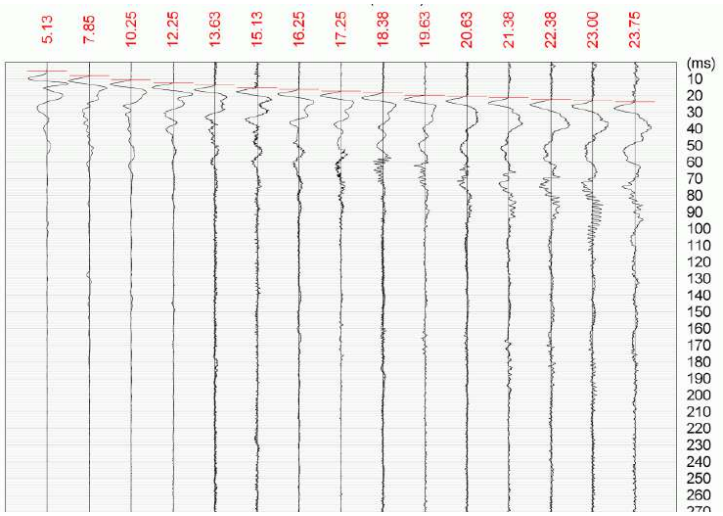
PROSPEZIONI GEOFISICHE – INDAGINI VIBRAZIONALI
STUDIO TECNICO M. ARCALENI

DOWN HOLE, SISMICA A RIFRAZIONE ONDE SH E P, HVSR (NAKAMURA), INDAGINI VIBRAZIONALI SU EDIFICI. VS30

Via P. Togliatti 7 06012 Città di Castello (PG), Tel. 333/6779368 m.arcaleni@libero.it

CARATTERIZZAZIONE SISMICA DI SITO
INDAGINI GEOFISICHE DOWN-HOLE (DH)
LOCALITA': MONTONE (PG) – CENTRO STORICO

Lat. 43.362110 Long. 12.326193 (wgs 84)



ORDINE DEI GEOLOGI DELLA REGIONE UMBRIA
DOTT. GEOLOGO ARCALENI MICHELE
ALBO 273

Via P. Togliatti 7 06012 Città di Castello (PG), Tel. 333/6779368 m.arcaleni@libero.it

Introduzione

Viene effettuata un'indagine Down-Hole nel centro storico di Montone (PG), alle coordinate geografiche riportate in copertina. Lo scopo principale è quello di determinare la velocità di propagazione delle onde di volume, longitudinali (P) e di taglio (S) entro i primi 30 m di profondità e di fornire, in modo qualitativo, i principali parametri geotecnici legati a correlazioni Vp-Vs densità. Le onde S sono state acquisite con la **tecnica dell'inversione di polarità**, al fine di facilitare il processo di interpretazione.

Apparecchiatura utilizzata per l'indagine:

L'apparecchiatura utilizzata è costituita da:
- Sistema sorgente sismica: martello pesante strumentato con accelerometro piezoelettrico));
- Sistema di ricezione: sismografo elettronico Pasi
- Sensore: geofono da foro a tre componenti Geostuff
- sistema di trigger elettronico tramite accelerometro.

DATI TECNICI

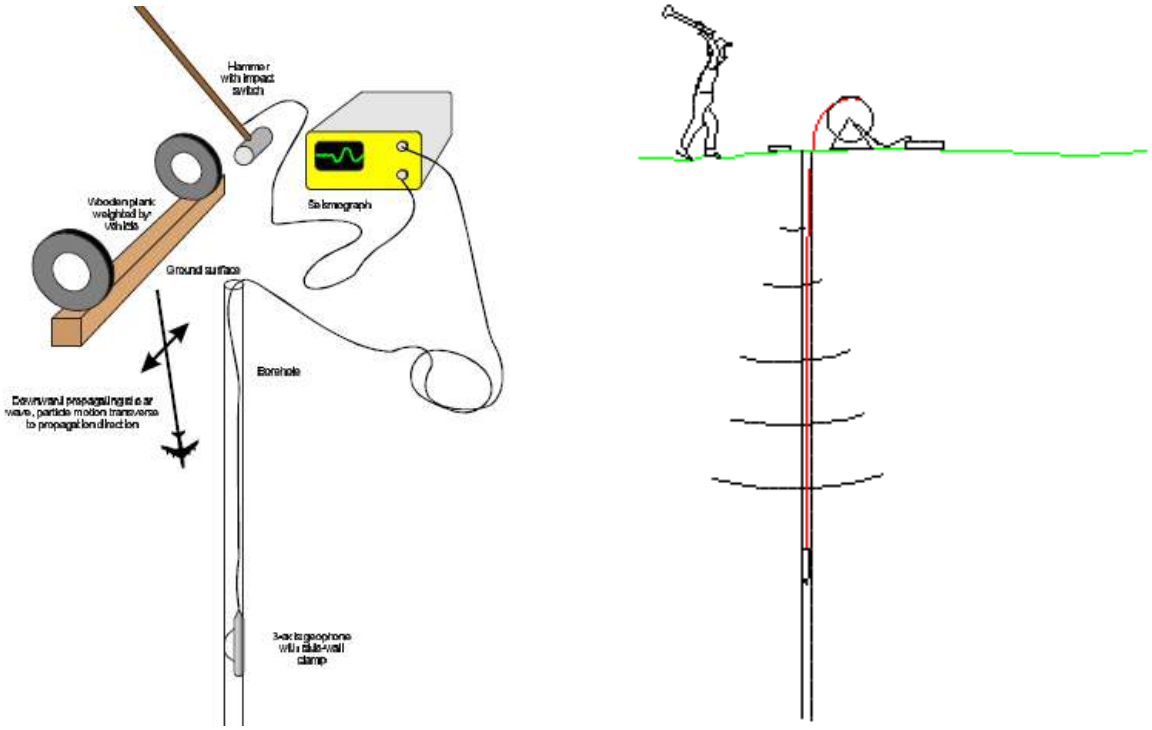
Ambito indagine:	**INDAGINI GEOFISICHE**
Tipo di indagini:	Down Hole dal p.c. fino a -30 m
Località:	Montone (PG) – Centro Storico
Strumentazione:	1) Acquisitore Pasi (dinamica 24 bit, possibilità di acquisizione a 24 canali);
Descrizione prove:	Acquisizione sia in onde P che in onde SH (con inversione di polarità). Tre letture ogni 2 m. Geofono da foro Geostuff 4.5 Hz a tre componenti.
Data di acquisizione	03 Dicembre 2013

Schema della prova

L'esecuzione della prova è stata preceduta dalla preparazione delle piazzole per l'energizzazione in onde P ed in onde SH.
Per l'energizzazione in onde P, è stata posizionata una piastra metallica a distanza nota (2.0 m) dal centro del foro. Tale piastra è stata percossa, con impatto verticale, utilizzando un martello pesante strumentato. Per la generazione di onde S, è stata appoggiata (e non ancorata) una trave a 2.0 m dal centro del foro, diretta ortogonalmente ad uno dei raggi uscenti dal foro. Tale trave è stata percossa con martello pesante, prima su un estremità e poi sull'estremità opposta. In fase di analisi i sismogrammi dell'acquisizione "con polarità invertita" sono stati sovrapposti ai primi, in modo tale da facilitare la fase di picking. La trave non è stata ancorata al terreno ma solo appoggiata e tenuta ferma da un carico statico posto sopra la trave stessa (autovettura).

Via P. Togliatti 7 06012 Città di Castello (PG), Tel. 333/6779368 m.arcaleni@libero.it

Il geofono è stato calato ed ancorato all'interno del foro, ad intervalli di profondità di due metri e, ad ogni profondità e sono state registrate le onde sismiche prodotte dalle energizzazioni sia in onde P che in onde S. Conoscendo la distanza tra i sistemi di energizzazione ed il foro, la profondità del geofono triassiale ed i tempi impiegati dalle onde sismiche, sono state ricavate le velocità delle onde sismiche P ed S. Viene fornito il calcolo del parametro VsH oltre alle velocità P ed S. In base all'attribuzione indiretta della densità sono stati forniti alcuni parametri geotecnici legati a correlazioni empiriche Vp-Vs-densità. La campagna di indagini è stata effettuata il giorno 03 Dicembre 2013. Il rapporto segnale/rumore di fondo viene ritenuto soddisfacente per una corretta interpretazione dei sismogrammi



Schema della prova in onde S ed in onde P. Viene applicata la tecnica dell'inversione di polarità in onde S per agevolare il processo di interpretazione e quindi la trave è stata percossa sia su un'estremità che sull'altra.

Via P. Togliatti 7 06012 Città di Castello (PG), Tel. 333/6779368 m.arcaleni@libero.it

SISMOGRAFO UTILIZZATO

Funzioni principali:

• Attivazione filtri: in acquisizione o post-acquisizione
• Filtri antialiasing: attivi, LPF, 6°ordine Butterworth; pend.asint.-36dB/oct (-120dB/dec); accuratezza. ±1% freq.di taglio
• Start acquisizione: con trigger esterno o comando software (ASAP)
• Trigger: hammer o geofono starter (7 livelli di sensibilità selezionabili via software); inibizione impulsi dovuti a rimbalzi; segnalazione di accettazione impulso
• Guadagni: tutti selezionabili via software
• Enhancement con/senza preview totale/parziale
• Marker per determinare la posizione dei punti video sulla scala dei tempi
• A.G.C. Automatic Gain Control
• Delay: Pre-trigger 0-10ms (step di 1ms); Post-trigger 0-16000ms (step di 1ms)
• Visualizzazione in wiggle-trace o area variabile
• Noise-monitor con visualizzazione “real time” a cascata
• Determinazione risorse disponibili sullo strumento in funzione dello spazio libero su disco
• Trace-size automatica o manuale per ogni canale
• Registrazione automatica delle acquisizioni
• Scaricamento dati a PC via porta seriale tramite software dedicato PCLINK32
• Scaricamento dati a periferiche con collegamento su porta parallela (es. I/Omega ZIP o JAZZ)
• Calibrazioni automatiche : doppia taratura offset, taratura ingressi su tensione di riferimento, taratura guadagno
• Codifica dati in formato SEG-2

CARATTERISTICHE TECNICHE

Processore: Intel
Trattamento dati: Floating Point 32-bit
Ambiente operativo: Windows©
Interfaccia multilingue: Italiano,Inglese,Francese,Spagnolo,etc.
Numero canali: 24
Puntamento: VersaPoint Mouse
Display: VGA a colori in LCD-TFT 10.4"
Supporto di memorizzazione: Hard-Disk 3.2 Gb
Risoluzione di acquisizione: 24bit con sovracampionamento e post-processing
Stampante (opzionale): Seiko DPU-414 thermal printer
Porte dati esterne: RS232, parallela, stampante
Sensore ambiente interno: temperatura
Protezioni termiche: prevenzione e controllo surriscaldamenti interni (warning sul display e blocco)
Compatibilità dati acquisiti: SEG-2
Connettori cavo geofoni: standard NK-27-21C
Alimentazione: 12VDC (batteria esterna su richiesta); allarme di batteria scarica
Temperatura di funzionamento: 0°C ÷ 55°C:
Umidità: 5% ÷ 90%, non condensante
Dimensioni fisiche: 50x40x22cm (valigia antiurto)
Peso: 16 kg

Via P. Togliatti 7 06012 Città di Castello (PG), Tel. 333/6779368 m.arcaleni@libero.it

GEOFONO

Viene utilizzato un geofono da foro a tre componenti (una verticale e due orizzontali ortogonali), con frequenza di risonanza di 4.5 Hz. Il sistema di ancoraggio (clamping) avviene attraverso il controllo di un trasduttore lineare gestito dalla superficie attraverso una centralina) che regola la lunghezza di un arco metallico. Il fissaggio avviene per attrito tra l'arco e la parete verticale del foro.

TRIGGER

Come sistema di trigger per fornire il tempo zero all'acquisitore, viene utilizzato un interruttore piezoelettrico posto in corrispondenza della testa del martello pesante oppure un geofono di start.

LOCALIZZAZIONE DELLA PROVA

Localizzazione della zona di indagine DOWN HOLE (prof. 30 m)

PROSPEZIONI GEOFISICHE – INDAGINI VIBRAZIONALI
STUDIO TECNICO M. ARCALENI

DOWN HOLE, SISMICA A RIFRAZIONE ONDE SH E P, HVSR (NAKAMURA), INDAGINI VIBRAZIONALI SU EDIFICI. VS30

Via P. Togliatti 7 06012 Città di Castello (PG), Tel. 333/6779368 m.arcaleni@libero.it

DISTANZA DELLO SPARO DA BOCCA FORO = 2.00 [m]

PRIMI ARRIVI

N° Geof.	Profondità [m]	Onde P [ms]	Onde S (H) [ms]	Onde P (corretti) [ms]	Onde S (H) (corretti) [ms]
1	2.00	5.13	8.81	3.62	6.23
2	4.00	7.85	15.03	7.02	13.44
3	6.00	10.25	20.38	9.72	19.33
4	8.00	12.25	25.48	11.88	24.72
5	10.00	13.63	30.13	13.36	29.54
6	12.00	15.13	34.38	14.92	33.91
7	14.00	16.25	38.28	16.09	37.90
8	16.00	17.25	42.13	17.12	41.80
9	18.00	18.38	45.13	18.26	44.85
10	20.00	19.63	48.00	19.53	47.76
11	22.00	20.63	51.00	20.54	50.79
12	24.00	21.38	53.88	21.30	53.69
13	26.00	22.38	56.37	22.31	56.19
14	28.00	23.00	58.88	22.94	58.73
15	30.00	23.75	60.75	23.70	60.62

VELOCITA' ONDE P

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]
1	6	596
2	14	1296
3	24	1926
4	30	2610

PARAMETRI ONDE SH

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]	Poisson [-]	Shear [kPa]	Young [kPa]	Bulk [kPa]
1	6	305	0.27	186000.0	472400.0	342300.0
2	14	428	0.41	366300.0	1032900.0	1912700.0
3	24	646	0.41	834600.0	2353500.0	4358300.0
4	30	866	0.41	1499900.0	4229700.0	7832700.0

VELOCITA' MEDIE VS30

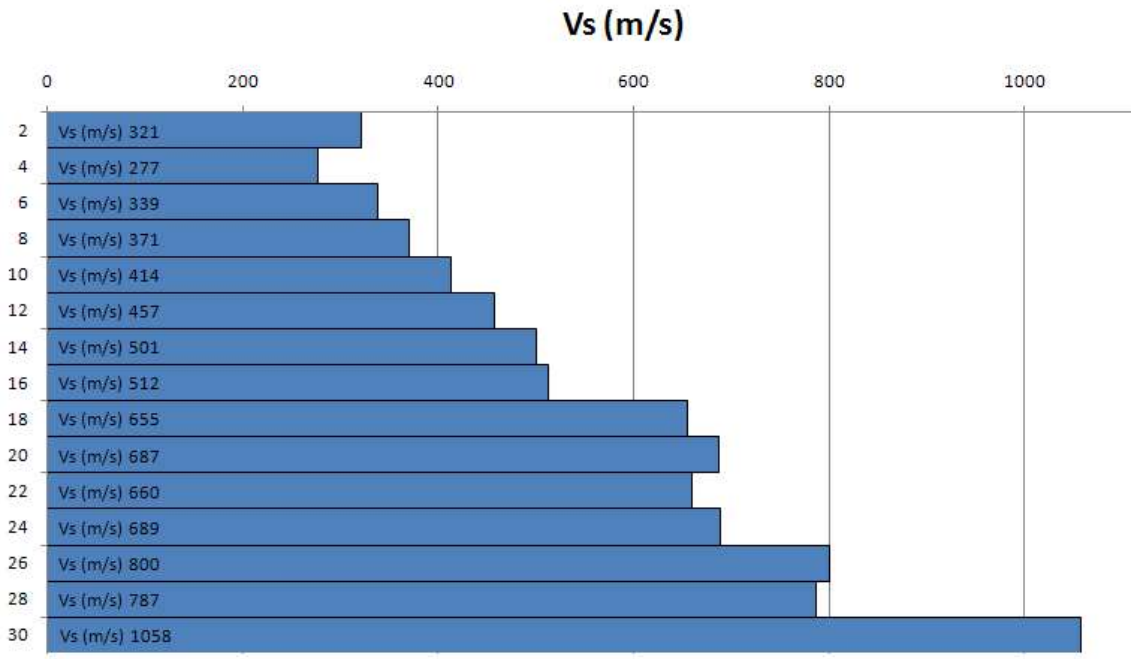
Geofono	VS30 [m/s]
orizzontale SH	493.6

PROSPEZIONI GEOFISICHE – INDAGINI VIBRAZIONALI
STUDIO TECNICO M. ARCALENI

DOWN HOLE, SISMICA A RIFRAZIONE ONDE SH E P, HVSR (NAKAMURA), INDAGINI VIBRAZIONALI SU EDIFICI. VS30

Via P. Togliatti 7 06012 Città di Castello (PG), Tel. 333/6779368 m.arcaleni@libero.it

MODELLO DI VSH OGNI 2 M



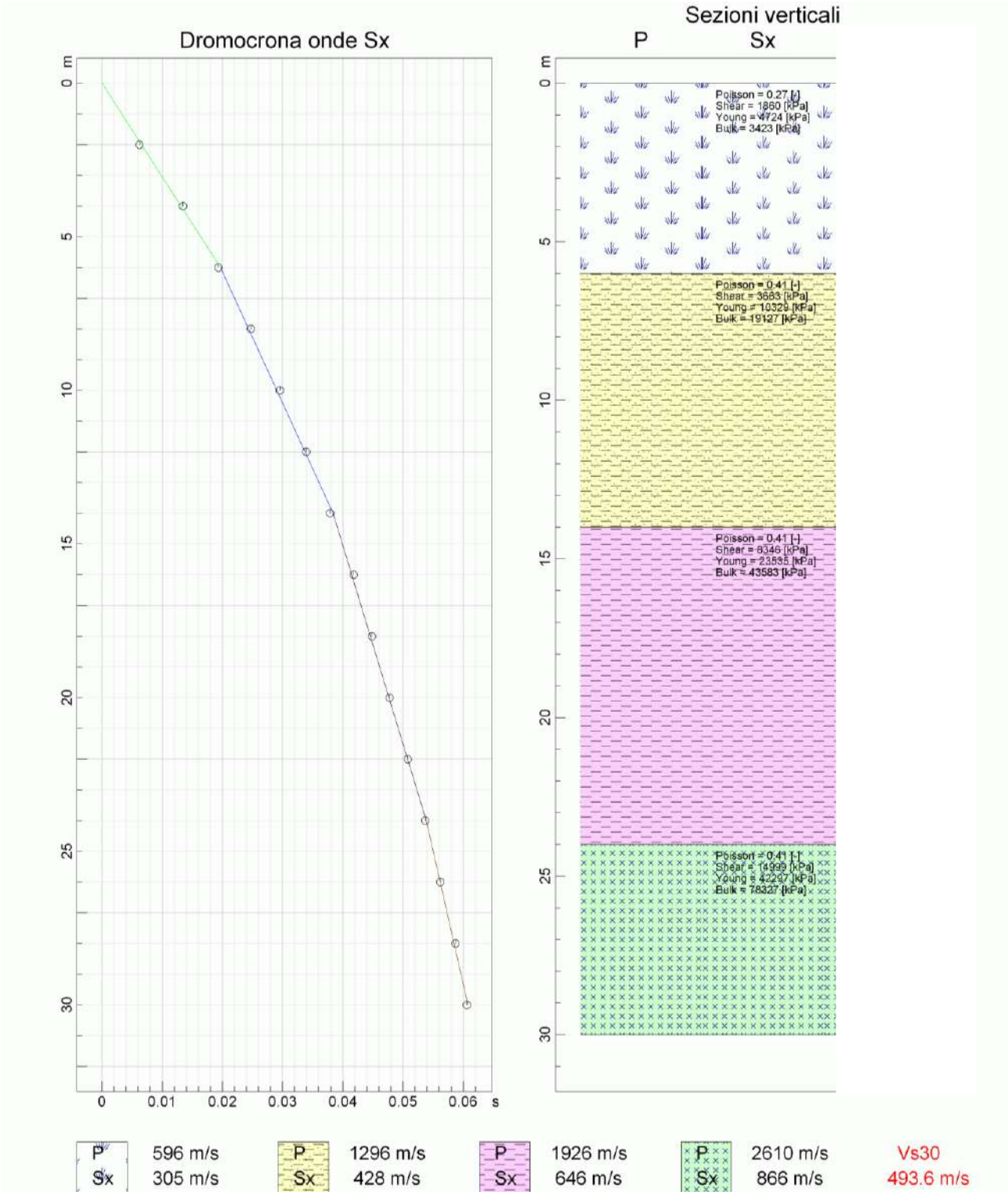
S (m)	t (ms)	v (m/s)
2	6,23	321
4	13,44	277
6	19,33	339
8	24,72	371
10	29,54	414
12	33,91	457
14	37,9	501
16	41,8	512
18	44,85	655
20	47,76	687
22	50,79	660
24	53,69	689
26	56,19	800
28	58,73	787
30	60,62	1058

PROSPEZIONI GEOFISICHE – INDAGINI VIBRAZIONALI
STUDIO TECNICO M. ARCALENI

DOWN HOLE, SISMICA A RIFRAZIONE ONDE SH E P, HVSR (NAKAMURA), INDAGINI VIBRAZIONALI SU EDIFICI. VS30

Via P. Togliatti 7 06012 Città di Castello (PG), Tel. 333/6779368 m.arcaleni@libero.it

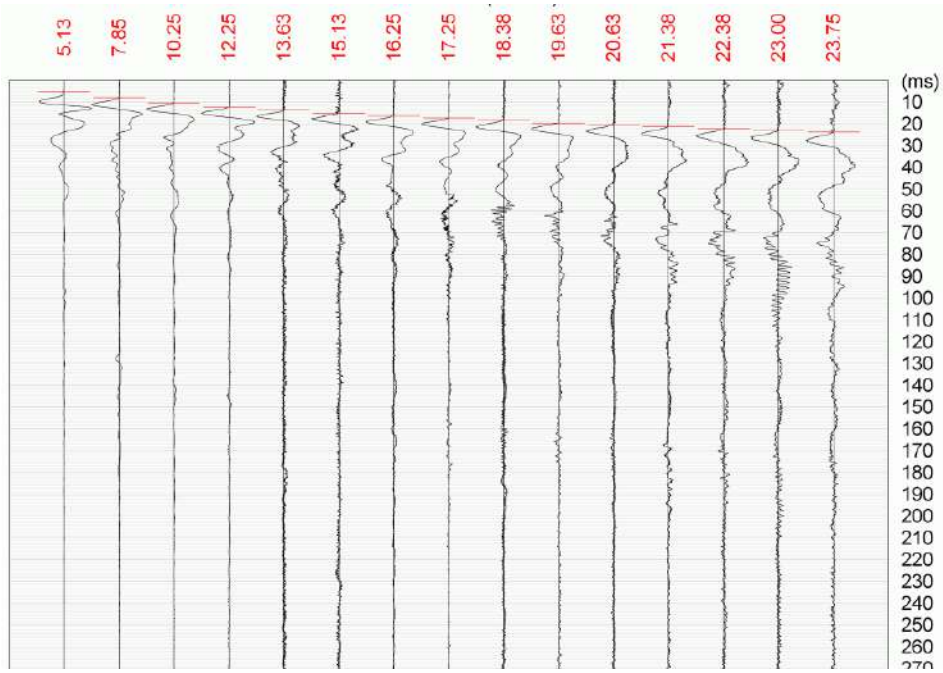
RAPPRESENTAZIONE PER RIFRATTORI PRINCIPALI



Via P. Togliatti 7 06012 Città di Castello (PG), Tel. 333/6779368 m.arcaleni@libero.it

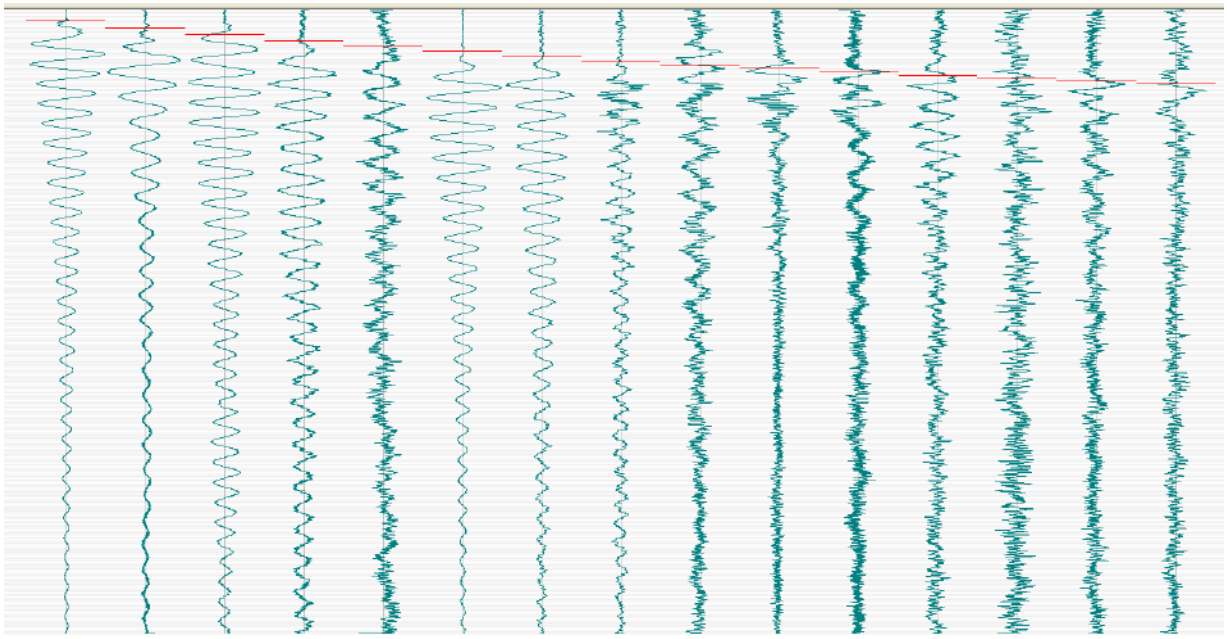
SISMOGRAMMI

Sismogrammi onde P

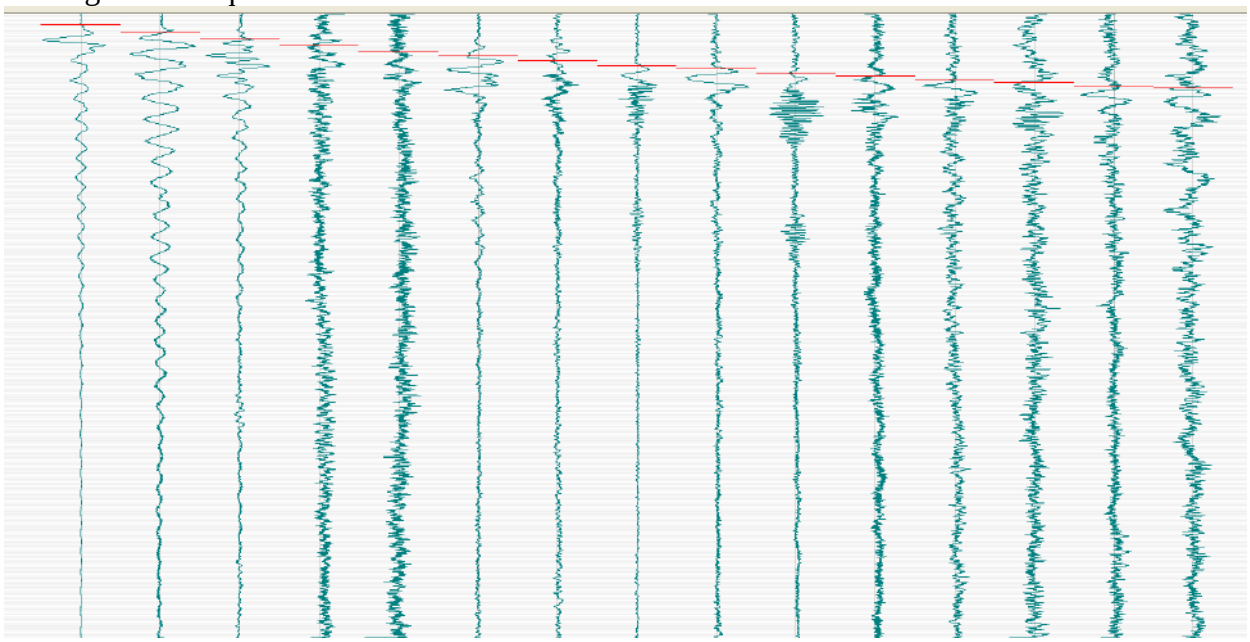


Via P. Togliatti 7 06012 Città di Castello (PG), Tel. 333/6779368 m.arcaleni@libero.it

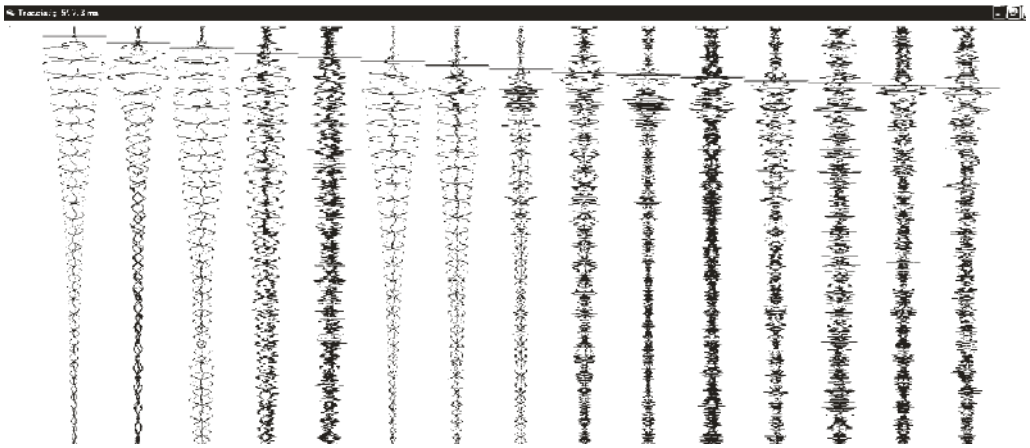
Sismogrammi acquisizione S destra



Sismogrammi acquisizione S sinistra



Via P. Togliatti 7 06012 Città di Castello (PG), Tel. 333/6779368 m.arcaleni@libero.it



Sovrapposizione sismogrammi

CALCOLO PARAMETRO VSH PER MICROZONAZIONE SISMICA

vs	spessore	h/vs	H substrato	VsH
321	2	0,006231	24	446,557
277	2	0,00722		
339	2	0,0059		
371	2	0,005391		
414	2	0,004831		
457	2	0,004376		
501	2	0,003992		
512	2	0,003906		
655	2	0,003053		
687	2	0,002911		
660	2	0,00303		
689	2	0,002903		
	OLTRE			
800	24			

Dati riassuntivi: H = 24 m;
VsH = 446.6 m/s

CONCLUSIONE

Le velocità delle onde sismiche Sh crescono gradualmente con la profondità senza presentare importanti inversioni. Si registrano velocità associabili a bedrock sismico (Vs>800 m/s) oltre i 24 m di profondità.

PROSPEZIONI GEOFISICHE – INDAGINI VIBRAZIONALI
STUDIO TECNICO M. ARCALENI

DOWN HOLE, SISMICA A RIFRAZIONE ONDE SH E P, HVSR (NAKAMURA), INDAGINI VIBRAZIONALI SU EDIFICI. VS30

Via P. Togliatti 7 06012 Città di Castello (PG), Tel. 333/6779368 m.arcaleni@libero.it

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

COMUNE DI MONTONE

REALIZZAZIONE NUOVO POLO PER L'INFANZIA (FINANZIATO DALL'UNIONE EUROPEA – NEXT GENERATION EU -APPALTO PNRR M4C1 - INV1.1. CUP: G38H22000070006

RISPOSTA SISMICA LOCALE

Montone 05-04-2023

ORDINE DEI GEOLOGI
GEOLOGO
FRANCESCO DURANTI
ALBO
82
DELLA REGIONE UMBRIA

GEOSTUDIO-GEOLOGIA APPLICATA E GEOTECNICA
Dott.Geol. Francesco Duranti-P.iva 01742400540-C.F. DRNFNC62H19G618M
Via G.Marconi, 96 – Pietralunga – tel.075/9460744

INDICE

1. PREMESSA 2
2. UBICAZIONE DEL SITO 3
3. DATI DI RIFERIMENTO 4
4. CENNI SUL IMPOSTAZIONE DI CALCOLO DELL'AMPLIFICAZIONE LOCALE 4
5. ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE 5
5.1 *Metodo di calcolo adottato e descrizione del Codice di calcolo* 6
5.2 *Procedura di Analisi* 7
5.3 Determinazione degli input sismici: codice di calcolo REXELITE *7*
5.4 Parametri di ricerca *10*
5.5 Accelerogrammi spettrocompatibili estratti *11*
5.6 Sismostratigrafia di sito *22*
6. CURVE DI DECADIMENTO DEI TERRENI *23*
7. RISULTATI RSL 24
7.1 STATI LIMITE SLO – SLD – SLV 24
8. CONCLUSIONI 30
9. BIBLIOGRAFIA 75

1. PREMESSA

La seguente Analisi di Risposta Sismica Locale, commissionata dal Comune di Montone, è stata redatta in riferimento alle specifiche del DM 17.01.2018 (§ 7.11.3) e riguarda il Servizio di Indagini Preliminari a supporto della Progettazione definitiva del Progetto di ampliamento Scuola Per l'Infanzia di Montone capoluogo.

La necessità di effettuare un'analisi specifica della risposta sismica locale deriva dalla tipologia e classe d'uso della struttura di progetto, per la quale non è prevista l'applicazione automatica dello spettro di Normativa, bensì un confronto fra questi modelli e lo spettro derivante da un calcolo di Risposta Sismica Locale.

La struttura in progetto è infatti definita in "Classe d'uso III, in riferimento alla sottostante tabella del § 2.4.2 del NTC2018.

Classe I:	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
Classe II:	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
Classe III:	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
Classe IV:	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

e come indicato dal progettista, in riferimento alla tabellazione 2.4.I del § 2.4.1 del NTC2018, il tipo di costruzione è: "tipo 2"

	TIPI DI COSTRUZIONI	Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

e con Coefficiente d'uso C_u = 1,5, in riferimento alla tabellazione 2.4.II del § 2.4.3 del NTC2018

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

Tale analisi di Risposta Sismica Locale è stata condotta attraverso la preliminare definizione del modello sismo-stratigrafico del terreno, modellato sulla base dei risultati delle indagini geofisiche e geognostiche pregresse e stratigrafiche (eseguite in sito).
Inoltre dati di letteratura acquisiti su terreni simili, disponibili in un ristretto intorno del sito, hanno consentito di validare il modello di verifica e di definire lo scenario di risposta sismica di sito.
E' stata quindi sviluppata attraverso l'impiego del codice di calcolo STRATA, applicato al modello di verifica ed utilizzando quale moto di input, accelerogrammi di eventi reali la cui funzione media nel dominio delle frequenze risulta spettro compatibile con lo scuotimento al sito, definito dalla pericolosità su suolo rigido, calcolata al punto di intervento sulle mappe interattive consultabili in rete presso il sito INGV e descritta dal valore dell'accelerazione al suolo con la probabilità di superamento per la strategia di progettazione adottata.

2. UBICAZIONE DEL SITO

Il sito in esame si trova in Montone-Centro, precisamente a circa 466 m. di altitudine.

Figura 1. Ubicazione del sito in oggetto (da Edilus-MS).

Le coordinate geografiche del sito in esame sono:

WGS84		ED 50	
Longitudine Est	12.32545756	Longitudine Est	12.326253
Latitudine Nord	43.36197764	Latitudine Nord	43.363716

3. DATI DI RIFERIMENTO

Per ottenere dati circa il modello sismostratigrafico del terreno sul quale giace Scuola materna di Montone, è stato utilizzato un modello sismo-stratigrafico di riferimento, derivanti dalle indagini pregresse condotte nell'area di studio in occasione di lavori precedenti e considerati anche nello Studio di Microzonazione Sismica di III° Livello; si tratta di sondaggi geognostici eseguiti in passato che risultano essere:

- n° 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, spinti fino alla profondità massima di 30 m dal p.c. condizionati per prova Down-Hole

Il dettaglio e i risultati di tali indagini sono riportati nella Relazione Geologica.

4. CENNI SULL' IMPOSTAZIONE DEL CALCOLO DELL'AMPLIFICAZIONE LOCALE

Per illustrare gli aspetti principali del fenomeno della risposta sismica locale si paragoni il moto in corrispondenza di tre siti, indicati con A, B e C nella Figura 6, posti alla stessa distanza dalla sorgente sismica durante lo stesso evento sismico. Si supponga inoltre che il primo sito sia su un semispazio affiorante (per esempio roccia) e il secondo B su un deposito alluvionale posto al di sopra del semi spazio ed il terzo C su di un rilievo.
In corrispondenza della coltre alluvionale si verifica, rispetto al moto sul semi spazio affiorante, una amplificazione del moto in particolari campi di frequenza ed una deamplificazione negli altri campi. Analogamente sul rilievo in C si verificheranno focalizzazioni oppure diradazioni di onde per effetto della forma del rilievo e della direzione di incidenza delle onde.

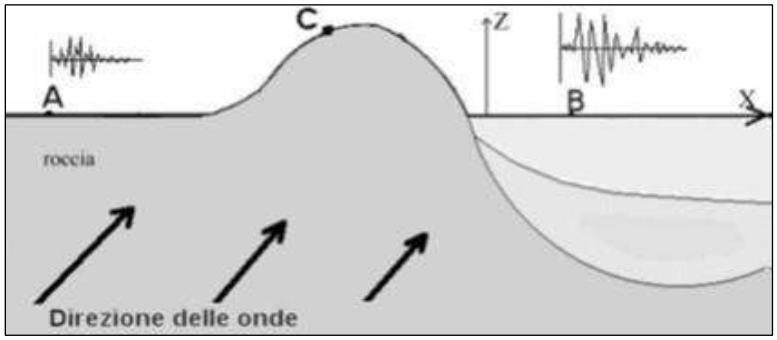


Figura 2. Schema della propagazione delle onde dalla sorgente e delle differenti condizioni locali.

In letteratura si parla di effetti stratigrafici o monodimensionali nel caso in cui le modifiche che il moto sismico subisce nel propagarsi in direzione prevalentemente verticale verso la superficie dal sottostante basamento roccioso siano essenzialmente attribuibili a fenomeni di filtraggio. L'amplificazione delle onde sismiche dipende, in questo caso dalla stratigrafia del sottosuolo, dalle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni e del contenuto in frequenza del moto sismico.

Il termine "effetti di bacino" è utilizzato quando le onde incidenti incontrano una valle alluvionale; in tal caso ai fenomeni sopra descritti si sovrappongono quelli dovuti al manifestarsi di fenomeni complessi di interazione tra le onde, che possono sommarsi o elidersi a vicenda, e generazione di onde superficiali. Spesso ai bordi della valle si verificano maggiori amplificazioni, dette: "effetti di bordo". Con "effetti topografici" si intendono le modifiche delle caratteristiche del moto sismico causate essenzialmente da fenomeni di focalizzazione delle onde sismiche per effetto della particolare geometria della superficie (per es. la cresta di un rilievo o un canyon) e sono molto influenzati dalla lunghezza d'onda del moto incidente e dalla direzione di incidenza.

Lo scopo delle analisi di amplificazione sismica locale è quello di determinare il moto in B oppure in C una volta noto il moto nel sito di riferimento A. Tale moto di riferimento è in genere determinabile in via statistica (analisi di pericolosità) o deterministica dallo studio del meccanismo di rottura della sorgente nell'ipotesi che tra la sorgente stessa ed il sito in esame il mezzo sia omogeneo ed isotropo. Come è facile immaginare le caratteristiche del moto in superficie sono fortemente influenzate, oltre che dalla geometria degli strati e delle loro proprietà meccaniche, anche dalle caratteristiche del moto incidente, cioè dalla direzione di propagazione, dal suo contenuto energetico e dalla direzione del moto delle particelle del terreno.

5. ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

Alla scala della singola opera o del singolo sistema geotecnico, la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.
I passi da seguire nello studio del problema della risposta sismica locale sono:

1. definizione input sismico;
2. stima dell'accelerazione di base;
3. dati di disaggregazione;
4. estrazione, conversione e normalizzazione accelerogrammi di input;
5. analisi di Risposta Sismica Locale;
6. inserimento sismostratigrafia di input (derivata da indagini in sito);
7. esecuzione dell'analisi e restituzione grafica.

Le analisi numeriche che consentono di valutare gli effetti del sito nell'amplificazione delle onde sismiche possono essere distinte in:

- Analisi numeriche monodimensionali;
- Analisi numeriche bidimensionali;
- Analisi numeriche tridimensionali.

Il primo approccio consente di definire una realistica risposta sismica stratigrafica di terreni non affetti da problematiche bidimensionali. Questo approccio è ritenuto la via ufficiale delle NTC 2018 (Cap. 3.2.2) e consente, in determinati casi e mediante il confronto con la relativa categoria di sottosuolo, elementi di risparmio rispetto all'approccio semplificato di normativa, poiché identifica amplificazione per intervalli di periodi solitamente più limitati rispetto a quelli di normativa.
Il secondo approccio è da preferire in quelle situazioni in cui il sottosuolo presenta una geometria variabile in cui, oltre alla profondità, è importante considerare un'altra delle due restanti dimensioni spaziali. Un esempio di situazione che richiede l'utilizzo di modelli bidimensionali è il caso delle aree marginali delle valli alluvionali, in cui alle normali cause di amplificazione del moto sismico si sommano gli effetti di bordo connessi alla geometria del problema.
Il terzo approccio necessita di modelli complessi che richiedono capacità computazionali notevoli; solo recentemente iniziano ad avere una certa diffusione grazie al rapido sviluppo degli strumenti informatici. Il loro utilizzo è principalmente concentrato sulla valutazione delle amplificazioni in

presenza di effetti morfologici, data l'importanza assunta in queste analisi dalla conoscenza precisa e dalla gestione di un modello tridimensionale del terreno.

5.1. METODO DI CALCOLO ADOTTATO E DESCRIZIONE DEL CODICE DI CALCOLO

Il codice di calcolo STRATA usato nella presente relazione, consente di effettuare una modellazione monodimensionale del problema mediante il metodo degli elementi finiti, nel dominio del tempo, in tensioni totali, utilizzando il metodo lineare equivalente e tenendo conto della deformabilità del substrato.
Nel nostro caso la stratigrafia in esame non presenta problematica di carattere bidimensionale, quindi è stato possibile studiare il problema monodimensionale grazie ad una discretizzazione di una striscia unitaria di terreno ed all'applicazione di un sistema di vincoli sul modello FEM tale da consentire solo deformazioni di taglio.

5.2. PROCEDURA DI ANALISI

Il calcolo della Risposta Sismica Locale (RSL) parte dalla definizione degli accelerogrammi di progetto al bedrock. Per la loro determinazione è stato utilizzato il codice di calcolo REXELITE, utilizzabile direttamente dal sito (Italian Accelerometric Archive) dell'INGV.
I paragrafi che seguono forniscono un breve quadro delle caratteristiche del programma utilizzato per determinare, secondo quanto stabilito dalla normativa, un set di 7 differenti accelerogrammi.
Preliminarmente all'utilizzo del codice di calcolo Rexelite, a partire dalla vita nominale e dalla classe d'uso dell'opera, occorre determinare alcuni parametri quali accelerazione di picco (a_g) e coppie di magnitudo e distanza (M,R) per i diversi stati limite.

5.3 Determinazione degli input sismici: codice di calcolo REXELITE

Il software REXELITE permette la ricerca di combinazioni di accelerogrammi naturali compatibili con gli spettri delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018).
Il database incluso nel software è l'Italian Accelerometric Archive (ITACA) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Si fa riferimento a registrazioni di terremoti con magnitudo maggiore di 4 e in condizioni di free-field.
Il punto di partenza per la ricerca di combinazioni di accelerogrammi naturali compatibili con gli spettri delle NTC o dell'EC8 avviene definendo uno spettro target.

A tale scopo, effettuata la selezione secondo le NTC 2018, sono state inserite le coordinate geografiche del sito (longitudine e latitudine in gradi decimali) e sono stati specificati i seguenti parametri: Categoria di sottosuolo, Categoria topografica, Vita nominale, Classe d'uso, Stato limite e componente dell'azione sismica.

Per procedere nella ricerca degli accelerogrammi, una volta impostati i dati suddetti, è importante eseguire l'operazione di disaggregazione che si effettua mediante il software dell'INGV.
La disaggregazione è una procedura di tipo statistico che permette di conoscere il contributo alla sismicità di un dato sito di ogni coppia di magnitudo (M) e distanza (R). Tali contributi dipendono dal valore di hazard associato al sito studiato, dall'ordinata spettrale e dal periodo di ritorno considerato.
Questo procedimento genera delle coppie dei valori (M - R) attraverso i seguenti passaggi:

1. Determinazione di latitudine e longitudine in gradi sessa decimali in ED50.
2. Si accede al progetto S1 dell'INGV http://esse1-gis.mi.ingv.it e si immettono le coordinate geografiche, la probabilità di superamento in 50 anni che dipende dallo stato limite da analizzare e si accede al grafico di disaggregazione geograficamente più prossimo al punto in esame.
3. Si scelgono gli intervalli di magnitudo e distanza epicentrale, ai quali corrispondono valori di probabilità non nulli.

Modello di pericolosità sismica del territorio nazionale MPS04-S1 (2004)
Informazioni sul nodo con ID: 21850 - Latitudine: 43.379 - Longitudine: 12.321

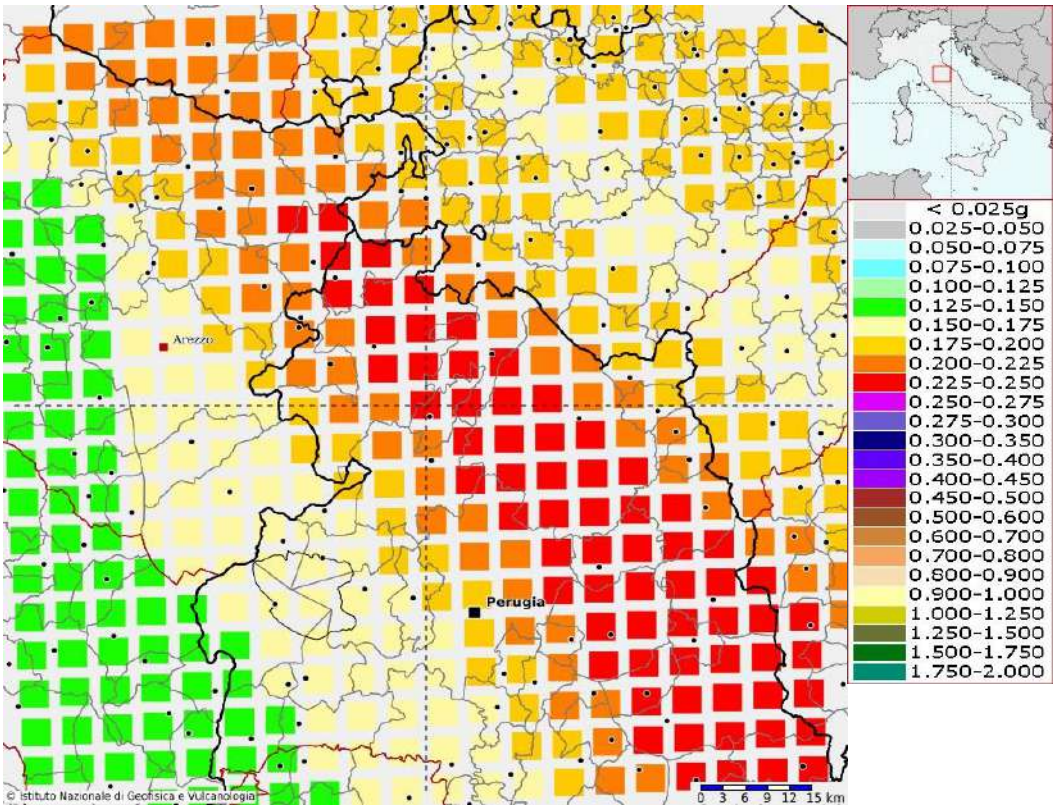


Figura 3. Dati input per la determinazione dei parametri M e R.

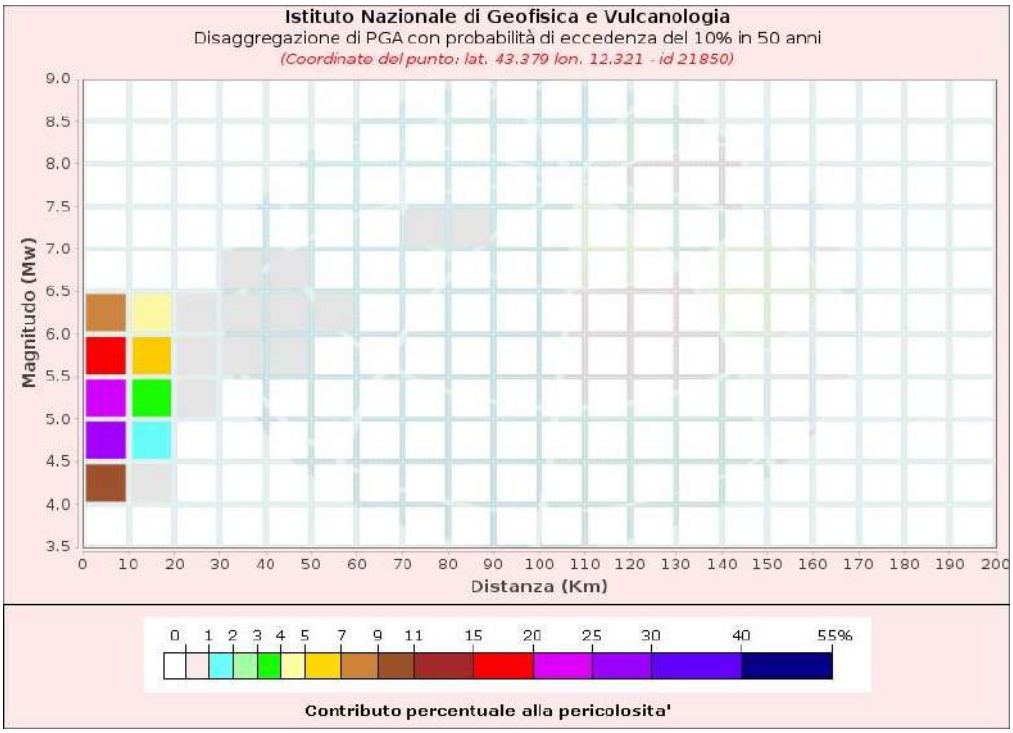


Figura 4. Grafico di disaggregazione.

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

Distanza in Km	Magnitudo 3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	10.3000	26.0000	22.4000	16.0000	8.2300	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.1960	1.8000	3.9600	5.1200	4.1700	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0001	0.1100	0.6350	0.8920	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0441	0.2020	0.0013	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0287	0.0012	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0009	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi: magnitudo = 5.26 ; distanza = 6.44 ; epsilon = 1.05

In questa maniera si ottiene una coppia di valori M e R, da immettere come parametri sismologici nel software REXELITE.

Il software consente di effettuare analisi mirate ad ottenere combinazioni di accelerogrammi compatibili con lo spettro di normativa che non necessitano di essere scalati.

5.4 Parametri di ricerca

Lo spettro target sulla base del quale sono stati ricercati gli accelerogrammi spettro-compatibili è stato costruito secondo le NTC 2018, adottando i seguenti parametri:

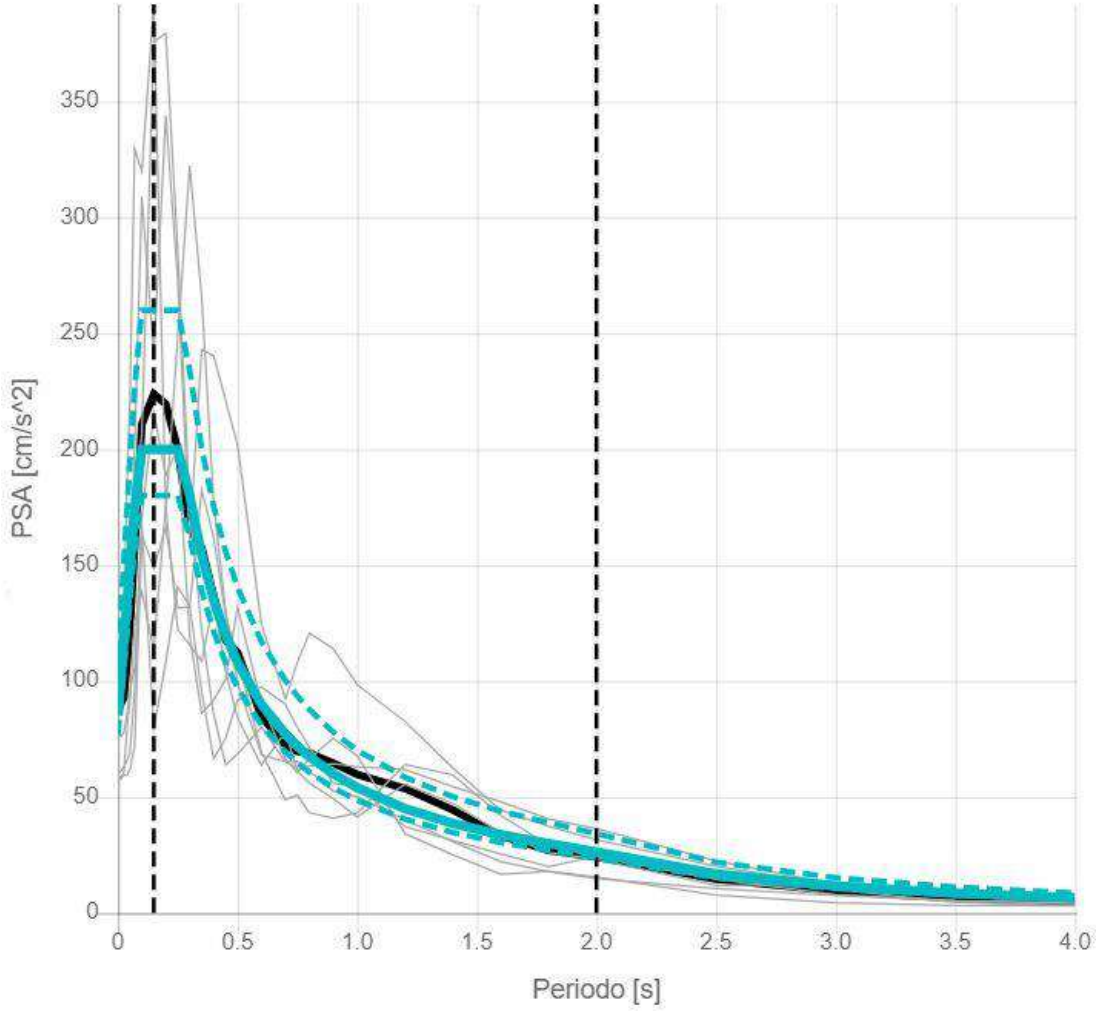
Longitudine	12.326234
Latitudine	43.363698
Categoria di suolo	A
Categoria topografica	T1
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	III
Stati Limite	SLO, SLD, SLV

5.5 Accelerogrammi spettrocompatibili estratti

Per i vari Stati Limite rispettivamente SLO, SLD, SLV sono stati estratti i 7 accelerogrammi spettrocompatibili ed a seguire viene mostrato il report per ognuno di loro.

Scuola Comunale per l'infanzia – 45 years
Stato Limite SLO

Spettro Target



Target spectrum
==========
Reference spectrum: NTC18
Soil classification: A
Topographic category: T1
Return period: 45

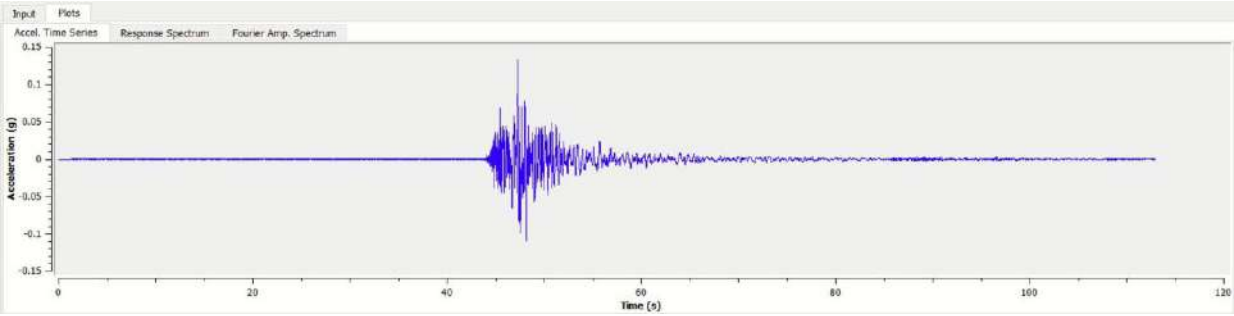
Preliminary spectra selection
==========

Spectrum format ('PSA' use 30 (0-4s) periods, 'SD' use 37 (0-10s) periods): PSA
Number of components: 1
Filename of the ZIP from ESM REXEL-target-spectrum Web-Service:
ws_rexel_spectra_selection_target_64753.txt
Soil classification: ABCDE
Include inferred soil classes: Y
Include late-triggered waveforms: N
Focal mechanism: any
Instrument type: any
Lower period scoring [s]: 0.15
Upper period scoring [s]: 2
Maximum number of selected spectra: 500
Excluded waveforms: IT.CRP.00.HN.IT-2012-0012,IV.T1214..HN.EMSC-20161026_0000095,IT.VGG.00.HG.IT-2012-0061,IT.CRP.00.HN.IT-2012-0011,IV.T0814..HN.IT-2012-0032,IV.T0824..HN.IT-2012-0012,E.SRC0.00.HN.IT-1976-0027
Excluded locations: IT.AQK.00.
Excluded events: IT-1998-0103
Types of magnitude considered (L=local, W=moment): WL
Lower magnitude: 4.0
Upper magnitude: 6.5
Lower epicentral distance [km]: 0.0
Upper epicentral distance [km]: 20.0

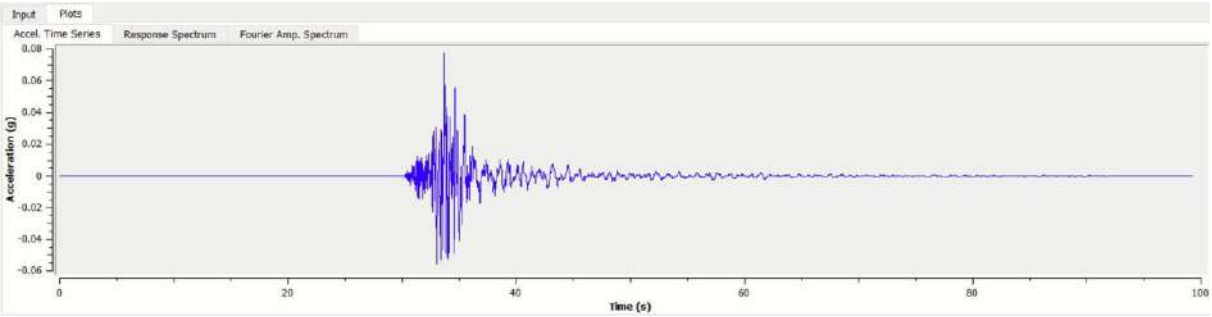
Spectrum matching parameters
==========
Component used in computation: horizontal(s)
Target spectrum input file: TARGET_SPECTRUM.TXT
Spectral values input file: SPECTRAXY.TXT
Lower period range [s]: 0.15
Upper period range [s]: 2
Tolerance below average [%]: 10.0
Tolerance above average [%]: 30.0
Tolerance in amplitude for the selected set [%]: 0
Adimensional flag: 0
Maximum scale factor: 5
Peak-ground acceleration check: 1
Number of spectra to be contained into each set: 7
Three-components flag: 0
Number of the compatible sets: 1

Segue diagrammi (Acceleration-Time) degli accelerogrammi considerati:

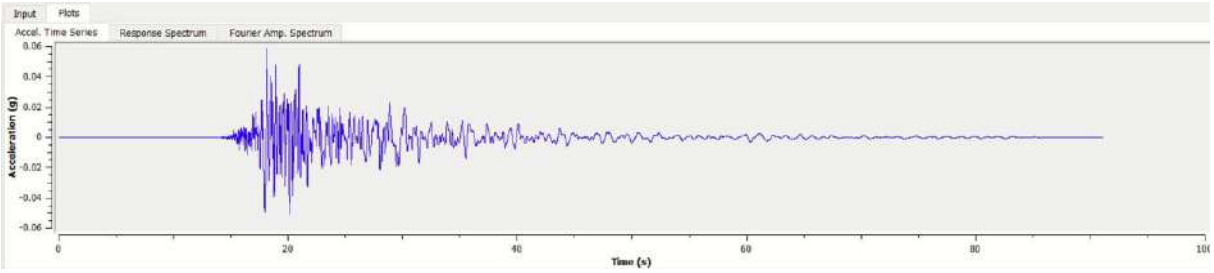
4A.MI03..HNE.D.IT-2009-0102.ACC.MP



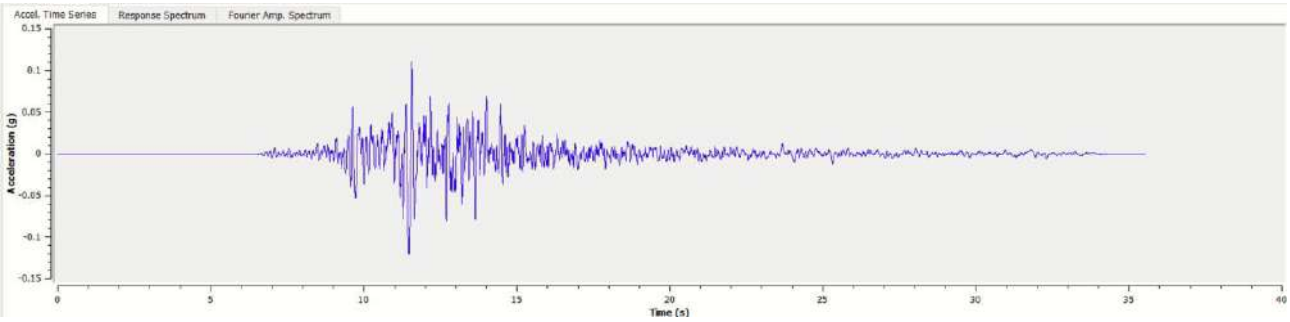
IT.AQP.00.HNN.D.IT-2009-0121.ACC.MP



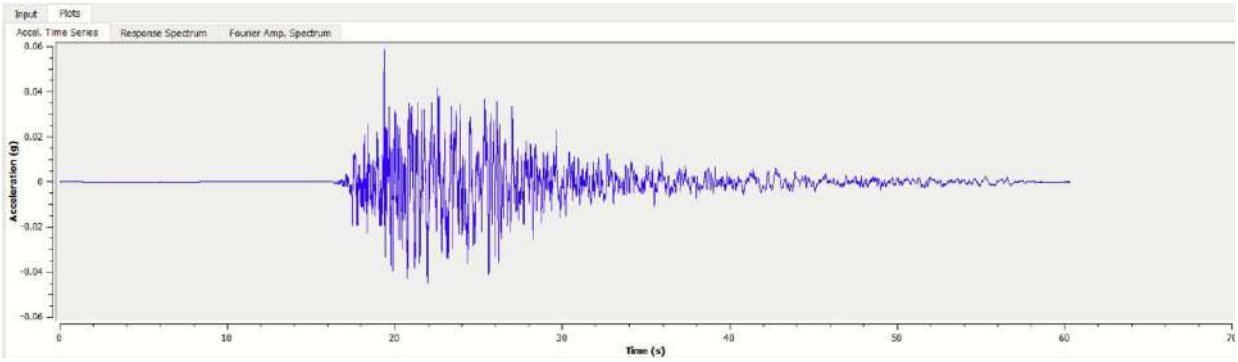
IT.BOJ.00.HGN.D.IT-2013-0019.ACC.MP



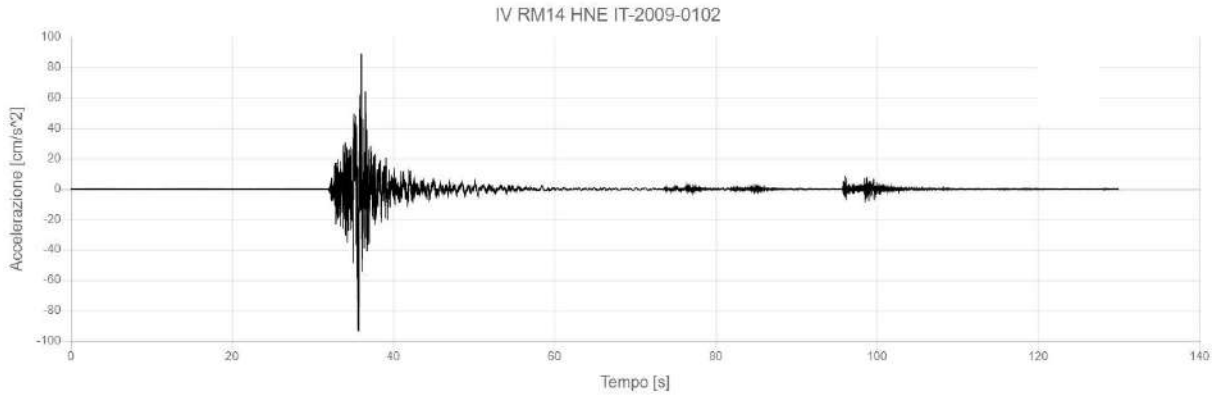
IT.MNF.00.HGE.D.EMSC-20161026_0000095.ACC.MP



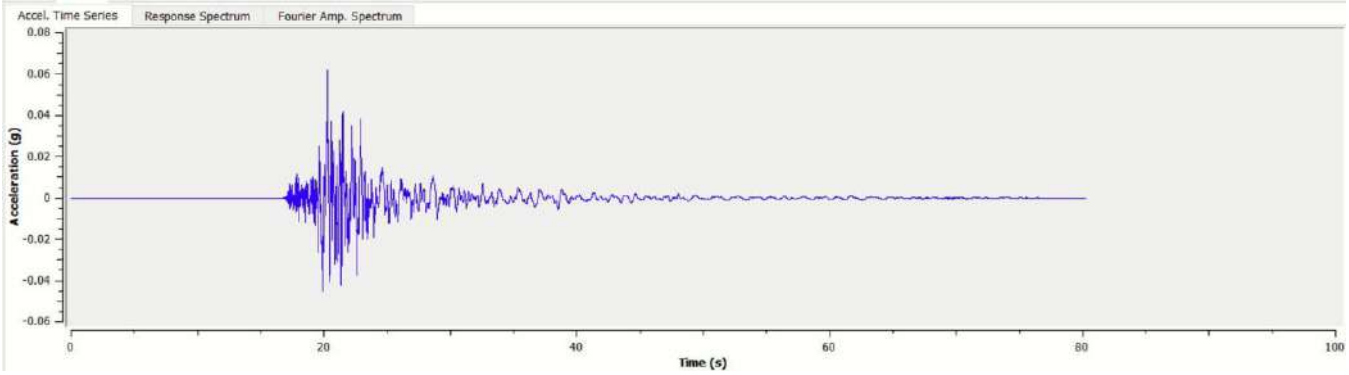
IT.SLO.00.HGE.D.EMSC-20161026_0000095.ACC.MP



IV.RM14..HNN.D.IT-2009-0102.ACC.MP

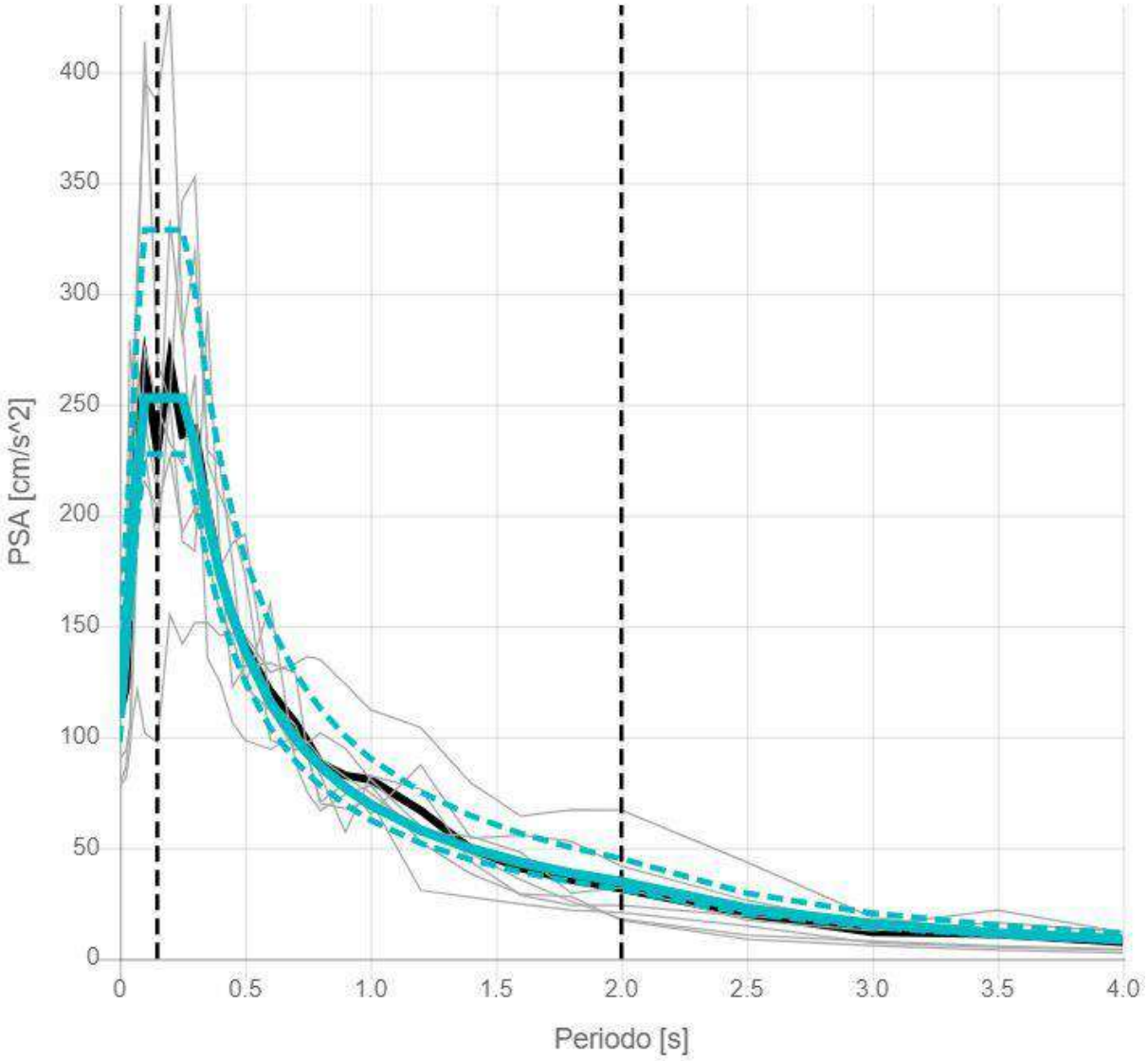


MN.AQU..HLE.D.IT-2009-0102.ACC.MP



Scuola Comunale per l'infanzia – 75 years
Stato Limite SLD

Spettro Target



Target spectrum
==========
Reference spectrum: NTC18
Soil classification: A
Topographic category: T1
Target spectrum
==========
Reference spectrum: NTC18
Soil classification: A
Topographic category: T1
Return period: 75

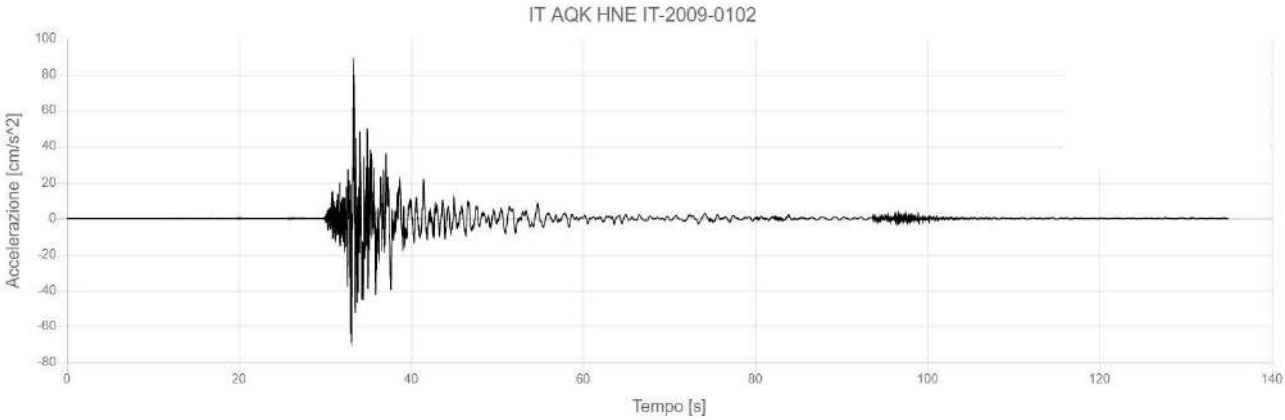
Preliminary spectra selection
==========
Spectrum format ('PSA' use 30 (0-4s) periods, 'SD' use 37 (0-10s) periods): PSA
Number of components: 1
Filename of the ZIP from ESM REXEL-target-spectrum Web-Service:
ws_rexel_spectra_selection_target_34959.txt

Soil classification: ABCDE
Include inferred soil classes: Y
Include late-triggered waveforms: N
Focal mechanism: any
Instrument type: any
Lower period scoring [s]: 0.15
Upper period scoring [s]: 2
Maximum number of selected spectra: 500
Excluded waveforms: None
Excluded locations: None
Excluded events: None
Types of magnitude considered (L=local, W=moment): WL
Lower magnitude: 4.0
Upper magnitude: 6.5
Lower epicentral distance [km]: 0.0
Upper epicentral distance [km]: 20.0

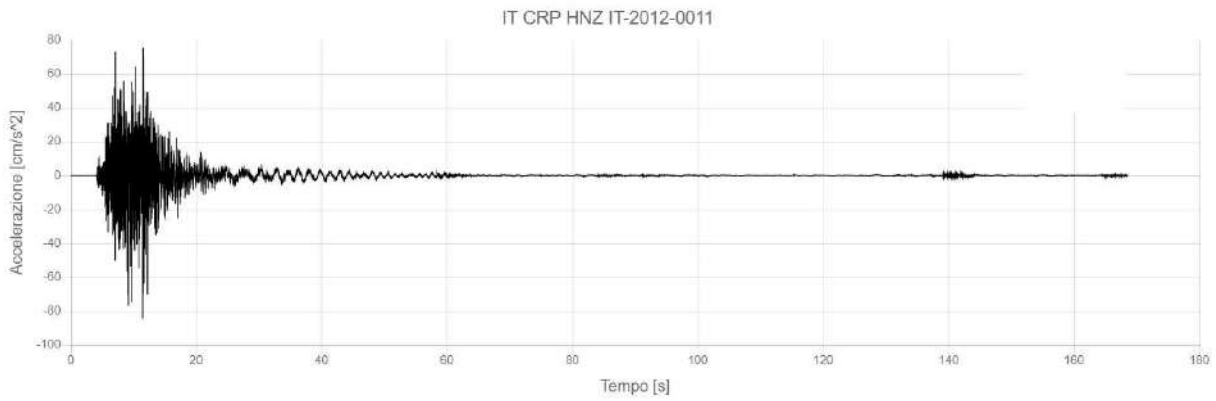
Spectrum matching parameters
==========
Component used in computation: horizontal(s)
Target spectrum input file: TARGET_SPECTRUM.TXT
Spectral values input file: SPECTRAXY.TXT
Lower period range [s]: 0.15
Upper period range [s]: 2
Tolerance below average [%]: 10.0
Tolerance above average [%]: 30.0
Tolerance in amplitude for the selected set [%]: 0
Adimensional flag: 0
Maximum scale factor: 5
Peak-ground acceleration check: 1
Number of spectra to be contained into each set: 7
Three-components flag: 0
Number of the compatible sets: 1

Segue diagrammi (Acceleration-Time) degli accelerogrammi considerati:

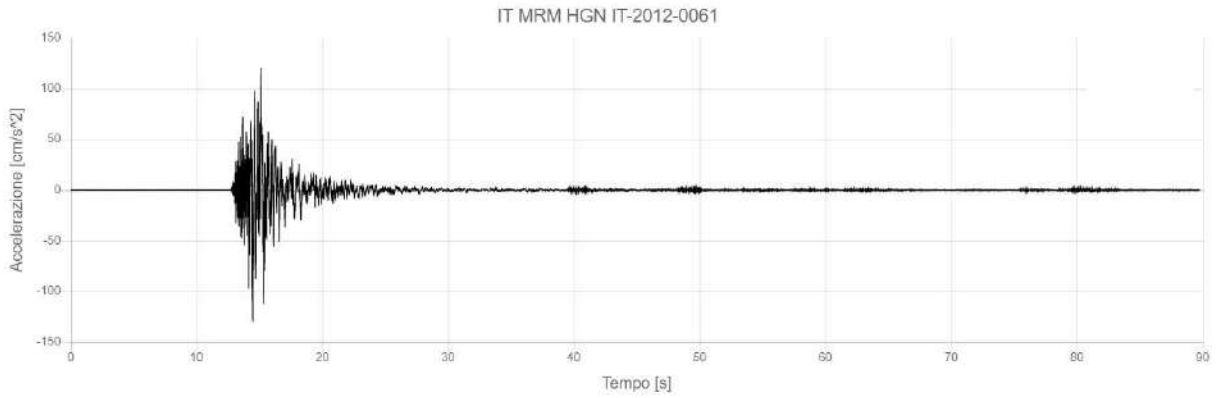
IT.AQK.00.HNN.D.IT-2009-0102.ACC.MP



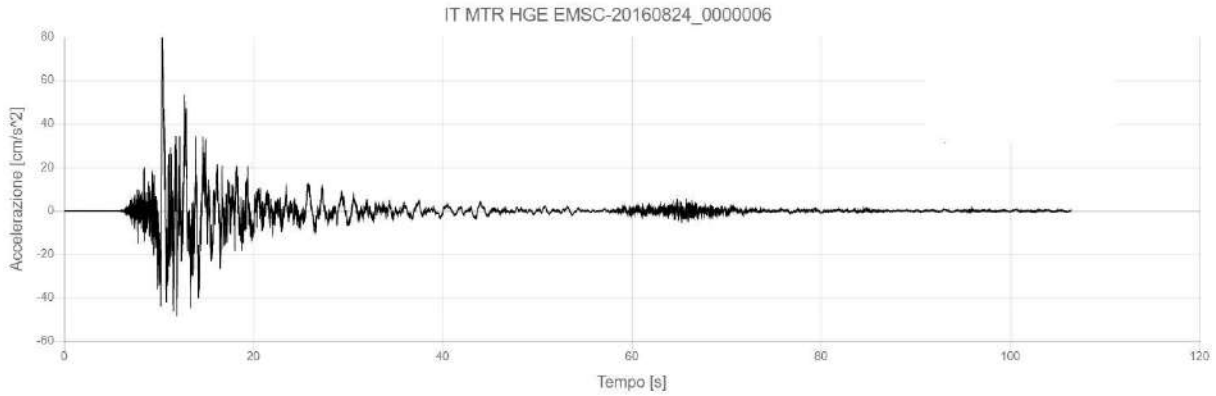
IT.CRP.00.HNN.D.IT-2012-0011.ACC.MP



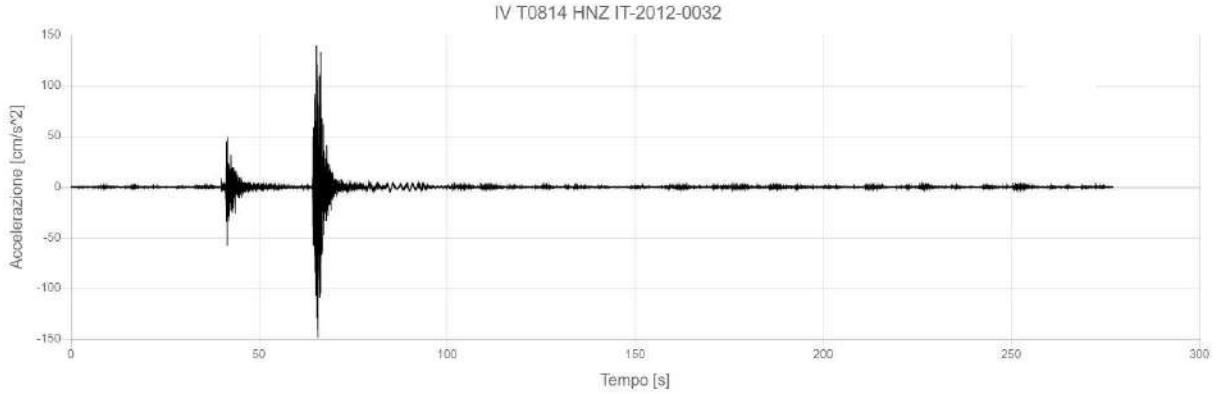
IT.MRM.00.HGN.D.IT-2012-0061.ACC.MP



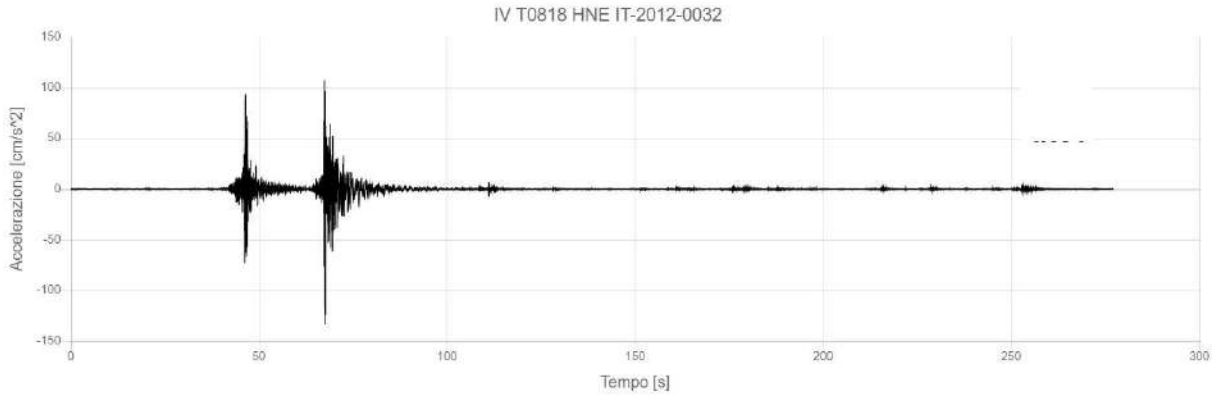
IT.MTR.00.HGE.D.EMSC-20160824_0000006.ACC.MP



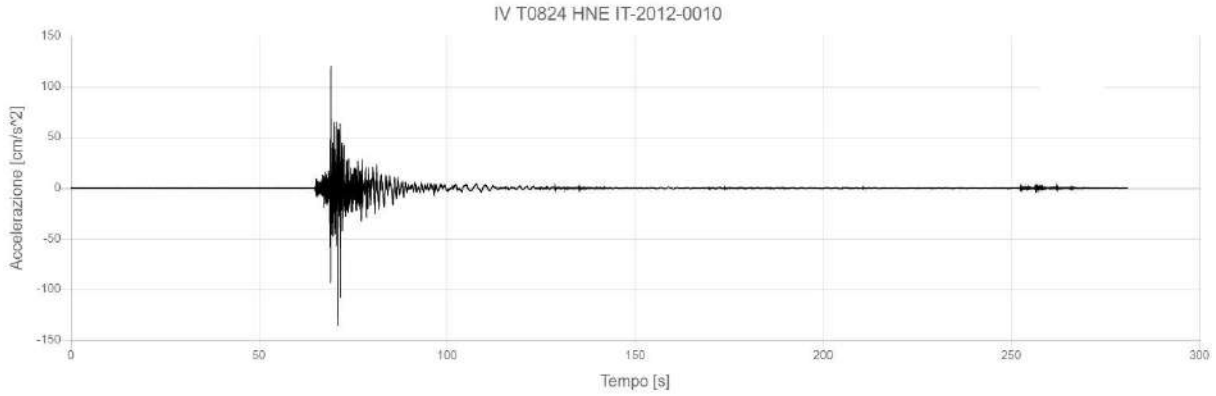
IV.T0814..HNN.D.IT-2012-0032.ACC.MP



IV.T0818.HNN.D.IT-2012-0032.ACC.MP

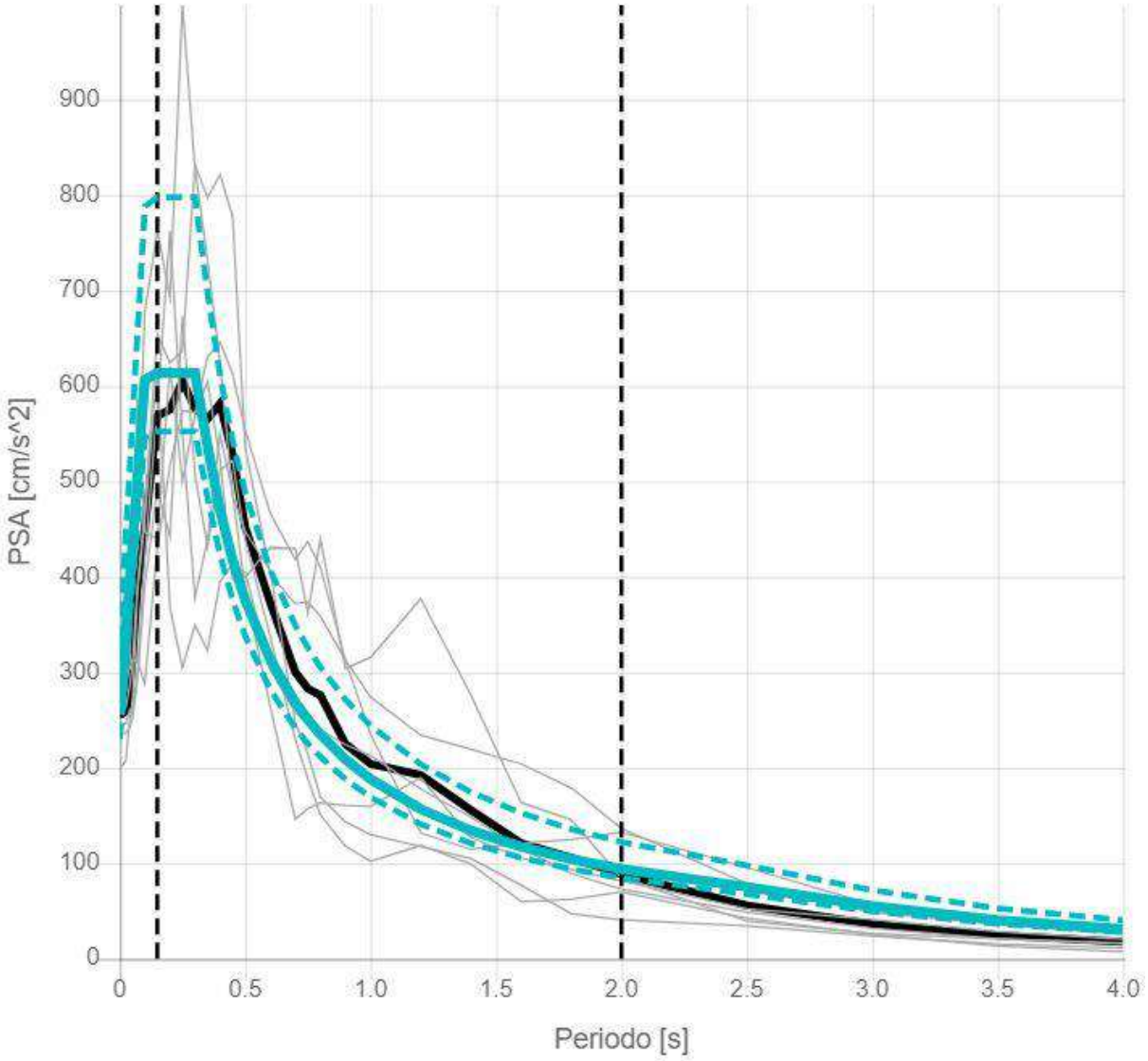


IV.T0824..HNE.D.IT-2012-0010.ACC.MP



Scuola Comunale per l'infanzia – 712 years
Stato Limite SLV

Spettro Target



Target spectrum
==========
Reference spectrum: NTC18
Soil classification: A
Topographic category: T1

Target spectrum
==========
Reference spectrum: NTC18
Soil classification: A
Topographic category: T1
Return period: 712

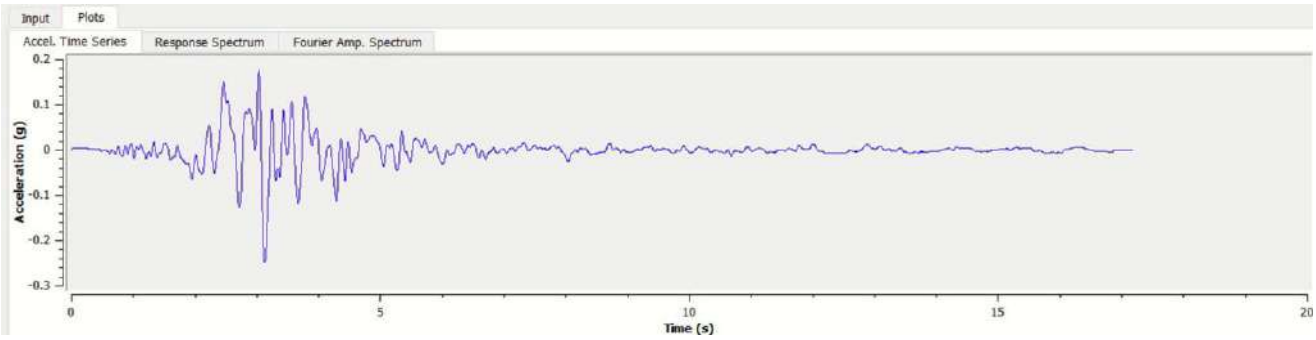
Preliminary spectra selection
==========
Spectrum format ('PSA' use 30 (0-4s) periods, 'SD' use 37 (0-10s) periods): PSA
Number of components: 1

Filename of the ZIP from ESM REXEL-target-spectrum Web-Service: ws_rexel_spectra_selection_target_72479.txt
Soil classification: ABCDE
Include inferred soil classes: Y
Include late-triggered waveforms: N
Focal mechanism: any
Instrument type: any
Lower period scoring [s]: 0.15
Upper period scoring [s]: 2
Maximum number of selected spectra: 500
Excluded waveforms: IT.AQA.00.HN.IT-2009-0009,IT.NRC.00.HG.EMSC-20160824_0000006,IT.NRC.00.HG.EMSC-20161026_0000077,4A.MI05..HN.IT-2009-0102,IT.NRC.00.HG.EMSC-20161026_0000095,IV.T0827..HN.IT-2012-0012,IT.PCB.00.HG.EMSC-20170118_0000037,IV.T0813..HN.IT-2012-0011,IT.MCV.00.HG.EMSC-20161026_0000095
Excluded locations: IT.SVN.00.,IT.CNE.00.,IV.T0800..,IV.T0814..,IV.T0802..
Excluded events: None
Types of magnitude considered (L=local, W=moment): WL
Lower magnitude: 4.0
Upper magnitude: 6.5
Lower epicentral distance [km]: 0.0
Upper epicentral distance [km]: 20.0

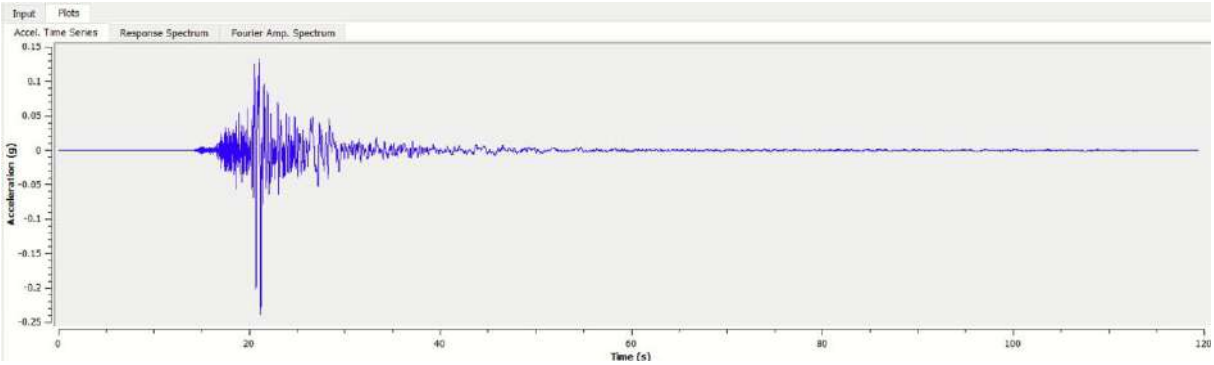
Spectrum matching parameters
==========
Component used in computation: horizontal(s)
Target spectrum input file: TARGET_SPECTRUM.TXT
Spectral values input file: SPECTRAXY.TXT
Lower period range [s]: 0.15
Upper period range [s]: 2
Tolerance below average [%]: 10.0
Tolerance above average [%]: 30.0
Tolerance in amplitude for the selected set [%]: 0
Adimensional flag: 0
Maximum scale factor: 5
Peak-ground acceleration check: 1
Number of spectra to be contained into each set: 7
Three-components flag: 0
Number of the compatible sets: 1

Segue diagrammi (Acceleration-Time) degli accelerogrammi considerati:

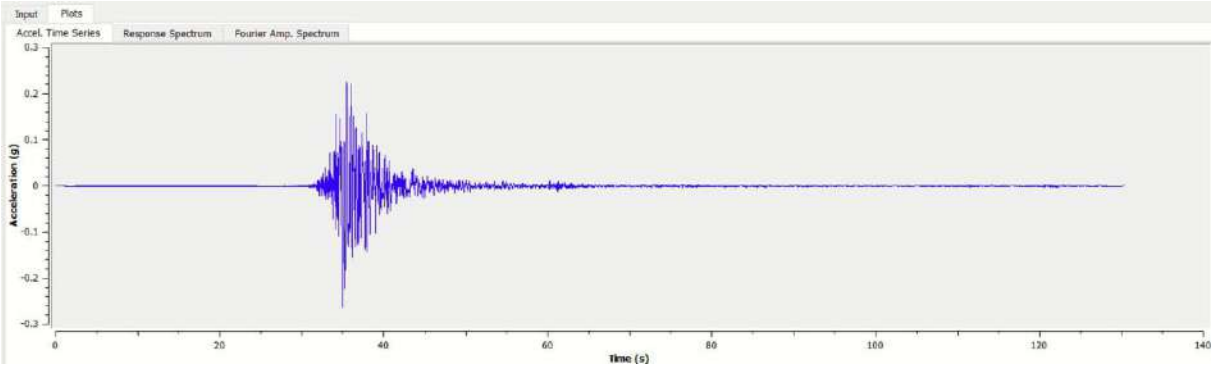
E.SRC0.00.HNE.D.IT-1976-0030.ACC.MP



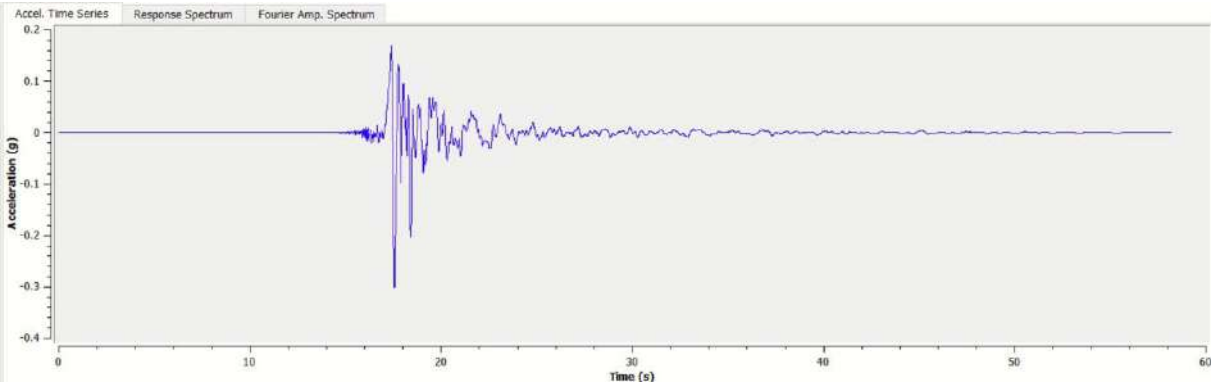
IT.FIN0.00.HNN.D.IT-2012-0011.ACC.MP



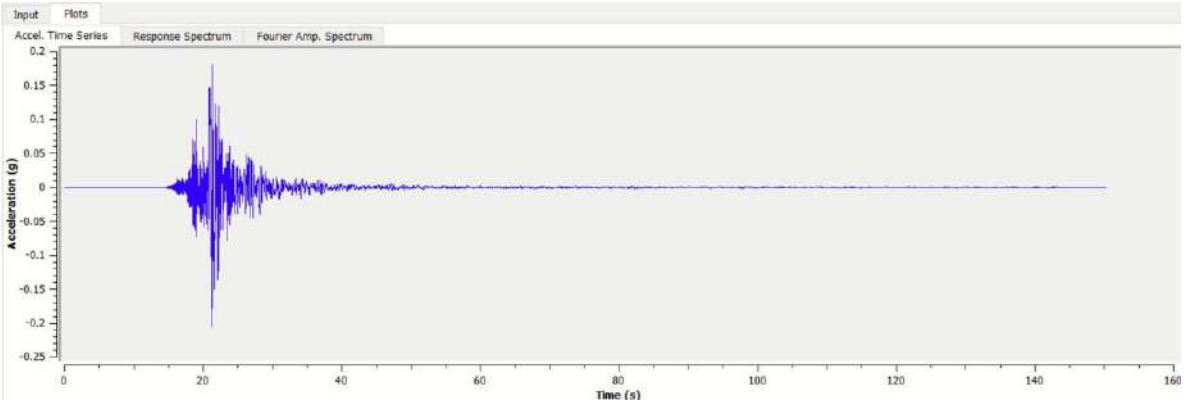
IT.MRN.00.HNE.D.IT-2012-0008.ACC.MP



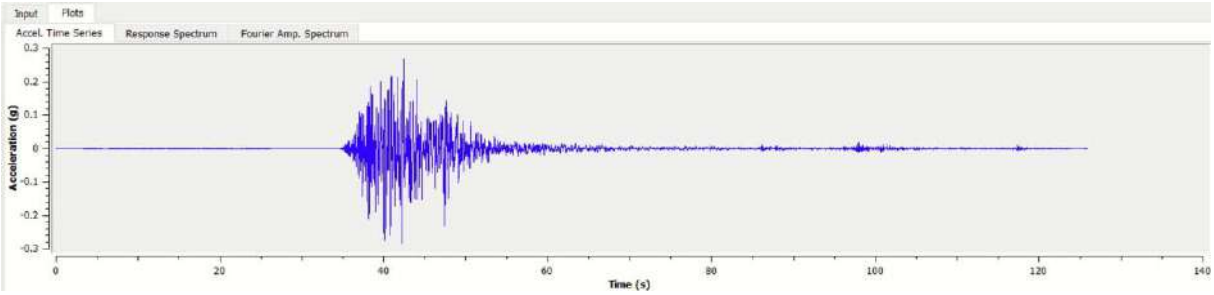
IV.EVRN..HNE.D.EMSC-20181226_0000014.ACC.MP



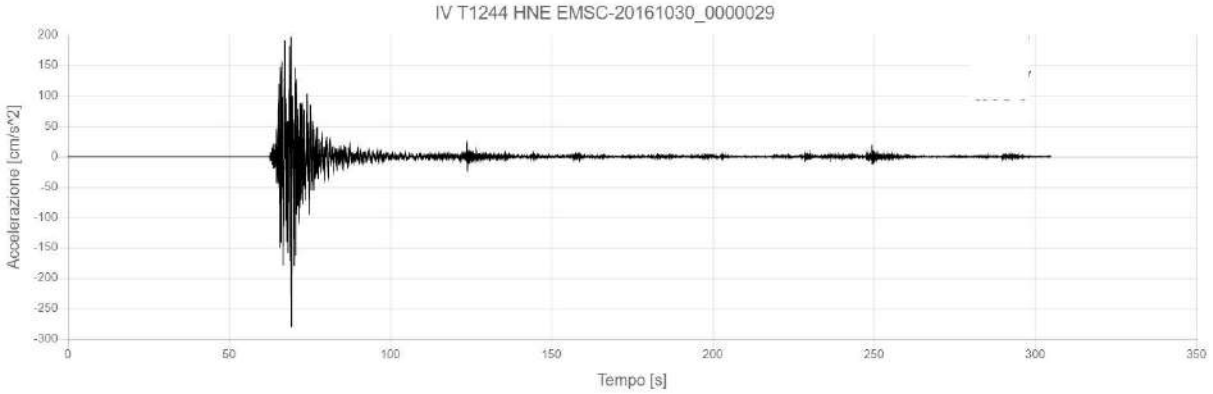
IV.T0811..HNN.D.IT-2012-0011.ACC.MP



IV.T1216..HNN.D.EMSC-20161030_0000029.ACC.MP



IV.T1244..HNE.D.EMSC-20161030_0000029.ACC.MP



5.6 Sismostratigrafia di sito

Sulla base del cosiddetto volume significativo di terreno interessato dal problema in esame, viene definita una stratigrafia di progetto che rappresenta la successione stratigrafica che costituisce il substrato dell'area, ricostruita sia sulla base delle indagini eseguite che dalla conoscenza generica della geologia dell'area.

Il modello sismostratigrafico necessario per eseguire la modellazione 1D è stato ricavato da una indagine geofisica Down-Hole il cui report viene riportato in allegato.

Tale sismostratigrafia è sintetizzata nella seguente tabella contenente le caratteristiche meccaniche dei singoli strati; nello specifico ad ogni strato di terreno sono stati associati, la Vs media, il peso dell'unità di volume e le curve di decadimento e smorzamento in funzione delle litologie, tutti parametri richiesti dal modello di calcolo STRATA:

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	4.00	Rolling	355.00
2	4.00	4.00	Rolling	435.00
3	8.00	4.00	Rolling	507.00
4	12.00	6.00	Rolling	667.00
5	18.00	6.00	Rolling	758.00
6	24.00	Half-Space	Bedrock	800.00

E' stata considerata la stratigrafia a partire da circa 4 m. di profondità in quanto è presente nella Scuola esistente un interrato, per cui i terreni da considerare sono quelli presenti a partire da questa profondità.

6. Curve di decadimento dei terreni

Il comportamento dinamico dei terreni del modello geofisico di riferimento, viene descritto dalla relazione sforzi/deformazioni di tipo isteretico in un modello lineare equivalente espresso dalla coppia di parametri modulo di taglio (Shear Modulus) e smorzamento (Damping Ratio) espressa in funzione dello stato tensionale del suolo, per le diverse tipologie litologiche discriminate.
All'aumentare del livello di deformazione angolare raggiunta dal terreno si ha una diminuzione del modulo di taglio G ed un aumento del rapporto di smorzamento D. Tale comportamento può essere descritto, per ogni tipo di materiale presente nella stratigrafia, da due curve di decadimento una relativa a G ed una D.

Di seguito si riportano le curve ed i dati sperimentali di riferimento utilizzate nell'analisi:

Per i terreni sabbioso-limoso-ghiaiosi sono state usate le curve di Rollins & Ali (1998) provenienti dai dati del CMS, i cui valori sono i seguenti:

ROLLINS (CENTRO MICROZONAZIONE SISMICA)

g [%]	G/G0 [-]	D [%]
0.0001	0.9965	0.9488
0.0005	0.9829	1.2392
0.001	0.9667	1.4981
0.002	0.9367	1.9051
0.005	0.8624	2.8048
0.01	0.7734	3.8938
0.02	0.6616	5.4535
0.03	0.5894	6.6055
0.04	0.5349	7.5228
0.05	0.4902	8.2823
0.075	0.4036	9.7369
0.1	0.3406	10.7935
0.2	0.2066	13.2290

0.5	0.0943	15.7585
0.75	0.0649	16.5554
1	0.0495	17.0087

7. RISULTATI RSL

Si riportano in questo capitolo i risultati dell'analisi di risposta simica locale monodimensionale ottenuti per i vari Stati Limite rispettivamente SLO, SLD, SLV.

- STATO LIMITE OPERATIVO (SLO)

Valori dello spettro di output per lo stato limite considerato:

0.01	0.186478102	0.116657389	0.08445978	0.18097237	0.07977978	0.20553037	0.072274193	0.121640782
0.010623887	0.186527826	0.116708355	0.08450391	0.18120819	0.07986662	0.20582202	0.072341422	0.121744459
0.011286697	0.186583739	0.116766379	0.0845548	0.18152979	0.07996398	0.2061552	0.072418274	0.121867474
0.011990859	0.186646901	0.116832947	0.08461383	0.18196185	0.08007832	0.20653637	0.072506792	0.122015218
0.012738953	0.186718061	0.116912797	0.08467565	0.18283924	0.08021783	0.2069763	0.072607907	0.122222242
0.01353372	0.186801511	0.117003598	0.08473464	0.18388236	0.080376	0.20746245	0.072727055	0.122459305
0.01437807	0.186891203	0.117100644	0.08474005	0.18379772	0.08060569	0.20804211	0.072837057	0.122600524
0.015275099	0.186994713	0.117166781	0.0848185	0.18307537	0.08087961	0.20878568	0.073063368	0.122743672
0.016228092	0.18711177	0.117259851	0.08492612	0.18690357	0.08121006	0.20963014	0.073223913	0.12333587
0.017240542	0.18720651	0.1172331	0.08506716	0.1891536	0.08161804	0.21084623	0.073293999	0.123788746
0.018316156	0.187349758	0.117273932	0.08524083	0.18566741	0.08221785	0.21214627	0.073501017	0.123803597
0.019458877	0.187512667	0.11744344	0.08550039	0.18091105	0.08283826	0.21355428	0.073726039	0.123743335
0.020672891	0.187692024	0.117788724	0.08571776	0.18206042	0.08332318	0.21521501	0.073993374	0.12427421
0.021962645	0.187899572	0.118209455	0.08591278	0.19207724	0.08505464	0.21818279	0.07415146	0.126006468
0.023332866	0.188170799	0.118065099	0.08602273	0.20360665	0.08510563	0.22034089	0.074378494	0.127332702
0.024788572	0.188305921	0.116981903	0.08630762	0.20105297	0.08010186	0.22134321	0.074486686	0.126022216
0.026335099	0.188518795	0.12109748	0.08630808	0.19610556	0.07952191	0.22636116	0.072999126	0.126126212
0.027978111	0.188776798	0.122437721	0.08650395	0.21387514	0.08086779	0.24350978	0.073903328	0.129846686
0.029723628	0.188842558	0.120063196	0.08692468	0.22383746	0.09022564	0.25103922	0.078216091	0.134141993
0.031578046	0.190219968	0.127921614	0.08694851	0.21585584	0.09345445	0.25403304	0.082209212	0.136684579
0.033548158	0.190960722	0.13263754	0.0873269	0.21041429	0.08766365	0.24972441	0.07946616	0.134820721
0.035641184	0.188771288	0.134618503	0.08638833	0.20963442	0.0966107	0.2542355	0.080042915	0.136977412
0.03786479	0.192473327	0.135181972	0.08534668	0.21818463	0.12151563	0.25289131	0.080416388	0.142570642
0.040227124	0.201891002	0.133926932	0.08537756	0.21070499	0.13074957	0.27242789	0.084615324	0.146754708
0.042736842	0.195083243	0.132220575	0.08682234	0.23312632	0.12130192	0.30127914	0.081321438	0.147948967
0.045403137	0.19351563	0.132230911	0.08988323	0.23756985	0.11396008	0.3090647	0.088380028	0.149903151
0.048235778	0.217467694	0.133731907	0.09231074	0.25365416	0.13719422	0.32199098	0.083825047	0.158576789
0.051245145	0.224174577	0.157864239	0.09520009	0.22925774	0.13758743	0.32112702	0.090350042	0.163198624
0.054442262	0.231077335	0.162853618	0.09686673	0.22748509	0.13753755	0.34406028	0.092360574	0.167011509
0.057838843	0.219350523	0.138567316	0.09806774	0.21097384	0.14791894	0.37389742	0.101656947	0.166421585
0.061447332	0.222441701	0.141043261	0.10748351	0.24776232	0.15423181	0.40158694	0.107727886	0.177607397
0.065280949	0.250734089	0.147506799	0.11026612	0.25914324	0.18580895	0.43415591	0.120426614	0.193797821
0.069353742	0.298225497	0.17265802	0.10696296	0.27303271	0.18739167	0.51925883	0.1454007	0.21505737
0.07368063	0.325089488	0.199128551	0.10718078	0.31458127	0.18165879	0.45684125	0.167799732	0.226300548
0.078277467	0.367123535	0.260934547	0.12600341	0.36012576	0.18298342	0.58245761	0.211867752	0.267557613
0.083161095	0.339934738	0.268794	0.15887503	0.34627268	0.21621228	0.59960344	0.222539373	0.28290092
0.088349406	0.36332853	0.239025	0.19978053	0.40312604	0.23777795	0.55789597	0.264995876	0.305060328
0.093861409	0.416233717	0.249294	0.24573049	0.36159394	0.24682896	0.53144198	0.256991975	0.315448621
0.099717298	0.512786125	0.289787	0.27363424	0.33029459	0.23767455	0.54245302	0.274633625	0.335206398
0.105938528	0.61914416	0.325752	0.27227503	0.40298285	0.23351569	0.60536784	0.236124	0.356973246

0.112547893	0.716137701	0.401110	0.29530569	0.378532	0.19030457	0.73590541	0.241388	0.377152925
0.119569608	0.553796	0.409496	0.230829	0.396210	0.22273634	0.76839839	0.190887	0.35259929
0.127029398	0.479866	0.322799	0.235266	0.442125	0.18644026	0.79848347	0.196341	0.334742165
0.134954594	0.390377	0.329190	0.264718	0.500411	0.2093159	0.81963182	0.160881	0.334631
0.143374233	0.341458	0.335313	0.233492	0.567148	0.23400589	0.747717	0.137954	0.322898
0.152319162	0.362327	0.337830	0.265627	0.677661	0.18516641	0.646578	0.127827	0.319142
0.161822153	0.447804	0.304031	0.292032	0.755443	0.1681716	0.54347634	0.10077092	0.310242
0.171918024	0.520300	0.251083	0.270797	0.650583	0.22110114	0.40653706	0.101830086	0.298399
0.182643762	0.453094	0.255441	0.281271	0.620872	0.278557	0.26920695	0.116388916	0.290930
0.194038665	0.55239102	0.299569	0.230449	0.621949	0.273145	0.26701457	0.137034	0.303472
0.206144481	0.459941281	0.253031	0.244318	0.578442	0.230217	0.229218	0.161064	0.281419
0.219005563	0.416255319	0.266793	0.228343	0.566751	0.160123	0.235919	0.205105	0.272423
0.232669031	0.448471672	0.335757	0.186355	0.474502	0.145889	0.26424595	0.222486998	0.273408
0.247184945	0.40089927	0.294346	0.173039	0.424516	0.157481	0.30684046	0.194960326	0.260617
0.262606487	0.299199	0.241778	0.168514	0.330416	0	0.34108821	0.139901675	0.225478
0.278990159	0.230035579	0.209888	0.147313	0.268144	0.132832	0.37731746	0.162223475	0.205556
0.296395986	0.209937073	0.158549	0.158021	0.230944	0.137322	0.40210291	0.165484	0.195969
0.31488774	0.232503503	0.139596	0.168634	0.188993	0.134583	0.392935	0.148965748	0.187505
0.334533171	0.248734419	0.121103	0.181354	0.145147	0.139762	0.34672809	0.110693433	0.170874
0.355404253	0.308603907	0.102719	0.219660	0.157413	0.121877	0.29268902	0.110833	0.171330
0.377577455	0.333253266	0.088005	0.184697	0.117552	0.124193	0.24510987	0.101179183	0.152984
0.401134014	0.268832503	0.102855763	0.186728	0.103668	0.152731	0.206069	0.076175004	0.143990
0.426160236	0.252107556	0.109355349	0.159763	0.080906	0.142475	0.17290914	0.076935	0.131374
0.45274781	0.242568519	0.114444	0.141413	0.074147	0.114370	0.14459548	0.085648	0.122429
0.480994148	0.229060523	0.133933	0.130698	0.065788	0.100571	0.12411509	0.095830	0.117840
0.511002737	0.213285	0.142649	0.115538	0.074651	0.084562	0.099511	0.102539	0.112384
0.542883523	0.191693	0.119290	0.098994	0.079708	0.06657939	0.0809895	0.103939	0.100160
0.576753309	0.154269	0.113547	0.082782	0.085865	0.068180	0.07466444	0.102379	0.094009
0.612736187	0.124268	0.087347	0.072339	0.087099	0.065807	0.074038	0.102671	0.085793
0.650963988	0.104121	0.077599	0.062132	0.082236	0.070562	0.074473	0.102294	0.080649
0.691576772	0.097451	0.072585	0.054819	0.073927	0.083979	0.070389	0.100580	0.077665
0.734723333	0.10883574	0.065894	0.054008	0.065107	0.069840	0.069506	0.087647	0.072695729
0.780561751	0.124639	0.065452	0.051017	0.067834	0.061008	0.06790729	0.079649567	0.071243636
0.829259968	0.131518785	0.075890502	0.040583	0.068214	0.054444	0.06235163	0.070390205	0.067824445
0.880996402	0.125334581	0.079386924	0.04271908	0.068976	0.05329378	0.05766017	0.061061002	0.066079324
0.935960604	0.110649392	0.075205566	0.04338181	0.069779	0.0441747	0.0562149	0.056197148	0.061984242
0.99435395	0.101774646	0.071192053	0.04463707	0.06802078	0.04203702	0.05426524	0.057316845	0.060233057
1.056390	0.099487699	0.061819396	0.05112891	0.0691931	0.05100391	0.05142838	0.051794225	0.060468635
1.122	0.094334503	0.048166176	0.05567472	0.068966	0.05820396	0.04762685	0.042950704	0.057496322
1.192	0.086496645	0.036412929	0.06521378	0.06475111	0.05791737	0.04322739	0.03902702	0.053769902
1.267	0.078991462	0.034956909	0.08180287	0.06030436	0.05496098	0.0386472	0.035753272	0.052046124
1.346	0.071140561	0.028822891	0.07649104	0.05827399	0.04937056	0.03417294	0.032923431	0.04701408
1.430	0.061723714	0.024541226	0.05648089	0.05473901	0.04894944	0.03032674	0.031280105	0.041651142
1.519	0.051663131	0.020181236	0.05107602	0.05146083	0.04123682	0.02648362	0.029327558	0.03658788
1.614	0.045368218	0.017019975	0.04144924	0.04884939	0.03464522	0.0225084	0.025876036	0.031612086
1.714	0.041736469	0.01787489	0.0351117	0.04264464	0.02884121	0.02003998	0.021843741	0.028177463
1.821	0.03817908	0.018367758	0.02984032	0.04124781	0.02643304	0.01774622	0.021310679	0.026267544
1.935	0.034695522	0.01650697	0.0273722	0.03918424	0.02521381	0.01591369	0.024790181	0.025003873
2.056	0.031252552	0.015349242	0.02188444	0.03568732	0.02159175	0.01461045	0.024593473	0.022486057
2.184	0.027844731	0.013299852	0.01540786	0.03155437	0.01649372	0.01394615	0.021005286	0.018926507
2.320	0.024610185	0.010362155	0.01553997	0.02747974	0.01351818	0.01277107	0.018966677	0.016662409
2.464861	0.021472203	0.008456763	0.01560005	0.02387853	0.01258852	0.01121761	0.015982805	0.014760671
2.619	0.018402406	0.007234741	0.01418417	0.02001417	0.01071908	0.00965626	0.012858294	0.012595836
2.782	0.015470204	0.006060158	0.01343163	0.01630848	0.01110251	0.00888529	0.010309509	0.011109469

2.955581	0.012892778	0.004974215	0.01130749	0.01323356	0.01260803	0.00797765	0.008262248	0.009681932
3.140	0.010694602	0.004003788	0.00893247	0.01134788	0.01247715	0.00696374	0.007531879	0.008354336
3.336	0.008689111	0.003165493	0.00674327	0.01002109	0.01119268	0.00595927	0.006464885	0.00697289
3.544	0.006925426	0.003257194	0.004308	0.00920871	0.00887406	0.00524365	0.005415218	0.005817465
3.765100	0.006107615	0.003214833	0.00369071	0.00835096	0.00683732	0.00485453	0.004886749	0.005165743
4.000	0.005471404	0.00307588	0.00330036	0.00741193	0.00551216	0.00448805	0.004375299	0.004614613

- STATO LIMITE DANNO (SLD)

Valori dello spettro di output per lo stato limite considerato:

0.01	0.104307563	0.099834939	0.22261924	0.26447461	0.14915058	0.18486711	0.177349567	0.162547377
0.010623887	0.104466875	0.099896604	0.22289484	0.26471168	0.14926022	0.1849603	0.177463691	0.162690456
0.011286697	0.104649013	0.099966391	0.2232072	0.26497847	0.14934402	0.1850534	0.177591996	0.162844744
0.011990859	0.104859318	0.10004505	0.22356143	0.26528074	0.1494807	0.18513755	0.177740284	0.163024532
0.012738953	0.105094253	0.100134878	0.22396343	0.2656241	0.14963562	0.18529155	0.177908278	0.163235145
0.01353372	0.105357231	0.100236671	0.22442021	0.26602336	0.14981132	0.18565634	0.178098664	0.163498038
0.01437807	0.105435055	0.100355627	0.22494022	0.26646554	0.15001931	0.18536363	0.178316145	0.163659971
0.015275099	0.105737004	0.1005282	0.22553275	0.26696691	0.15026236	0.1863825	0.178566981	0.164071847
0.016228092	0.106131791	0.100727009	0.22615379	0.26757699	0.15054036	0.1863599	0.178856058	0.164402187
0.017240542	0.106579792	0.100968156	0.22691521	0.26828747	0.15085945	0.1867205	0.179204228	0.164839882
0.018316156	0.107057689	0.101199309	0.22777192	0.26936732	0.15119945	0.19177804	0.179567107	0.165915918
0.019458877	0.10781334	0.10137561	0.22870124	0.2704609	0.15158741	0.19988472	0.180117846	0.167438015
0.020672891	0.108745603	0.101152145	0.22969982	0.27162678	0.15201281	0.20371031	0.18143787	0.168496777
0.021962645	0.109891638	0.10102346	0.23068235	0.27275794	0.15242743	0.19797603	0.182881875	0.16849034
0.023332866	0.110492186	0.100707401	0.23164162	0.27358993	0.15289644	0.2143455	0.185400743	0.171054013
0.024788572	0.113449364	0.101968437	0.23382981	0.275269	0.15348174	0.22495096	0.191326582	0.174458499
0.026335099	0.11811473	0.102860922	0.23804454	0.27759692	0.15462685	0.28057696	0.197480603	0.183019931
0.027978111	0.121800876	0.105333692	0.24298383	0.28183565	0.15557408	0.35790162	0.193740762	0.191596496
0.029723628	0.121826091	0.103275653	0.25153104	0.29043179	0.16231474	0.38845028	0.186049724	0.195157481
0.031578046	0.127861978	0.104241095	0.26085912	0.30019777	0.16451506	0.37353973	0.20183202	0.200323705
0.033548158	0.140148798	0.106376646	0.26969821	0.30736403	0.17258519	0.3631789	0.202613121	0.20591111
0.035641184	0.144794021	0.102958005	0.28293352	0.31830387	0.16327619	0.3784924	0.219608383	0.210347811
0.03786479	0.14954821	0.113856131	0.29062934	0.32759293	0.17371695	0.43732289	0.245436058	0.226121602
0.040227124	0.162713322	0.124921579	0.3140515	0.3338065	0.17190945	0.4401842	0.251772111	0.235853639
0.042736842	0.166438563	0.117993662	0.33629927	0.33804509	0.19894085	0.32968409	0.272377793	0.235257695
0.045403137	0.167892893	0.125515646	0.34642056	0.36100411	0.22306533	0.31308402	0.298371525	0.246255077
0.048235778	0.202403772	0.149821754	0.34527068	0.37439799	0.20725633	0.35986184	0.385362834	0.272879837
0.051245145	0.219600635	0.162579184	0.33780893	0.38467228	0.22556204	0.38987749	0.392192773	0.286903819
0.054442262	0.272599188	0.171367202	0.34577478	0.40445353	0.26011408	0.47264255	0.370607756	0.313506453
0.057838843	0.269046134	0.177160303	0.37033931	0.42961551	0.25710648	0.42491597	0.317734535	0.308050501
0.061447332	0.23618829	0.195531308	0.39398729	0.44031845	0.23825223	0.37658556	0.369118677	0.308398969
0.065280949	0.263974998	0.16523923	0.38712479	0.41461143	0.24367768	0.41529858	0.407448719	0.312137063
0.069353742	0.341294533	0.184529332	0.38427813	0.46167788	0.29831056	0.38806586	0.449561535	0.344978327
0.07368063	0.362072017	0.204213271	0.38910273	0.50245878	0.32252503	0.34805066	0.497337262	0.361516935
0.078277467	0.287745829	0.178324947	0.35211626	0.54087028	0.33634561	0.30776968	0.542065274	0.342099101
0.083161095	0.251814105	0.163142	0.37454505	0.58516117	0.29182282	0.29072057	0.572602677	0.331226222
0.088349406	0.300989249	0.161286	0.34283744	0.55627095	0.36296732	0.34264018	0.503635944	0.344842401
0.093861409	0.348318907	0.146782	0.34225567	0.5987918	0.4419255	0.33720746	0.493487664	0.359134477
0.099717298	0.364223014	0.177676	0.3965488	0.69395622	0.43285628	0.36478147	0.678026091	0.408755927
0.105938528	0.379676471	0.169716	0.43605699	0.78168198	0.45207629	0.38186775	0.636431	0.422750127
0.112547893	0.403167631	0.188101	0.4737743	0.782034	0.48324912	0.50737851	0.661221	0.462917157
0.119569608	0.324851	0.208484	0.491586	0.772634	0.46276488	0.61356039	0.656556	0.466324942
0.127029398	0.249580	0.171097	0.450574	0.683584	0.4761336	0.58942871	0.575316	0.415101077

0.134954594	0.253828	0.127701	0.368119	0.659641	0.44769858	0.39095581	0.580005	0.361003
0.143374233	0.321933	0.110788	0.318450	0.658158	0.37180031	0.281801	0.496221	0.325682
0.152319162	0.361324	0.132202	0.326544	0.701528	0.39127473	0.246885	0.461940	0.336477
0.161822153	0.354124	0.158364	0.373022	0.740109	0.39096878	0.26211538	0.451838512	0.355451
0.171918024	0.358355	0.170605	0.436493	0.734238	0.37975652	0.28205921	0.496356584	0.374943
0.182643762	0.382954	0.164195	0.468600	0.662588	0.330133	0.27490548	0.448881913	0.360763
0.194038665	0.373693818	0.187463	0.487144	0.646848	0.350821	0.3110495	0.390669	0.369538
0.206144481	0.290352062	0.199261	0.494854	0.640287	0.318586	0.344895	0.364524	0.356667
0.219005563	0.224519219	0.174478	0.474802	0.483740	0.278577	0.339984	0.435500	0.323542
0.232669031	0.200380659	0.163096	0.430292	0.459355	0.268223	0.38787369	0.358652449	0.304196
0.247184945	0.245975839	0.167131	0.383515	0.385279	0.293446	0.42320074	0.25248257	0.294134
0.262606487	0.274541	0.167864	0.375886	0.407582	0.32692892	0.47306645	0.242869827	0.308378
0.278990159	0.247101088	0.169987	0.411187	0.295792	0.344611	0.46372464	0.209791577	0.289705
0.296395986	0.242384699	0.172460	0.404804	0.270737	0.332376	0.44267963	0.213960	0.282677
0.31488774	0.241786869	0.175697	0.375981	0.259596	0.274792	0.365730	0.258114718	0.271076
0.334533171	0.233924078	0.173741	0.375044	0.254296	0.193497	0.31567848	0.333280112	0.259343
0.355404253	0.211133759	0.170794	0.248792	0.249246	0.152480	0.25433839	0.331466	0.224503
0.377577455	0.20524683	0.165624	0.221791	0.215794	0.147052	0.2100321	0.258203801	0.200388
0.401134014	0.179541658	0.160111127	0.260734	0.199830	0.141238	0.240468	0.206324255	0.194408
0.426160236	0.196921003	0.157448105	0.243392	0.216270	0.131529	0.22920021	0.154958	0.185730
0.45274781	0.163495441	0.159588	0.195054	0.215650	0.120098	0.21892555	0.137996	0.169273
0.480994148	0.138884655	0.159496	0.136539	0.219632	0.126744	0.20324851	0.139078	0.157273
0.511002737	0.132885	0.154148	0.138518	0.211575	0.110728	0.182531	0.147155	0.150946
0.542883523	0.121048	0.145548	0.153098	0.179169	0.10743938	0.15511243	0.149929	0.142744
0.576753309	0.144873	0.138620	0.142727	0.150774	0.098167	0.12376612	0.137087	0.132574
0.612736187	0.172680	0.135723	0.106928	0.117503	0.101663	0.102800	0.143400	0.123625
0.650963988	0.146578	0.134804	0.086796	0.096055	0.103015	0.098269	0.176912	0.116714
0.691576772	0.100945	0.138684	0.097583	0.108010	0.106504	0.100720	0.151387	0.113297
0.734723333	0.080328807	0.143286	0.101336	0.104031	0.105646	0.100002	0.105399	0.104393012
0.780561751	0.073948	0.143113	0.099411	0.080638	0.099016	0.10584107	0.080691869	0.095366441
0.829259968	0.075456441	0.138667681	0.073834	0.082314	0.092402	0.1069969	0.069486451	0.088842931
0.880996402	0.073982273	0.130794616	0.06827163	0.088775	0.08655614	0.10246515	0.069926699	0.086546994
0.935960604	0.080704876	0.123885406	0.06759283	0.067066	0.07598863	0.09421798	0.079004207	0.082328559
0.99435395	0.081864607	0.11694261	0.0846813	0.06914384	0.07838833	0.08527322	0.075607906	0.083511976
1.056390	0.076897971	0.120359284	0.08794592	0.06847384	0.06575699	0.074876	0.066248931	0.078384164
1.122	0.068780888	0.112122754	0.08450486	0.07491904	0.07796441	0.06664125	0.047354085	0.073878644
1.192	0.055821001	0.108605023	0.08075929	0.09057811	0.06191514	0.06284176	0.033973654	0.066681789
1.267	0.046845648	0.093684172	0.06878181	0.07843442	0.06076713	0.05840366	0.029944355	0.059092753
1.346	0.042550158	0.086649787	0.05135656	0.06249073	0.05353997	0.05322857	0.030153057	0.051918149
1.430	0.038222983	0.078904573	0.04251364	0.06023388	0.05852335	0.04754011	0.027396841	0.048018903
1.519	0.034051116	0.071286424	0.03410191	0.05329112	0.05173808	0.04167528	0.024720804	0.042118676
1.614	0.029560258	0.065313576	0.02852705	0.05777025	0.04765762	0.03586069	0.024698108	0.038880047
1.714	0.030875244	0.061596215	0.02121447	0.05682871	0.03161007	0.0305731	0.021808077	0.033597477
1.821	0.027865688	0.06975751	0.02478856	0.05353548	0.03129321	0.02569104	0.022553258	0.033441439
1.935	0.022056936	0.068288488	0.0215801	0.04721292	0.03509738	0.02102988	0.021848748	0.030534593
2.056	0.015515963	0.070117452	0.02615127	0.04011587	0.02877034	0.01672459	0.020240168	0.027235327
2.184	0.013174929	0.068829922	0.02604659	0.03531692	0.0260398	0.0140492	0.019088894	0.02483402
2.320	0.010951883	0.060297046	0.02285	0.03492814	0.02409757	0.01259154	0.018500085	0.022542929
2.464861	0.009413934	0.046669463	0.02114615	0.02811952	0.01907223	0.01118305	0.015646149	0.01893223
2.619	0.008344559	0.036849625	0.01834703	0.02290982	0.01478766	0.01004827	0.013317623	0.015889865
2.782	0.007310191	0.026569559	0.01904565	0.01857823	0.01298785	0.00917094	0.010439828	0.01358652
2.955581	0.006340354	0.019960267	0.01818463	0.0156999	0.01288766	0.00829572	0.007975915	0.011743913
3.140	0.005453637	0.016406224	0.01551783	0.01804407	0.01402872	0.00742294	0.006252594	0.010724058
3.336	0.004655025	0.014227767	0.01280993	0.02133741	0.0166921	0.00658101	0.005699547	0.010180524

3.544	0.003946845	0.012168992	0.01264768	0.02165667	0.01624972	0.0057892	0.005085764	0.009359991
3.765100	0.003330237	0.010901933	0.01038359	0.01668696	0.01285047	0.00505788	0.004562686	0.007867381
4.000	0.002801292	0.009777843	0.00724311	0.01215831	0.01240608	0.00439486	0.004082726	0.006585085

- STATO LIMITE VITA (SLV)

Valori dello spettro di output per lo stato limite considerato:

0.01	0.390911061	0.302639172	0.37624814	0.34275174	0.31588901	0.40044753	0.36947768	0.355178358
0.010623887	0.391039471	0.302695303	0.37641953	0.34278597	0.31639299	0.40059423	0.369655645	0.355356558
0.011286697	0.391182395	0.302758375	0.37661848	0.34282302	0.31696865	0.40075987	0.369855186	0.355558718
0.011990859	0.391344773	0.302829848	0.37685188	0.34286295	0.31767375	0.40094744	0.370079107	0.355796627
0.012738953	0.391528022	0.302909153	0.37714255	0.34290287	0.31843871	0.40115792	0.370326933	0.356061887
0.01353372	0.391729027	0.303001026	0.37741503	0.34293769	0.31931835	0.40139735	0.370609254	0.356354872
0.01437807	0.391918892	0.303097488	0.37775025	0.34295553	0.32034283	0.40166941	0.370979514	0.356692142
0.015275099	0.392172269	0.303209248	0.37813767	0.34295744	0.3215234	0.40195506	0.371311116	0.357065771
0.016228092	0.392680259	0.303348346	0.37882732	0.34304838	0.32282651	0.40230649	0.371485408	0.357536813
0.017240542	0.392887492	0.303468908	0.37892876	0.34336971	0.32427616	0.40274032	0.372449497	0.358062218
0.018316156	0.39284737	0.303609617	0.37921274	0.34370915	0.32604695	0.40321625	0.374153913	0.35874274
0.019458877	0.393521791	0.30383138	0.37950637	0.34383102	0.32838132	0.40390113	0.375060209	0.359503285
0.020672891	0.393911809	0.303976627	0.38130803	0.3436796	0.33067608	0.40468509	0.37150647	0.359767711
0.021962645	0.393925331	0.304189093	0.38530022	0.34373764	0.33242594	0.40565143	0.368199712	0.360284051
0.023332866	0.394741024	0.304423371	0.38632536	0.34533819	0.33357093	0.40680345	0.375806623	0.362186443
0.024788572	0.39551205	0.304746622	0.380853	0.34705296	0.3365088	0.40823977	0.377226935	0.362692041
0.026335099	0.394945368	0.305459826	0.38337275	0.34752711	0.33938952	0.40960178	0.381248738	0.364318639
0.027978111	0.395441702	0.305989605	0.38055426	0.34820085	0.33584423	0.40808425	0.403078108	0.366354714
0.029723628	0.398484666	0.305516073	0.37344957	0.34946194	0.34872963	0.41301602	0.390827482	0.366861912
0.031578046	0.4018501	0.305971045	0.39828971	0.34935166	0.34483088	0.41524629	0.366543287	0.367070152
0.033548158	0.408570117	0.305776289	0.40647235	0.34446225	0.35027161	0.41279931	0.39188958	0.372287681
0.035641184	0.415067033	0.309243309	0.41298855	0.34857343	0.37400628	0.41372952	0.420010364	0.382636687
0.03786479	0.42208391	0.310750434	0.42039637	0.3543919	0.39950232	0.42744977	0.417571665	0.3908523
0.040227124	0.422482077	0.310266961	0.42564055	0.35924167	0.41895752	0.44879314	0.42224532	0.398337005
0.042736842	0.425711539	0.315406704	0.4554772	0.35836753	0.40450223	0.46908989	0.428851519	0.404877511
0.045403137	0.412368971	0.308696976	0.45066807	0.35292123	0.38332016	0.54309297	0.484656668	0.41280613
0.048235778	0.402614737	0.322850636	0.45775407	0.35255068	0.37426588	0.54174564	0.537610866	0.419508974
0.051245145	0.405449658	0.324508962	0.45129773	0.3577403	0.41868033	0.59690127	0.577937246	0.437502013
0.054442262	0.413400644	0.322028466	0.49801875	0.36373972	0.41303644	0.59261659	0.701670719	0.456666993
0.057838843	0.444486747	0.322841388	0.52954454	0.36710845	0.45021631	0.61863479	0.688254476	0.4736417
0.061447332	0.454225547	0.383867568	0.5629582	0.36760926	0.49064982	0.57387473	0.691496984	0.492475856
0.065280949	0.480539014	0.377333528	0.541693	0.36291753	0.47560752	0.61472629	0.850620679	0.509110044
0.069353742	0.477850129	0.402263743	0.6013005	0.36741205	0.58729128	0.70805918	0.824047448	0.546462561
0.07368063	0.449774219	0.435464994	0.58164253	0.37420814	0.77414246	0.73149896	0.69841668	0.558078383
0.078277467	0.436384904	0.498534011	0.57367024	0.38480892	0.81202024	0.88463719	0.694124728	0.58676348
0.083161095	0.522448108	0.520219	0.56350133	0.37440834	0.80366096	0.93529182	0.782371966	0.616169835
0.088349406	0.558815065	0.552432	0.71894161	0.34794426	0.74164102	1.05234544	0.708558408	0.637314705
0.093861409	0.600838818	0.566940	0.73366568	0.36815034	0.63256255	0.9176737	0.699228096	0.625219796
0.099717298	0.693487812	0.559194	0.6902517	0.38981551	0.66096821	1.04011846	0.649790037	0.64533658
0.105938528	0.713612994	0.492838	0.7016061	0.43097076	0.60352706	1.092	0.645466	0.642622513
0.112547893	0.860199971	0.429873	0.90739088	0.488893	0.6890613	1.041	0.616578	0.68741159
0.119569608	0.978609	0.433949	0.790412	0.480442	0.81065757	1.121	0.585276	0.704064726
0.127029398	1.040787	0.509818	0.845097	0.534178	0.98178251	1.24172968	0.528812	0.765776257
0.134954594	1.043809	0.556621	0.900427	0.599616	1.12380462	0.99193953	0.609490	0.801848
0.143374233	0.967141	0.683226	0.982457	0.636515	1.12388597	1.161842	0.626672	0.856498

0.152319162	0.807678	0.752303	1.141180	0.651703	1.04864423	1.422638	0.689980	0.896424
0.161822153	0.784558	0.680630	1.218996	0.691679	0.89341238	1.64348677	0.718323967	0.899078
0.171918024	0.990141	0.662109	0.922625	0.702363	0.94809109	1.68474401	0.787090278	0.914300
0.182643762	1.108343	0.593597	0.882334	0.630958	0.907939	1.41454504	0.689607348	0.851439
0.194038665	1.15297278	0.563552	0.909610	0.662031	0.658683	1.21408302	0.774606	0.816715
0.206144481	1.15144121	0.657153	0.980044	0.659963	0.532671	1.095893	0.977915	0.833462
0.219005563	0.942254391	0.788994	1.076538	0.655665	0.550138	1.233655	1.040977	0.867835
0.232669031	0.717242603	0.878739	0.969485	0.676409	0.498416	1.50534821	0.891529177	0.832213
0.247184945	0.726594149	0.919701	0.864137	0.703442	0.420840	1.50160389	0.681828601	0.779599
0.262606487	0.769582	0.816843	0.954627	0.761221	0.52478672	1.45778275	0.675908377	0.813714
0.278990159	0.595115344	0.715538	0.988509	0.830975	0.573658	1.164	0.771099861	0.782827
0.296395986	0.461902902	0.646218	1.004363	0.726111	0.480613	1.09561924	0.774859	0.707597
0.31488774	0.501672529	0.590733	1.046055	0.739859	0.390482	0.952323	0.613341192	0.656059
0.334533171	0.52338557	0.549500	0.961105	0.734403	0.386889	0.79788686	0.671673925	0.635996
0.355404253	0.523122003	0.500277	0.954576	0.756655	0.396609	0.92508263	0.761705	0.656977
0.377577455	0.614289756	0.539149	0.986506	0.763358	0.452871	0.95566541	0.724545248	0.694854
0.401134014	0.648945805	0.594185429	0.963328	0.754340	0.459450	0.737952	0.600992456	0.664312
0.426160236	0.621595441	0.612392072	0.942368	0.732955	0.439552	0.65569486	0.484764	0.623751
0.45274781	0.565049631	0.594248	0.863939	0.701356	0.461844	0.5661374	0.451912	0.587093
0.480994148	0.489083992	0.527977	0.704105	0.660790	0.481413	0.54086572	0.492242	0.550896
0.511002737	0.403568	0.475445	0.558642	0.611239	0.433700	0.492846	0.424969	0.480937
0.542883523	0.361380	0.432480	0.445855	0.555860	0.36475506	0.53290563	0.486204	0.448680
0.576753309	0.327542	0.397985	0.434859	0.527422	0.341877	0.48249413	0.510614	0.425332
0.612736187	0.275947	0.349085	0.457131	0.500391	0.328341	0.436889	0.449221	0.391904
0.650963988	0.213114	0.299334	0.444999	0.468299	0.296226	0.353327	0.423830	0.345671
0.691576772	0.159186	0.251701	0.402683	0.442218	0.272380	0.280047	0.472689	0.307041
0.734723333	0.167825947	0.215916	0.399912	0.459496	0.261030	0.235279	0.411474	0.288973516
0.780561751	0.170318	0.176413	0.393028	0.449055	0.256243	0.20215529	0.455032749	0.276957657
0.829259968	0.17143822	0.144270769	0.367143	0.391460	0.246827	0.16539224	0.443976085	0.251939711
0.880996402	0.161975393	0.125185074	0.33997544	0.341836	0.23169202	0.16152847	0.362674581	0.227955002
0.935960604	0.162770609	0.129107087	0.31564266	0.298572	0.23470797	0.12982876	0.326137336	0.212678801
0.99435395	0.16069164	0.108423809	0.28921333	0.25062454	0.22567821	0.13660131	0.331037335	0.200195573
1.056390	0.191064368	0.105556146	0.26223408	0.19810198	0.20768383	0.15688682	0.348329341	0.197906498
1.122	0.208302426	0.131541391	0.25316659	0.15504959	0.19908965	0.13830378	0.38437472	0.196676759
1.192	0.198782064	0.127119088	0.24608026	0.13867465	0.18612049	0.12313039	0.391085408	0.186091935
1.267	0.187474128	0.092381975	0.23175376	0.13577404	0.17256241	0.11621867	0.378446669	0.170193396
1.346	0.150791336	0.094826254	0.21331273	0.12750934	0.16166021	0.10079467	0.329967481	0.154392104
1.430	0.125731981	0.101924714	0.23006553	0.11169219	0.1483591	0.11378317	0.267041782	0.147016912
1.519	0.106828922	0.083831788	0.21936418	0.11563063	0.13296977	0.11000603	0.20894599	0.131892455
1.614	0.10538158	0.059548309	0.20903152	0.12500865	0.11715177	0.07590042	0.16283735	0.113148182
1.714	0.100929848	0.059010884	0.19807691	0.12648515	0.10257424	0.05573546	0.155423899	0.10411225
1.821	0.08917761	0.064283442	0.18033007	0.12837105	0.08974493	0.04886927	0.144350451	0.097542403
1.935	0.087029855	0.073136315	0.15539905	0.13570135	0.08018938	0.04325268	0.105250969	0.090311157
2.056	0.082566523	0.067730709	0.12739353	0.13288423	0.07079171	0.04144977	0.077980838	0.080371192
2.184	0.073494768	0.055421281	0.11021627	0.12760902	0.06256794	0.0372239	0.060183149	0.069747687
2.320	0.064963053	0.04663759	0.09790672	0.1127241	0.0566672	0.03823479	0.048533048	0.061986092
2.464861	0.056681433	0.044064596	0.08430647	0.10051716	0.05149003	0.03602947	0.042159619	0.055661959
2.619	0.05725333	0.039597026	0.07015332	0.08702136	0.04404472	0.03304998	0.038557847	0.049959314
2.782	0.049413028	0.032291099	0.05628927	0.07145669	0.03705522	0.0272925	0.034783626	0.041874679
2.955581	0.049191032	0.027678727	0.05108499	0.06070438	0.03385541	0.02415147	0.028469419	0.037184035
3.140	0.033875818	0.021177085	0.04630007	0.05057933	0.02905129	0.02310799	0.025214883	0.031146811
3.336	0.036638361	0.015549455	0.041369	0.04122868	0.02381723	0.0200599	0.023045603	0.027087065
3.544	0.028929927	0.013019895	0.03648568	0.03501661	0.02081042	0.01528908	0.021449408	0.022881781
3.765100	0.02202957	0.010111838	0.0318052	0.03081673	0.01865877	0.01244704	0.019154949	0.019226812
4.000	0.025834286	0.007684315	0.02743631	0.02668289	0.01657854	0.01161627	0.01648195	0.017286684

La parametrizzazione dello spettro di risposta medio ottenuto viene condotta mediante la procedura suggerita dagli "Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica" (GdL MS, 2008 – parti I e II – punto 2.5.4.3.1 pag 92). Partendo dallo spettro di risposta medio in accelerazione rappresentativo dei 7 accelerogrammi, tale procedura prevede:

- l'individuazione del periodo per il quale è massimo il valore dello spettro in accelerazione (TA);
- il calcolo del valor medio dello spettro in accelerazione (SA) nell'intorno tra 0.5 TA−1.5 TA;
- l'individuazione del periodo per il quale è massimo il valore dello spettro in pseudovelocità (TV);
- il calcolo del valore medio dello spettro in pseudovelocità (SV) nell'intorno tra 0.8 TV−1.2 TV;

- il calcolo del valore di $T_c = 2\pi \frac{SV}{SA}$;
- il calcolo del valore di $T_b = 1/3\ T_c$;
- il calcolo del valore $T_d = 4\ a_g/g + 1.6$ con a_g uguale al valore di accelerazione a T uguale a zero;
- l'applicazione delle equazioni riportate nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) per la determinazione dei tratti dello spettro tra T_o, T_b, T_c, T_d, T_4.

Più avanti viene proposta normalizzazione secondo tale procedura attraverso il software "Resp".

8. CONCLUSIONI

In riferimento alle specifiche del DM 17.01.2018 (§ 7.11.3) è stato redatto uno studio di Risposta Sismica Locale, commissionato dal Comune di Montone, per il Progetto di "Ampliamento Scuola per l'infanzia in Montone (PG).

Tale struttura, in riferimento al § 2.4.1 del NTC2018, è definita di "Classe d'uso III", Coefficiente d'uso C_u = 1,5 e con una vita nominale di 50 anni come indicato dal progettista.

L'analisi di RSL, eseguita ai vari Stati Limite (SLO-SLD-SLV) ha evidenziato un incremento contenuto del valore di picco a_g, rispetto ai valori riferiti al bedrock (suolo rigido Cat. A, orizzontale e campo libero).

Alla luce di quanto ottenuto l'utilizzo dello Spettro di RSL al posto di quello di Normativa vedi (§ 3.2 Ordinanza n. 55 24/4/2018), è consigliabile in favore della sicurezza e comunque resta a discrezione del progettista l'analisi con l'approccio ritenuto più consono al progetto.

Questo è quanto risulta dal confronto fra gli spettri di Normativa e lo Spettro di Risposta ottenuto con l'analisi numerica; i dati sono stati estrapolati dal software "Resp" e si riporta di seguito la relazione generale di output del programma stesso, per ogni Stato Limite considerato.

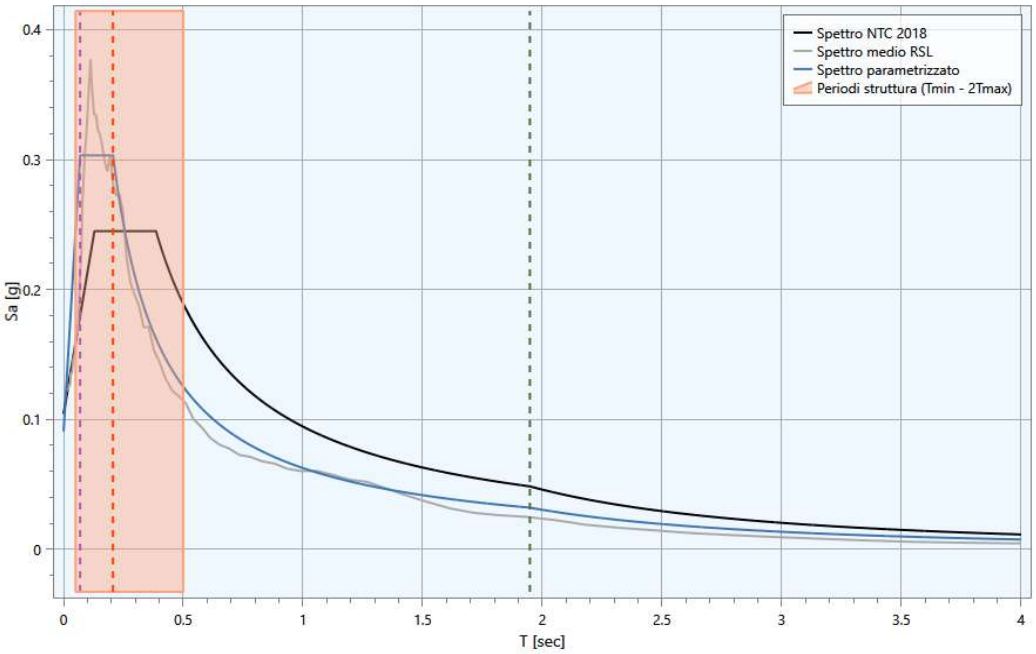
STATO LIMITE SLO

Ubicazione sito: Montone (PG)
Coordinate (datum WGS84): lon. 12.3254° lat. 43.3620°

Archivio: Scuola Montone_SLO.rsp - **Data :** 03/04/2023

RELAZIONE DI CALCOLO

REGOLARIZZAZIONE SPETTRI DI RISPOSTA



Oggetto: Ampliamento Scuola per l'infanzia di Montone

Committente	Progettista
Comune di Montone	

Sommario

1. Introduzione 34
2. Normativa di riferimento 34
3. Parametri sismici di base 34
3.1 Pericolosità simsica del sito in esame 35
4. Spettro di risposta approccio semplificato NTC18 35
4.1 Stratigrafia e spettro di risposta NTC18 36
5. Regolarizzazione spettro di risposta ottenuto da analisi RSL 37
6. Confronto tra gli spettri di risposta MS3 e NTC18 (§ 3.2 Ordinanza n. 55 24/4/2018) 49

1. Introduzione

Di seguito vengono riportati i risultati del confronto tra gli spettri di risposta proposti dal nuovo testo unico sulle costruzioni (NTC18), mediante l'approccio semplificato, e quelli forniti dalle analisi di risposta sismica locale (microzonazione sismica di III livello). Tali confronti vengono condotti secondo quanto indicato all'interno dell'***Ordinanza n. 55 del 24 aprile 2018.***

2. Normativa di riferimento

La normative di riferimento per lo studio del problema in esame sono:

- D.M. del 17 Gennaio 2018 (Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni");
- Ordinanza n. 55 del 24 aprile 2018.

3. Parametri sismici di base

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale ed attraverso le ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{V_R}, nel periodo di riferimento V_R, come definito nel § 2.4. Tali forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento P_{V_R} nel periodo di riferimento V_R a partire dai seguenti parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I valori suddetti possono essere calcolati con riferimento a quattro diversi stati limite ai quali corrispondono le seguenti probabilità di superamento:

Tab. 3.2.I – *Probabilità di superamento P_{V_R} in funzione dello stato limite considerato*

Stati Limite	P_{V_R}: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Stabilito il periodo di riferimento della costruzione mediante la seguente relazione:

$V_R = V_N \, C_U$

dove:

- V_N vita nominale della costruzione;
- C_U coefficiente d'uso della costruzione.

è possibile, per ciascuno stato limite, ricavare il periodo di ritorno T_R del sisma utilizzando la seguente:

$$T_R = \frac{-V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

In funzione del periodo di ritorno dell'evento T_R i parametri della pericolosità sismica di base sono forniti a partire da un reticolo di riferimento disponibile sul sito http://esse1.mi.ingv.it/; un punto (che individua la posizione del sito di interesse) interno a tale reticolo può essere processato mediante media pesata dei valori assunti dal generico parametro nei vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici, attraverso la seguente espressione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^{4} \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^{4} \frac{1}{d_i}}$$

dove:

- p valore del parametro di interesse nel punto in esame;

- p_i valore del parametro di interesse nell'i-esimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame;
- d_i è la distanza del punto in esame dall'i-esimo punto della maglia suddetta.

3.1 Pericolosità simsica del sito in esame

Per il sito in esame si ottiene:

Latitudine (Datum ED50) [°]	43°.3629
Longitudine (Datum ED50) [°]	12°.3264
Altitudine [s.l.m.]:	463.00
Tipo di opera	Opere ordinarie
Classe d'uso	III
Vita nominale [anni]	50
Coefficiente d'uso	1.5

Sui quattro punti del reticolo di riferimento risulta:

Identificativi e coordinate (Datum ED50) dei punti che includono il sito		
Numero punto	**Latitudine [°]**	**Longitudine [°]**
21850	43.3790	12.3207
22073	43.3297	12.3904
22072	43.3290	12.3216
21851	43.3797	12.3895

Da cui, attraverso l'interpolazione per il sito in esame, si ottiene:

	Parametri dello spettro di risposta orizzontale			
	SLV	**SLC**	**SLD**	**SLO**
Tempo di ritorno	712	1462	75	45
Accelerazione sismica	0.261	0.33	0.111	0.087
Coefficiente Fo	2.402	2.41	2.322	2.346
Periodo T_C*	0.309	0.321	0.276	0.27

4 Spettro di risposta approccio semplificato NTC18

L'approccio semplificato proposto dall'NTC18 consente di ottenere degli spettri di risposta che tengano conto degli effetti di sito (§3.2.2 NTC18). In particolare, tali effetti vengono classificati in:

- Effetti stratigrafici;
- Effetti topografici.

Per entrambi la normativa consente di associare rispettivamente una categoria stratigrafica ed una categoria topografica. La prima, in base alla stratigrafia in esame, viene valutata in funzione del parametro:

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

Dove:

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

Le categorie di sottosuolo che consentono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite nella seguente tabella:

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

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

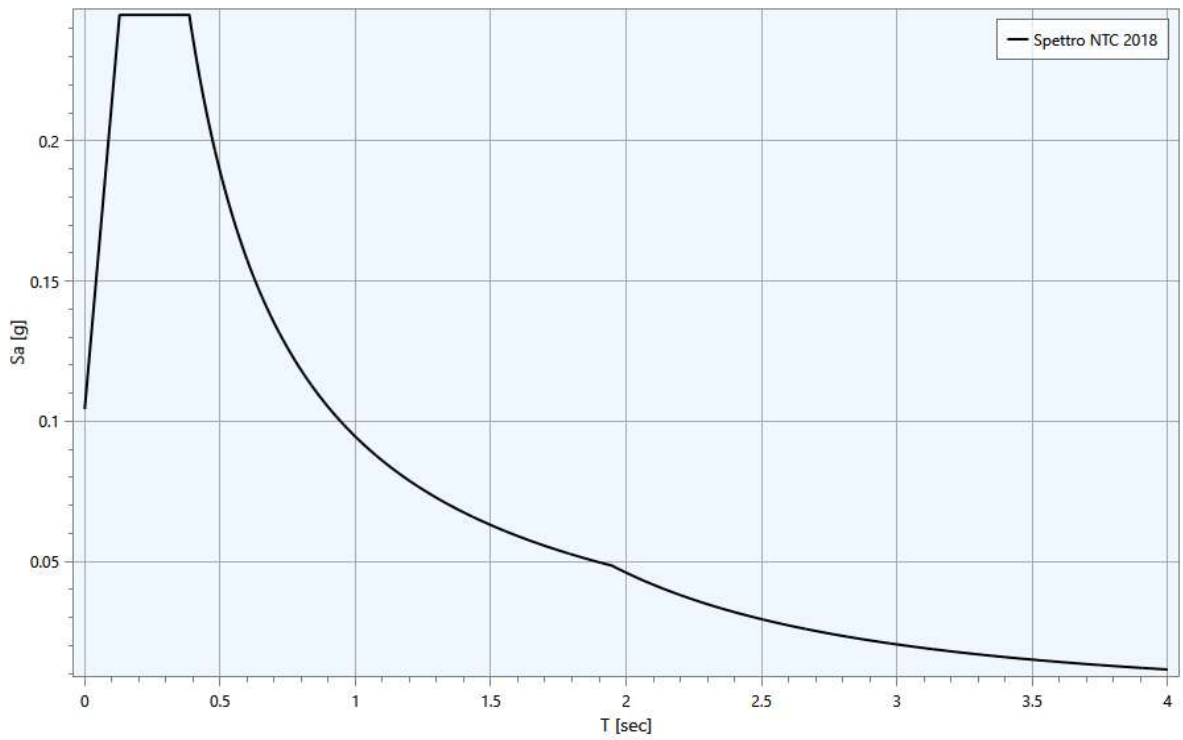
Per valutare gli effetti topografici è possibile far riferimento, nel caso di configurazioni semplici (creste e dorsali allungati con altezza superiore a 30 m), alle seguenti categorie:

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

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

4.1 Stratigrafia e spettro di risposta NTC18

Nel caso specifico la stratigrafia considerata risulta: ***B;***
La categoria topografica risulta: ***T1;***
Lo spettro di risposta in pseudo-accelerazione per lo stato limite per lo stato limite ***SLO*** e per uno smorzamento di riferimento $\xi = 5\%$ viene di seguito riportato.



5. Regolarizzazione spettro di risposta ottenuto da analisi RSL

Mediante la procedura di regolarizzazione proposta nell'appendice 1 dell'ordinanza n.55 del 24 Aprile 2018 è possibile trasformare lo spettro di risposta, risultato di simulazioni numeriche di risposta sismica locale, in uno spettro con forma standard (secondo NTC18). In particolare, tale procedura fornisce i parametri per l'inserimento dello spettro elastico all'interno di codici di calcolo per l'analisi strutturale finalizzati alla progettazione delle strutture in zona sismica. Tali parametri sono:

- S coefficiente di amplificazione che tiene conto delle condizioni stratigrafiche e delle condizioni topografiche da cui è possibile stimare $a_{max} = S\, a_g$ dove a_{max} e a_g rappresentano rispettivamente l'accelerazione d'angoraggio dello spettro di risposta con effetti di sito e l'accelerazione orizzontale massima su suolo di tipo A;
- T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;
- T_C è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro;
- T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro;
- F_0 fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale.

Di seguito vengono riportati i vari steps della procedura:

a) Si calcola lo spettro di pseudoaccelerazione (S_A) e si determina il periodo proprio (T_A) per il quale è massimo il valore dello spettro di pseudoaccelerazione;

b) Si calcola il valore medio dello spettro ($S_{A,m}$) nell'intorno di T_A tra $0.5\ T_A$ e $1.5\ T_A$, questo valore sarà assunto come valore costante del tratto ad accelerazione costante dello spettro standard:

$$S_{A,m} = \frac{1}{T_A} \int_{0.5\ T_A}^{1.5\ T_A} S_A(T)\, dT$$

c) Si determina lo spettro di pseudovelocità (S_V) a partire da quello di accelerazione, moltiplicando le ordinate spettrali di quest'ultimo per l'inverso della corrispondente frequenza circolare $\omega = 2\pi/T$:

$$S_V(T) = S_A(T)\frac{T}{2\pi}$$

e quindi si individua il periodo (T_V) per il quale è massimo il valore dello spettro di pseudovelocità;

d) Si calcola il valore medio dello spettro ($S_{V,m}$) nell'intorno di T_V nell'intorno tra $0.8\ T_V$ e $1.2\ T_V$:

$$S_{V,m} = \frac{1}{0.4\ T_V}\int_{0.8\ T_V}^{1.2\ T_V} S_V(T)dT$$

e) Si determina il periodo in corrispondenza del quale si incontrano i due rami dello spettro ad accelerazione costante e velocità costante:

$$T_C = 2\pi\frac{S_{V,m}}{S_{A,m}}$$

f) Si determina $T_B = \frac{1}{3}T_C$, $T_D = 4.0\frac{a_g}{g} + 1.6$ ed $S = \frac{a_{max}}{a_g}$ con a_{max} punto di ancoraggio a T=0 dello spettro di output. Poiché il valore di amax non è generalmente fornito nello spettro delle simulazioni numeriche si procede per estrapolazione lineare, secondo la seguente equazione:

$$a_{max} = \left(\frac{S_e(T=0.01s)}{S_{A,m}} - \frac{0.01}{T_B}\right)\left(\frac{S_{A,m}}{1-\frac{0.01}{T_B}}\right)$$

con $S_e(T=0.01s)$ ordinata dello spettro di accelerazione per $T = 0.01s$, primo valore del periodo nello spettro elastico delle simulazioni numeriche.

Infine, una volta stabilito lo smorzamento di riferimento ξ, le ordinate dello spettro in pseudo-accelerazione vengono ottenute mediante le seguenti relazioni:

$0 \le T \le T_B$ $\quad S_e(T) = a_g\ S\ \eta\ F_0\left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta\ F_0}\left(1-\frac{T}{T_B}\right)\right]$

$T_B \le T \le T_C$ $\quad S_e(T) = a_g\ S\ \eta\ F_0$

$T_C \le T \le T_D$ $\quad S_e(T) = a_g\ S\ \eta\ F_0\left(\frac{T_C}{T}\right)$

$T \le T_D$ $\quad S_e(T) = a_g\ S\ \eta\ F_0\left(\frac{T_C\ T_D}{T^2}\right)$

nelle quali:

- T periodo proprio di vibrazione;
- η è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali B diversi dal 5%, mediante la relazione:

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \ge 0.55$$

Di seguito si riportano i punti dello spettro di risposta ottenuto dalle simulazioni numeriche:

	T [sec]	Sa [g]
1	0.00	0.091
2	0.0688	0.303
3	0.2064	0.303
4	0.2064	0.303
5	0.2153	0.291
6	0.2241	0.279
7	0.233	0.269
8	0.2418	0.259

9	0.2506	0.25
10	0.2595	0.241
11	0.2683	0.233
12	0.2772	0.226
13	0.286	0.219
14	0.2948	0.212
15	0.3037	0.206
16	0.3125	0.20
17	0.3214	0.195
18	0.3302	0.19
19	0.339	0.185
20	0.3479	0.18
21	0.3567	0.175
22	0.3656	0.171
23	0.3744	0.167
24	0.3832	0.163
25	0.3921	0.16
26	0.4009	0.156
27	0.4098	0.153
28	0.4186	0.15
29	0.4274	0.146
30	0.4363	0.143
31	0.4451	0.141
32	0.454	0.138
33	0.4628	0.135
34	0.4717	0.133
35	0.4805	0.13
36	0.4893	0.128
37	0.4982	0.126
38	0.507	0.123
39	0.5159	0.121
40	0.5247	0.119
41	0.5335	0.117
42	0.5424	0.115
43	0.5512	0.114
44	0.5601	0.112
45	0.5689	0.11
46	0.5777	0.108
47	0.5866	0.107
48	0.5954	0.105
49	0.6043	0.104
50	0.6131	0.102
51	0.6219	0.101

52	0.6308	0.099
53	0.6396	0.098
54	0.6485	0.097
55	0.6573	0.095
56	0.6661	0.094
57	0.675	0.093
58	0.6838	0.092
59	0.6927	0.09
60	0.7015	0.089
61	0.7103	0.088
62	0.7192	0.087
63	0.728	0.086
64	0.7369	0.085
65	0.7457	0.084
66	0.7545	0.083
67	0.7634	0.082
68	0.7722	0.081
69	0.7811	0.08
70	0.7899	0.079
71	0.7987	0.078
72	0.8076	0.078
73	0.8164	0.077
74	0.8253	0.076
75	0.8341	0.075
76	0.8429	0.074
77	0.8518	0.073
78	0.8606	0.073
79	0.8695	0.072
80	0.8783	0.071
81	0.8871	0.071
82	0.896	0.07
83	0.9048	0.069
84	0.9137	0.069
85	0.9225	0.068
86	0.9314	0.067
87	0.9402	0.067
88	0.949	0.066
89	0.9579	0.065
90	0.9667	0.065
91	0.9756	0.064
92	0.9844	0.064
93	0.9932	0.063
94	1.0021	0.062

95	1.0109	0.062
96	1.0198	0.061
97	1.0286	0.061
98	1.0374	0.06
99	1.0463	0.06
100	1.0551	0.059
101	1.064	0.059
102	1.0728	0.058
103	1.0816	0.058
104	1.0905	0.057
105	1.0993	0.057
106	1.1082	0.056
107	1.117	0.056
108	1.1258	0.056
109	1.1347	0.055
110	1.1435	0.055
111	1.1524	0.054
112	1.1612	0.054
113	1.17	0.054
114	1.1789	0.053
115	1.1877	0.053
116	1.1966	0.052
117	1.2054	0.052
118	1.2142	0.052
119	1.2231	0.051
120	1.2319	0.051
121	1.2408	0.05
122	1.2496	0.05
123	1.2584	0.05
124	1.2673	0.049
125	1.2761	0.049
126	1.285	0.049
127	1.2938	0.048
128	1.3026	0.048
129	1.3115	0.048
130	1.3203	0.047
131	1.3292	0.047
132	1.338	0.047
133	1.3469	0.046
134	1.3557	0.046
135	1.3645	0.046
136	1.3734	0.046
137	1.3822	0.045

138	1.3911	0.045
139	1.3999	0.045
140	1.4087	0.044
141	1.4176	0.044
142	1.4264	0.044
143	1.4353	0.044
144	1.4441	0.043
145	1.4529	0.043
146	1.4618	0.043
147	1.4706	0.043
148	1.4795	0.042
149	1.4883	0.042
150	1.4971	0.042
151	1.506	0.042
152	1.5148	0.041
153	1.5237	0.041
154	1.5325	0.041
155	1.5413	0.041
156	1.5502	0.04
157	1.559	0.04
158	1.5679	0.04
159	1.5767	0.04
160	1.5855	0.039
161	1.5944	0.039
162	1.6032	0.039
163	1.6121	0.039
164	1.6209	0.039
165	1.6297	0.038
166	1.6386	0.038
167	1.6474	0.038
168	1.6563	0.038
169	1.6651	0.038
170	1.6739	0.037
171	1.6828	0.037
172	1.6916	0.037
173	1.7005	0.037
174	1.7093	0.037
175	1.7181	0.036
176	1.727	0.036
177	1.7358	0.036
178	1.7447	0.036
179	1.7535	0.036
180	1.7624	0.036

181	1.7712	0.035
182	1.78	0.035
183	1.7889	0.035
184	1.7977	0.035
185	1.8066	0.035
186	1.8154	0.034
187	1.8242	0.034
188	1.8331	0.034
189	1.8419	0.034
190	1.8508	0.034
191	1.8596	0.034
192	1.8684	0.034
193	1.8773	0.033
194	1.8861	0.033
195	1.895	0.033
196	1.9038	0.033
197	1.9126	0.033
198	1.9215	0.033
199	1.9303	0.032
200	1.9392	0.032
201	1.948	0.032
202	1.948	0.032
203	1.9584	0.032
204	1.9687	0.031
205	1.9791	0.031
206	1.9895	0.031
207	1.9998	0.03
208	2.0102	0.03
209	2.0205	0.03
210	2.0309	0.03
211	2.0413	0.029
212	2.0516	0.029
213	2.062	0.029
214	2.0724	0.028
215	2.0827	0.028
216	2.0931	0.028
217	2.1035	0.028
218	2.1138	0.027
219	2.1242	0.027
220	2.1345	0.027
221	2.1449	0.027
222	2.1553	0.026
223	2.1656	0.026

224	2.176	0.026
225	2.1864	0.026
226	2.1967	0.025
227	2.2071	0.025
228	2.2175	0.025
229	2.2278	0.025
230	2.2382	0.024
231	2.2485	0.024
232	2.2589	0.024
233	2.2693	0.024
234	2.2796	0.023
235	2.29	0.023
236	2.3004	0.023
237	2.3107	0.023
238	2.3211	0.023
239	2.3315	0.022
240	2.3418	0.022
241	2.3522	0.022
242	2.3625	0.022
243	2.3729	0.022
244	2.3833	0.021
245	2.3936	0.021
246	2.404	0.021
247	2.4144	0.021
248	2.4247	0.021
249	2.4351	0.021
250	2.4455	0.02
251	2.4558	0.02
252	2.4662	0.02
253	2.4765	0.02
254	2.4869	0.02
255	2.4973	0.02
256	2.5076	0.019
257	2.518	0.019
258	2.5284	0.019
259	2.5387	0.019
260	2.5491	0.019
261	2.5595	0.019
262	2.5698	0.018
263	2.5802	0.018
264	2.5905	0.018
265	2.6009	0.018
266	2.6113	0.018

267	2.6216	0.018
268	2.632	0.018
269	2.6424	0.017
270	2.6527	0.017
271	2.6631	0.017
272	2.6735	0.017
273	2.6838	0.017
274	2.6942	0.017
275	2.7045	0.017
276	2.7149	0.017
277	2.7253	0.016
278	2.7356	0.016
279	2.746	0.016
280	2.7564	0.016
281	2.7667	0.016
282	2.7771	0.016
283	2.7875	0.016
284	2.7978	0.016
285	2.8082	0.015
286	2.8185	0.015
287	2.8289	0.015
288	2.8393	0.015
289	2.8496	0.015
290	2.86	0.015
291	2.8704	0.015
292	2.8807	0.015
293	2.8911	0.015
294	2.9015	0.014
295	2.9118	0.014
296	2.9222	0.014
297	2.9325	0.014
298	2.9429	0.014
299	2.9533	0.014
300	2.9636	0.014
301	2.974	0.014
302	2.9844	0.014
303	2.9947	0.014
304	3.0051	0.014
305	3.0155	0.013
306	3.0258	0.013
307	3.0362	0.013
308	3.0465	0.013
309	3.0569	0.013

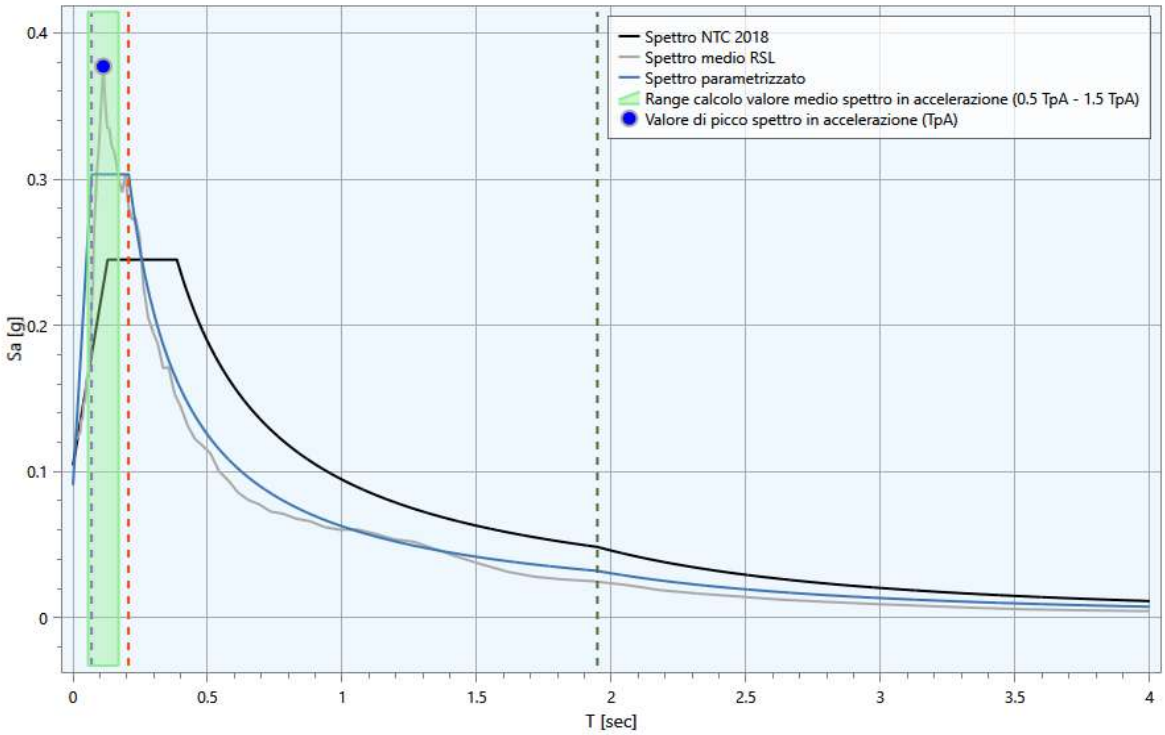
310	3.0673	0.013
311	3.0776	0.013
312	3.088	0.013
313	3.0984	0.013
314	3.1087	0.013
315	3.1191	0.013
316	3.1295	0.012
317	3.1398	0.012
318	3.1502	0.012
319	3.1605	0.012
320	3.1709	0.012
321	3.1813	0.012
322	3.1916	0.012
323	3.202	0.012
324	3.2124	0.012
325	3.2227	0.012
326	3.2331	0.012
327	3.2435	0.012
328	3.2538	0.012
329	3.2642	0.011
330	3.2745	0.011
331	3.2849	0.011
332	3.2953	0.011
333	3.3056	0.011
334	3.316	0.011
335	3.3264	0.011
336	3.3367	0.011
337	3.3471	0.011
338	3.3575	0.011
339	3.3678	0.011
340	3.3782	0.011
341	3.3885	0.011
342	3.3989	0.011
343	3.4093	0.01
344	3.4196	0.01
345	3.43	0.01
346	3.4404	0.01
347	3.4507	0.01
348	3.4611	0.01
349	3.4715	0.01
350	3.4818	0.01
351	3.4922	0.01
352	3.5025	0.01

353	3.5129	0.01
354	3.5233	0.01
355	3.5336	0.01
356	3.544	0.01
357	3.5544	0.01
358	3.5647	0.01
359	3.5751	0.01
360	3.5855	0.009
361	3.5958	0.009
362	3.6062	0.009
363	3.6165	0.009
364	3.6269	0.009
365	3.6373	0.009
366	3.6476	0.009
367	3.658	0.009
368	3.6684	0.009
369	3.6787	0.009
370	3.6891	0.009
371	3.6995	0.009
372	3.7098	0.009
373	3.7202	0.009
374	3.7305	0.009
375	3.7409	0.009
376	3.7513	0.009
377	3.7616	0.009
378	3.772	0.009
379	3.7824	0.009
380	3.7927	0.008
381	3.8031	0.008
382	3.8135	0.008
383	3.8238	0.008
384	3.8342	0.008
385	3.8445	0.008
386	3.8549	0.008
387	3.8653	0.008
388	3.8756	0.008
389	3.886	0.008
390	3.8964	0.008
391	3.9067	0.008
392	3.9171	0.008
393	3.9275	0.008
394	3.9378	0.008
395	3.9482	0.008

396	3.9585	0.008
397	3.9689	0.008
398	3.9793	0.008
399	3.9896	0.008
400	4.00	0.008

Dalla procedura di regolarizzazione risulta:

A_{max}	S	F_0	$T_B\ [sec]$	$T_C\ [sec]$	$T_D\ [sec]$
0.091	1.04	3.34	0.07	0.21	1.95



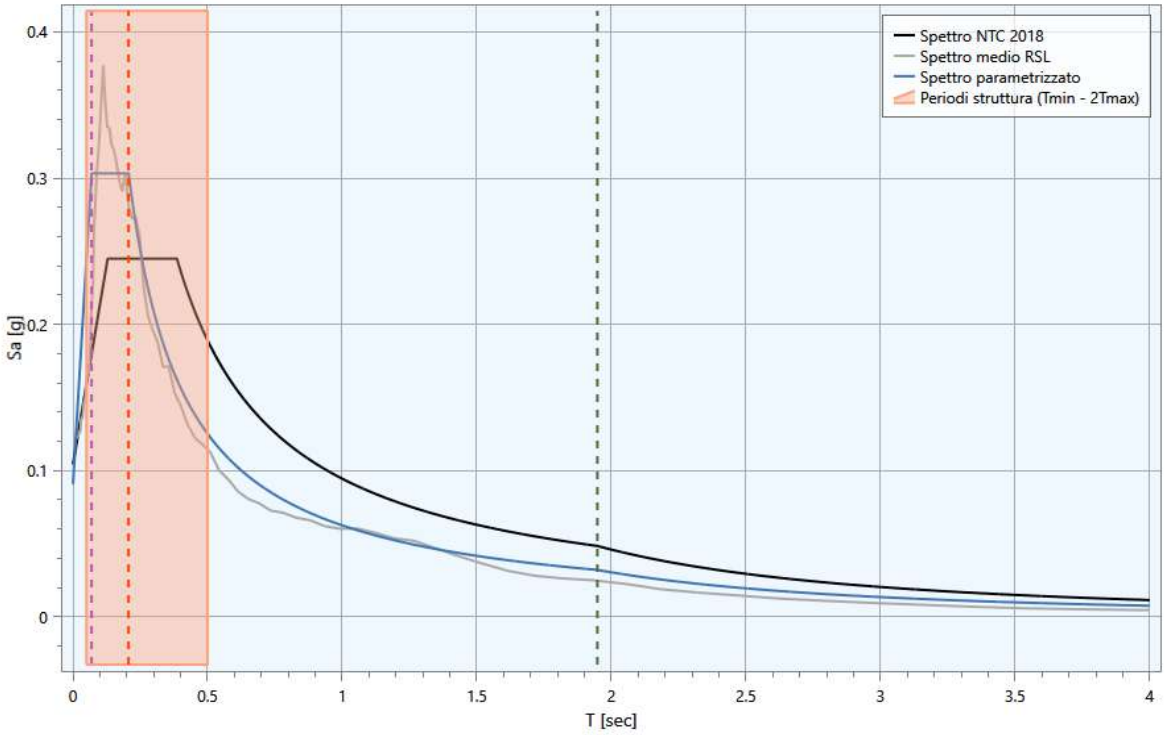
6. Confronto tra gli spettri di risposta MS3 e NTC18 (§ 3.2 Ordinanza n. 55 24/4/2018)

Al fine di definire lo spettro elastico di progetto, il progettista delle strutture dovrà confrontare lo spettro di risposta medio regolarizzato (secondo il metodo riportato in Appendice 1) ottenuto dallo studio di MS3 della microzona di interesse con quello ottenuto con l'approccio semplificato della normativa sismica, per la categoria di sottosuolo in corrispondenza del manufatto e per il tempo di ritorno di 475 anni. L'intervallo di periodi da considerare per il confronto tra lo spettro di MS3 e quello di norma dell'approccio semplificato è determinato considerando i periodi di vibrazione di interesse dell'opera nelle due direzioni principali, ossia il minore, T_{min} e il maggiore, T_{max}, dei tre periodi di vibrazione dell'edificio (inteso come struttura tridimensionale) con massa partecipante più elevata, tenendo anche conto dell'elongamento degli stessi durante la risposta sismica. Tale intervallo è compreso tra T_{min} e $2\,T_{max}$.
In questo intervallo dovranno essere valutate le seguenti due condizioni:

1. lo spettro di MS3 supera puntualmente in misura maggiore del 30% lo spettro semplificato di norma;
2. l'integrale dello spettro di MS3 è superiore del 20% rispetto al corrispondente integrale dello spettro semplificato di norma.

Nel caso specifico risulta:

T_{min} $[sec]$	T_{max} $[sec]$	Rapporto puntuale [%]	Rapporto integrale [%]	Esito
0.05	0.25	68.19	-0.79	**E' necessaria un'analisi di RSL.**



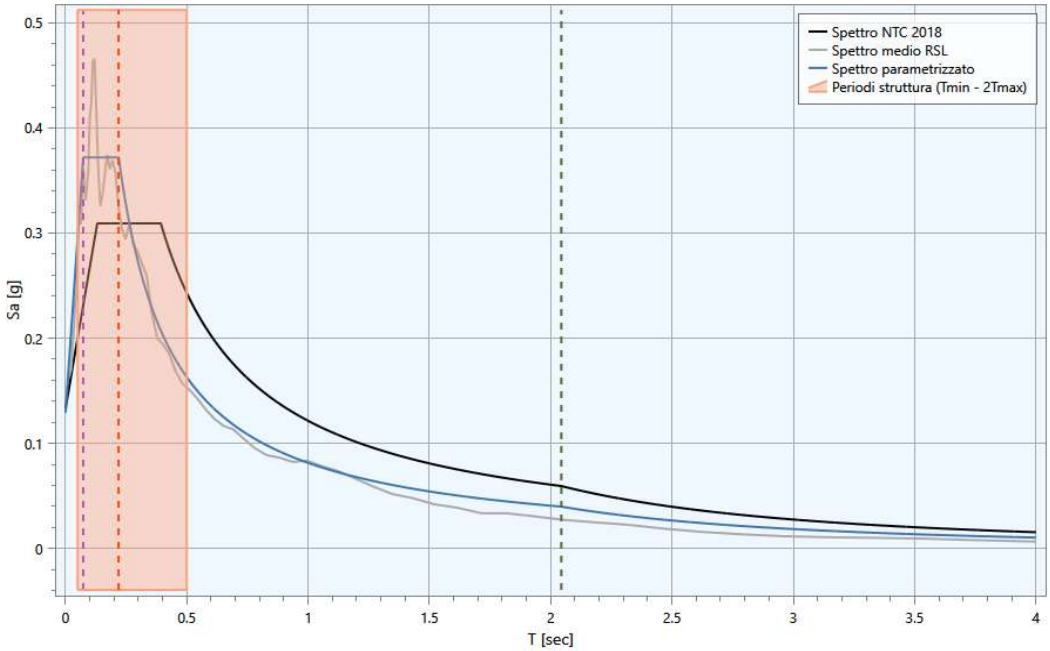
STATO LIMITE SLD

Ubicazione sito: Montone (PG)
Coordinate (datum WGS84): lon. 12.3254° lat. 43.3620°

Archivio: Scuola Montone_SLD.rsp - **Data :** 03/04/2023

RELAZIONE DI CALCOLO

REGOLARIZZAZIONE SPETTRI DI RISPOSTA

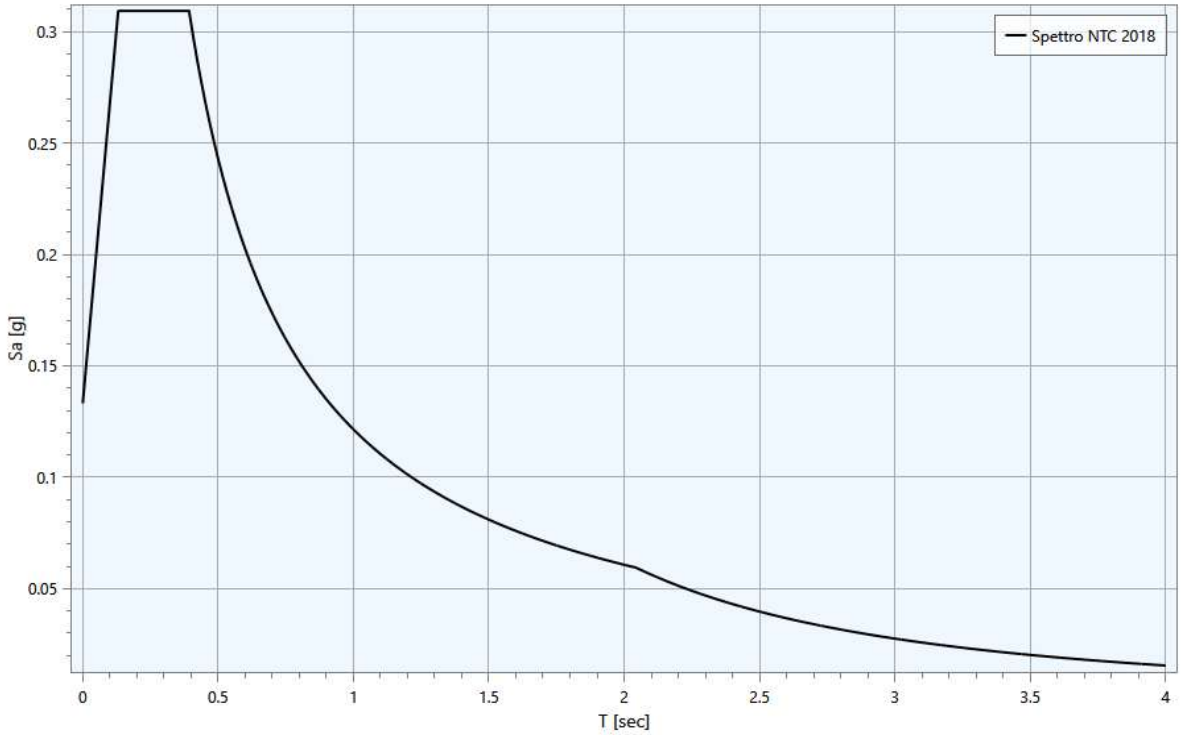


Oggetto: Ampliamento Scuola per l'infanzia di Montone

Committente	Progettista

1.1 Stratigrafia e spettro di risposta NTC18

Nel caso specifico la stratigrafia considerata risulta: ***B;***
La categoria topografica risulta: ***T1;***
Lo spettro di risposta in pseudo-accelerazione per lo stato limite per lo stato limite ***SLD*** e per uno smorzamento di riferimento $\xi = 5\%$ viene di seguito riportato.



2. Regolarizzazione spettro di risposta ottenuto da analisi RSL

Di seguito si riportano i punti dello spettro di risposta ottenuto dalle simulazioni numeriche:

	T [sec]	Sa [g]
1	0.00	0.129
2	0.073	0.372
3	0.2189	0.372
4	0.2189	0.372
5	0.2282	0.357
6	0.2375	0.343
7	0.2467	0.33
8	0.256	0.318
9	0.2653	0.307
10	0.2745	0.297
11	0.2838	0.287
12	0.2931	0.278
13	0.3023	0.269
14	0.3116	0.261
15	0.3209	0.254
16	0.3301	0.247

17	0.3394	0.24
18	0.3486	0.234
19	0.3579	0.228
20	0.3672	0.222
21	0.3764	0.216
22	0.3857	0.211
23	0.395	0.206
24	0.4042	0.202
25	0.4135	0.197
26	0.4228	0.193
27	0.432	0.189
28	0.4413	0.185
29	0.4506	0.181
30	0.4598	0.177
31	0.4691	0.174
32	0.4783	0.17
33	0.4876	0.167
34	0.4969	0.164
35	0.5061	0.161
36	0.5154	0.158
37	0.5247	0.155
38	0.5339	0.153
39	0.5432	0.15
40	0.5525	0.147
41	0.5617	0.145
42	0.571	0.143
43	0.5803	0.14
44	0.5895	0.138
45	0.5988	0.136
46	0.608	0.134
47	0.6173	0.132
48	0.6266	0.13
49	0.6358	0.128
50	0.6451	0.126
51	0.6544	0.124
52	0.6636	0.123
53	0.6729	0.121
54	0.6822	0.119
55	0.6914	0.118
56	0.7007	0.116
57	0.7099	0.115
58	0.7192	0.113
59	0.7285	0.112

60	0.7377	0.11
61	0.747	0.109
62	0.7563	0.108
63	0.7655	0.106
64	0.7748	0.105
65	0.7841	0.104
66	0.7933	0.103
67	0.8026	0.102
68	0.8119	0.10
69	0.8211	0.099
70	0.8304	0.098
71	0.8396	0.097
72	0.8489	0.096
73	0.8582	0.095
74	0.8674	0.094
75	0.8767	0.093
76	0.886	0.092
77	0.8952	0.091
78	0.9045	0.09
79	0.9138	0.089
80	0.923	0.088
81	0.9323	0.087
82	0.9416	0.087
83	0.9508	0.086
84	0.9601	0.085
85	0.9693	0.084
86	0.9786	0.083
87	0.9879	0.082
88	0.9971	0.082
89	1.0064	0.081
90	1.0157	0.08
91	1.0249	0.079
92	1.0342	0.079
93	1.0435	0.078
94	1.0527	0.077
95	1.062	0.077
96	1.0713	0.076
97	1.0805	0.075
98	1.0898	0.075
99	1.099	0.074
100	1.1083	0.074
101	1.1176	0.073
102	1.1268	0.072

103	1.1361	0.072
104	1.1454	0.071
105	1.1546	0.071
106	1.1639	0.07
107	1.1732	0.069
108	1.1824	0.069
109	1.1917	0.068
110	1.201	0.068
111	1.2102	0.067
112	1.2195	0.067
113	1.2287	0.066
114	1.238	0.066
115	1.2473	0.065
116	1.2565	0.065
117	1.2658	0.064
118	1.2751	0.064
119	1.2843	0.063
120	1.2936	0.063
121	1.3029	0.063
122	1.3121	0.062
123	1.3214	0.062
124	1.3307	0.061
125	1.3399	0.061
126	1.3492	0.06
127	1.3584	0.06
128	1.3677	0.06
129	1.377	0.059
130	1.3862	0.059
131	1.3955	0.058
132	1.4048	0.058
133	1.414	0.058
134	1.4233	0.057
135	1.4326	0.057
136	1.4418	0.057
137	1.4511	0.056
138	1.4604	0.056
139	1.4696	0.055
140	1.4789	0.055
141	1.4881	0.055
142	1.4974	0.054
143	1.5067	0.054
144	1.5159	0.054
145	1.5252	0.053

146	1.5345	0.053
147	1.5437	0.053
148	1.553	0.052
149	1.5623	0.052
150	1.5715	0.052
151	1.5808	0.052
152	1.5901	0.051
153	1.5993	0.051
154	1.6086	0.051
155	1.6178	0.05
156	1.6271	0.05
157	1.6364	0.05
158	1.6456	0.05
159	1.6549	0.049
160	1.6642	0.049
161	1.6734	0.049
162	1.6827	0.048
163	1.692	0.048
164	1.7012	0.048
165	1.7105	0.048
166	1.7198	0.047
167	1.729	0.047
168	1.7383	0.047
169	1.7475	0.047
170	1.7568	0.046
171	1.7661	0.046
172	1.7753	0.046
173	1.7846	0.046
174	1.7939	0.045
175	1.8031	0.045
176	1.8124	0.045
177	1.8217	0.045
178	1.8309	0.044
179	1.8402	0.044
180	1.8495	0.044
181	1.8587	0.044
182	1.868	0.044
183	1.8772	0.043
184	1.8865	0.043
185	1.8958	0.043
186	1.905	0.043
187	1.9143	0.043
188	1.9236	0.042

189	1.9328	0.042
190	1.9421	0.042
191	1.9514	0.042
192	1.9606	0.042
193	1.9699	0.041
194	1.9792	0.041
195	1.9884	0.041
196	1.9977	0.041
197	2.0069	0.041
198	2.0162	0.04
199	2.0255	0.04
200	2.0347	0.04
201	2.044	0.04
202	2.044	0.04
203	2.0539	0.039
204	2.0638	0.039
205	2.0736	0.039
206	2.0835	0.038
207	2.0934	0.038
208	2.1033	0.038
209	2.1132	0.037
210	2.123	0.037
211	2.1329	0.037
212	2.1428	0.036
213	2.1527	0.036
214	2.1625	0.036
215	2.1724	0.035
216	2.1823	0.035
217	2.1922	0.035
218	2.2021	0.034
219	2.2119	0.034
220	2.2218	0.034
221	2.2317	0.033
222	2.2416	0.033
223	2.2515	0.033
224	2.2613	0.033
225	2.2712	0.032
226	2.2811	0.032
227	2.291	0.032
228	2.3008	0.031
229	2.3107	0.031
230	2.3206	0.031
231	2.3305	0.031

232	2.3404	0.03
233	2.3502	0.03
234	2.3601	0.03
235	2.37	0.03
236	2.3799	0.029
237	2.3898	0.029
238	2.3996	0.029
239	2.4095	0.029
240	2.4194	0.028
241	2.4293	0.028
242	2.4392	0.028
243	2.449	0.028
244	2.4589	0.028
245	2.4688	0.027
246	2.4787	0.027
247	2.4885	0.027
248	2.4984	0.027
249	2.5083	0.026
250	2.5182	0.026
251	2.5281	0.026
252	2.5379	0.026
253	2.5478	0.026
254	2.5577	0.025
255	2.5676	0.025
256	2.5775	0.025
257	2.5873	0.025
258	2.5972	0.025
259	2.6071	0.024
260	2.617	0.024
261	2.6268	0.024
262	2.6367	0.024
263	2.6466	0.024
264	2.6565	0.024
265	2.6664	0.023
266	2.6762	0.023
267	2.6861	0.023
268	2.696	0.023
269	2.7059	0.023
270	2.7158	0.023
271	2.7256	0.022
272	2.7355	0.022
273	2.7454	0.022
274	2.7553	0.022

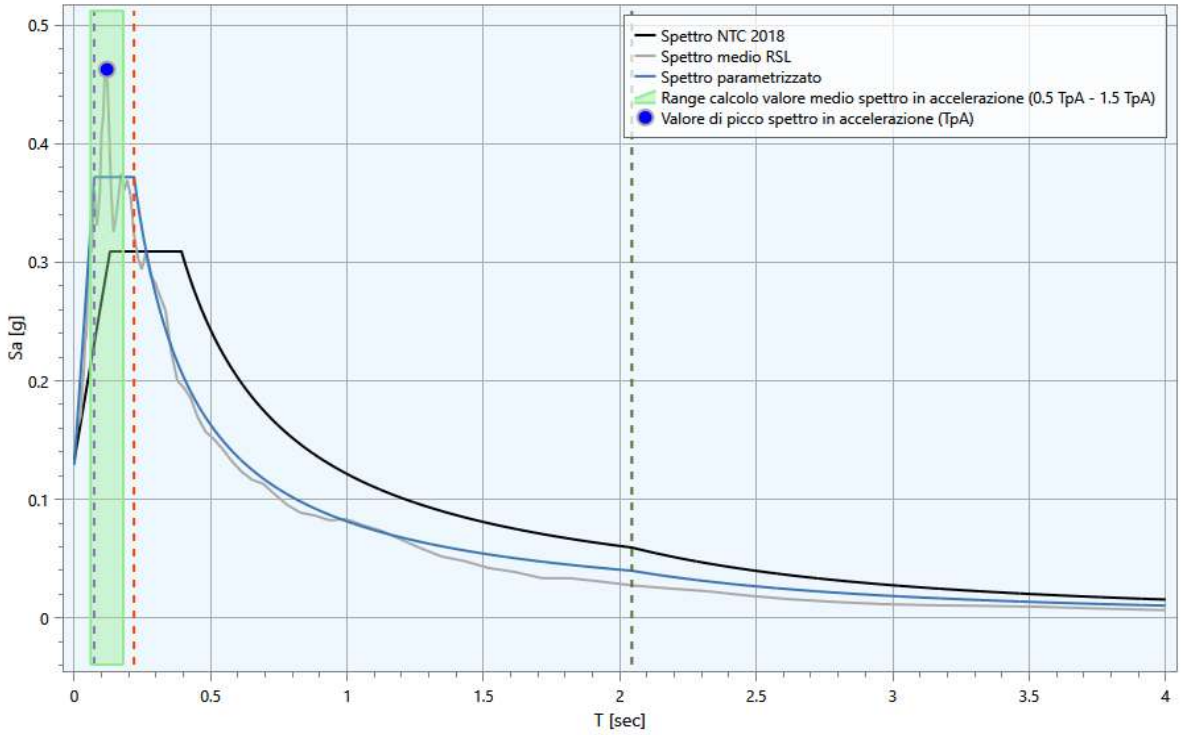
275	2.7652	0.022
276	2.775	0.022
277	2.7849	0.021
278	2.7948	0.021
279	2.8047	0.021
280	2.8145	0.021
281	2.8244	0.021
282	2.8343	0.021
283	2.8442	0.021
284	2.8541	0.02
285	2.8639	0.02
286	2.8738	0.02
287	2.8837	0.02
288	2.8936	0.02
289	2.9035	0.02
290	2.9133	0.02
291	2.9232	0.019
292	2.9331	0.019
293	2.943	0.019
294	2.9528	0.019
295	2.9627	0.019
296	2.9726	0.019
297	2.9825	0.019
298	2.9924	0.019
299	3.0022	0.018
300	3.0121	0.018
301	3.022	0.018
302	3.0319	0.018
303	3.0418	0.018
304	3.0516	0.018
305	3.0615	0.018
306	3.0714	0.018
307	3.0813	0.018
308	3.0912	0.017
309	3.101	0.017
310	3.1109	0.017
311	3.1208	0.017
312	3.1307	0.017
313	3.1405	0.017
314	3.1504	0.017
315	3.1603	0.017
316	3.1702	0.017
317	3.1801	0.016

318	3.1899	0.016
319	3.1998	0.016
320	3.2097	0.016
321	3.2196	0.016
322	3.2295	0.016
323	3.2393	0.016
324	3.2492	0.016
325	3.2591	0.016
326	3.269	0.016
327	3.2788	0.015
328	3.2887	0.015
329	3.2986	0.015
330	3.3085	0.015
331	3.3184	0.015
332	3.3282	0.015
333	3.3381	0.015
334	3.348	0.015
335	3.3579	0.015
336	3.3678	0.015
337	3.3776	0.015
338	3.3875	0.015
339	3.3974	0.014
340	3.4073	0.014
341	3.4172	0.014
342	3.427	0.014
343	3.4369	0.014
344	3.4468	0.014
345	3.4567	0.014
346	3.4665	0.014
347	3.4764	0.014
348	3.4863	0.014
349	3.4962	0.014
350	3.5061	0.014
351	3.5159	0.013
352	3.5258	0.013
353	3.5357	0.013
354	3.5456	0.013
355	3.5555	0.013
356	3.5653	0.013
357	3.5752	0.013
358	3.5851	0.013
359	3.595	0.013
360	3.6048	0.013

361	3.6147	0.013
362	3.6246	0.013
363	3.6345	0.013
364	3.6444	0.013
365	3.6542	0.012
366	3.6641	0.012
367	3.674	0.012
368	3.6839	0.012
369	3.6938	0.012
370	3.7036	0.012
371	3.7135	0.012
372	3.7234	0.012
373	3.7333	0.012
374	3.7432	0.012
375	3.753	0.012
376	3.7629	0.012
377	3.7728	0.012
378	3.7827	0.012
379	3.7925	0.012
380	3.8024	0.012
381	3.8123	0.011
382	3.8222	0.011
383	3.8321	0.011
384	3.8419	0.011
385	3.8518	0.011
386	3.8617	0.011
387	3.8716	0.011
388	3.8815	0.011
389	3.8913	0.011
390	3.9012	0.011
391	3.9111	0.011
392	3.921	0.011
393	3.9308	0.011
394	3.9407	0.011
395	3.9506	0.011
396	3.9605	0.011
397	3.9704	0.011
398	3.9802	0.011
399	3.9901	0.01
400	4.00	0.01

Dalla procedura di regolarizzazione risulta:

A_{max}	S	F_0	$T_B\ [sec]$	$T_C\ [sec]$	$T_D\ [sec]$
0.129	1.16	2.88	0.07	0.22	2.04



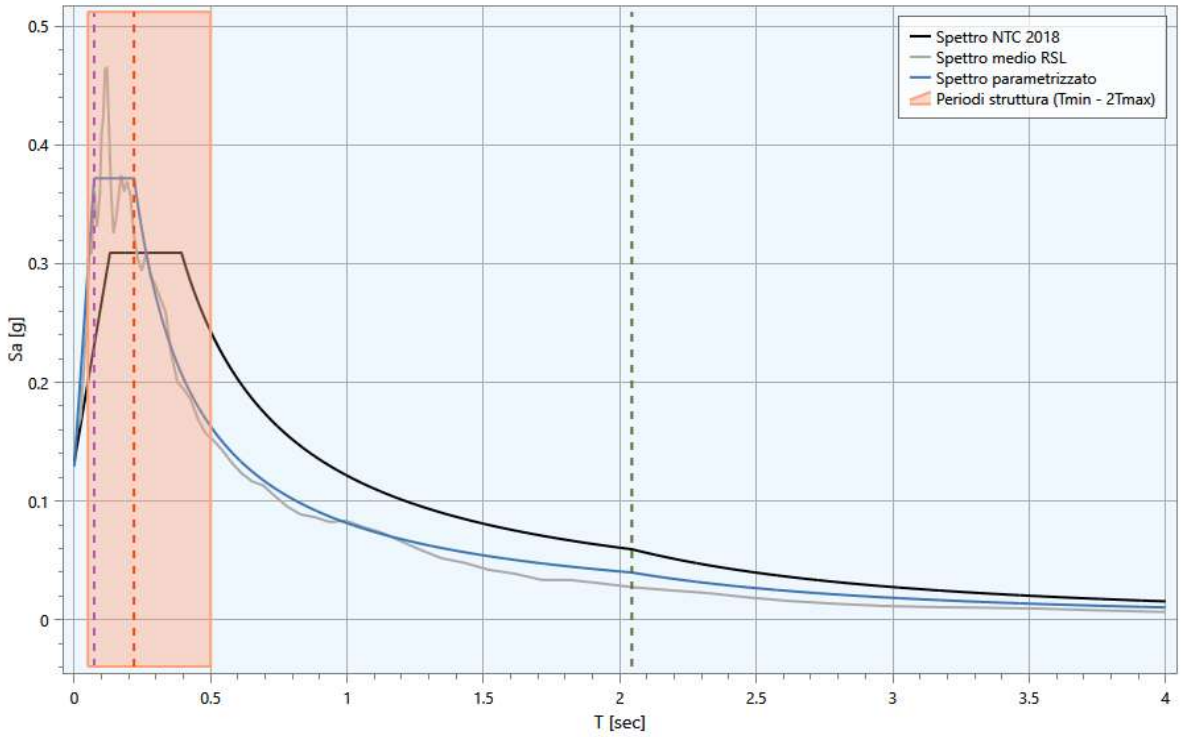
3. Confronto tra gli spettri di risposta MS3 e NTC18 (§ 3.2 Ordinanza n. 55 24/4/2018)

Al fine di definire lo spettro elastico di progetto, il progettista delle strutture dovrà confrontare lo spettro di risposta medio regolarizzato (secondo il metodo riportato in Appendice 1) ottenuto dallo studio di MS3 della microzona di interesse con quello ottenuto con l'approccio semplificato della normativa sismica, per la categoria di sottosuolo in corrispondenza del manufatto e per il tempo di ritorno di 475 anni. L'intervallo di periodi da considerare per il confronto tra lo spettro di MS3 e quello di norma dell'approccio semplificato è determinato considerando i periodi di vibrazione di interesse dell'opera nelle due direzioni principali, ossia il minore, T_{min} e il maggiore, T_{max}, dei tre periodi di vibrazione dell'edificio (inteso come struttura tridimensionale) con massa partecipante più elevata, tenendo anche conto dell'elongamento degli stessi durante la risposta sismica. Tale intervallo è compreso tra T_{min} e $2\,T_{max}$.
In questo intervallo dovranno essere valutate le seguenti due condizioni:

3. lo spettro di MS3 supera puntualmente in misura maggiore del 30% lo spettro semplificato di norma;
4. l'integrale dello spettro di MS3 è superiore del 20% rispetto al corrispondente integrale dello spettro semplificato di norma.

Nel caso specifico risulta:

$T_{min}\ [sec]$	$T_{max}\ [sec]$	**Rapporto puntuale [%]**	**Rapporto integrale [%]**	**Esito**
0.05	0.25	60.47	-1.01	**E' necessaria un'analisi di RSL.**


Spettro NTC 2018
Spettro medio RSL
Spettro parametrizzato
Periodi struttura (Tmin - 2Tmax)
Sa [g]
T [sec]
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
4

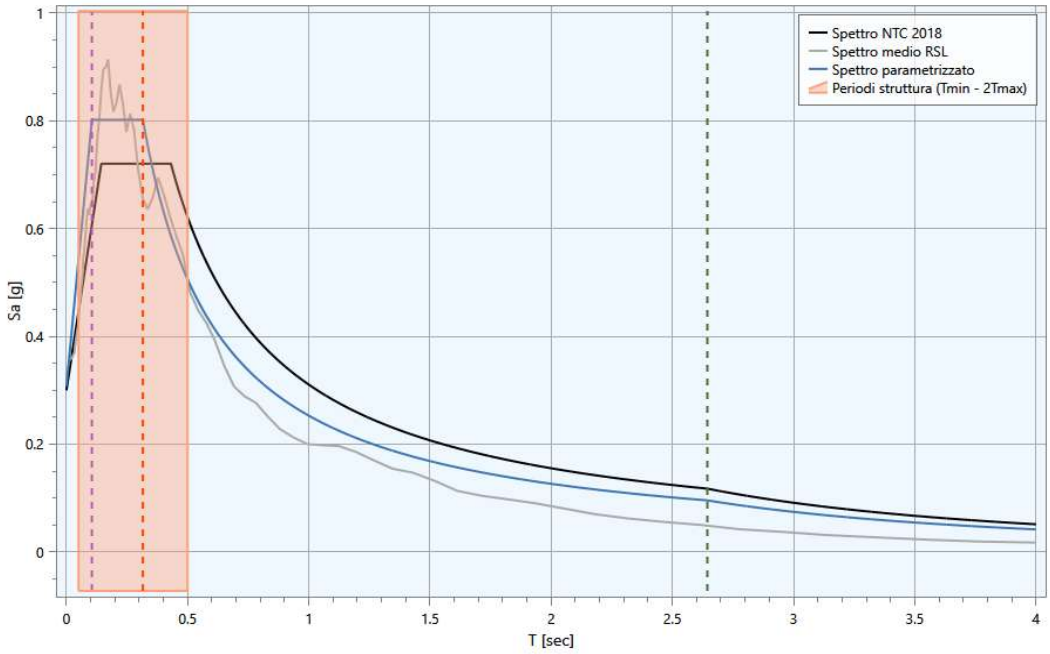
STATO LIMITE SLV

Ubicazione sito: Montone (PG)
Coordinate (datum WGS84): lon. 12.3254° lat. 43.3620°

Archivio: Scuola Montone_SLV.rsp - **Data :** 03/04/2023

RELAZIONE DI CALCOLO

REGOLARIZZAZIONE SPETTRI DI RISPOSTA

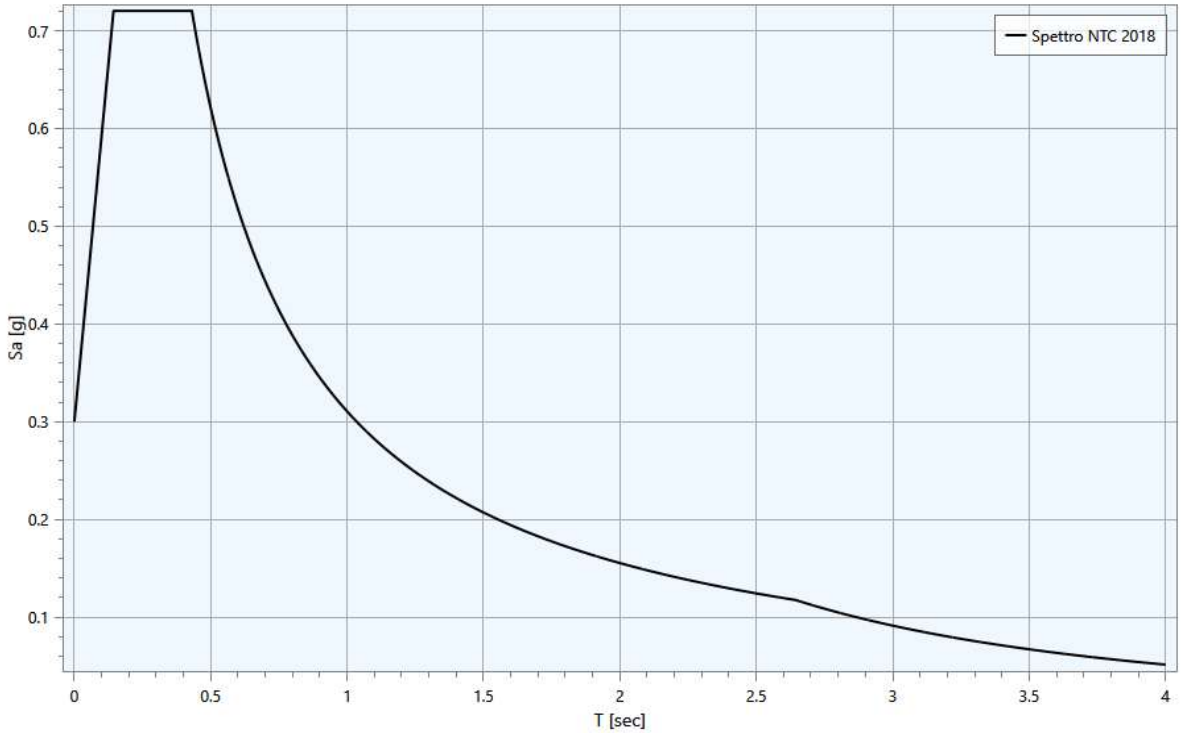


Oggetto: Ampliamento Scuola scuola per l'infanzia di Montone

Committente	Progettista

1.1 Stratigrafia e spettro di risposta NTC18

Nel caso specifico la stratigrafia considerata risulta: ***B;***
La categoria topografica risulta: ***T1;***
Lo spettro di risposta in pseudo-accelerazione per lo stato limite per lo stato limite ***SLV*** e per uno smorzamento di riferimento $\xi = 5\%$ viene di seguito riportato.



2. Regolarizzazione spettro di risposta ottenuto da analisi RSL

Di seguito si riportano i punti dello spettro di risposta ottenuto dalle simulazioni numeriche:

	T [sec]	Sa [g]
1	0.00	0.308
2	0.1051	0.802
3	0.3153	0.802
4	0.3153	0.802
5	0.3271	0.773
6	0.3389	0.746
7	0.3508	0.721
8	0.3626	0.697
9	0.3744	0.675
10	0.3862	0.655
11	0.3981	0.635
12	0.4099	0.617
13	0.4217	0.60
14	0.4335	0.583
15	0.4453	0.568
16	0.4572	0.553
17	0.469	0.539
18	0.4808	0.526
19	0.4926	0.513
20	0.5044	0.501

21	0.5163	0.49
22	0.5281	0.479
23	0.5399	0.468
24	0.5517	0.458
25	0.5635	0.449
26	0.5754	0.439
27	0.5872	0.431
28	0.599	0.422
29	0.6108	0.414
30	0.6226	0.406
31	0.6345	0.399
32	0.6463	0.391
33	0.6581	0.384
34	0.6699	0.377
35	0.6818	0.371
36	0.6936	0.365
37	0.7054	0.358
38	0.7172	0.353
39	0.729	0.347
40	0.7409	0.341
41	0.7527	0.336
42	0.7645	0.331
43	0.7763	0.326
44	0.7881	0.321
45	0.80	0.316
46	0.8118	0.312
47	0.8236	0.307
48	0.8354	0.303
49	0.8472	0.298
50	0.8591	0.294
51	0.8709	0.29
52	0.8827	0.286
53	0.8945	0.283
54	0.9063	0.279
55	0.9182	0.275
56	0.93	0.272
57	0.9418	0.268
58	0.9536	0.265
59	0.9655	0.262
60	0.9773	0.259
61	0.9891	0.256
62	1.0009	0.253
63	1.0127	0.25
64	1.0246	0.247
65	1.0364	0.244
66	1.0482	0.241

67	1.06	0.239
68	1.0718	0.236
69	1.0837	0.233
70	1.0955	0.231
71	1.1073	0.228
72	1.1191	0.226
73	1.1309	0.224
74	1.1428	0.221
75	1.1546	0.219
76	1.1664	0.217
77	1.1782	0.215
78	1.19	0.212
79	1.2019	0.21
80	1.2137	0.208
81	1.2255	0.206
82	1.2373	0.204
83	1.2491	0.202
84	1.261	0.201
85	1.2728	0.199
86	1.2846	0.197
87	1.2964	0.195
88	1.3083	0.193
89	1.3201	0.192
90	1.3319	0.19
91	1.3437	0.188
92	1.3555	0.187
93	1.3674	0.185
94	1.3792	0.183
95	1.391	0.182
96	1.4028	0.18
97	1.4146	0.179
98	1.4265	0.177
99	1.4383	0.176
100	1.4501	0.174
101	1.4619	0.173
102	1.4737	0.172
103	1.4856	0.17
104	1.4974	0.169
105	1.5092	0.168
106	1.521	0.166
107	1.5328	0.165
108	1.5447	0.164
109	1.5565	0.162
110	1.5683	0.161
111	1.5801	0.16
112	1.592	0.159

113	1.6038	0.158
114	1.6156	0.157
115	1.6274	0.155
116	1.6392	0.154
117	1.6511	0.153
118	1.6629	0.152
119	1.6747	0.151
120	1.6865	0.15
121	1.6983	0.149
122	1.7102	0.148
123	1.722	0.147
124	1.7338	0.146
125	1.7456	0.145
126	1.7574	0.144
127	1.7693	0.143
128	1.7811	0.142
129	1.7929	0.141
130	1.8047	0.14
131	1.8165	0.139
132	1.8284	0.138
133	1.8402	0.137
134	1.852	0.137
135	1.8638	0.136
136	1.8756	0.135
137	1.8875	0.134
138	1.8993	0.133
139	1.9111	0.132
140	1.9229	0.132
141	1.9348	0.131
142	1.9466	0.13
143	1.9584	0.129
144	1.9702	0.128
145	1.982	0.128
146	1.9939	0.127
147	2.0057	0.126
148	2.0175	0.125
149	2.0293	0.125
150	2.0411	0.124
151	2.053	0.123
152	2.0648	0.122
153	2.0766	0.122
154	2.0884	0.121
155	2.1002	0.12
156	2.1121	0.12
157	2.1239	0.119
158	2.1357	0.118

159	2.1475	0.118
160	2.1593	0.117
161	2.1712	0.116
162	2.183	0.116
163	2.1948	0.115
164	2.2066	0.115
165	2.2185	0.114
166	2.2303	0.113
167	2.2421	0.113
168	2.2539	0.112
169	2.2657	0.112
170	2.2776	0.111
171	2.2894	0.11
172	2.3012	0.11
173	2.313	0.109
174	2.3248	0.109
175	2.3367	0.108
176	2.3485	0.108
177	2.3603	0.107
178	2.3721	0.107
179	2.3839	0.106
180	2.3958	0.106
181	2.4076	0.105
182	2.4194	0.105
183	2.4312	0.104
184	2.443	0.104
185	2.4549	0.103
186	2.4667	0.103
187	2.4785	0.102
188	2.4903	0.102
189	2.5022	0.101
190	2.514	0.101
191	2.5258	0.10
192	2.5376	0.10
193	2.5494	0.099
194	2.5613	0.099
195	2.5731	0.098
196	2.5849	0.098
197	2.5967	0.097
198	2.6085	0.097
199	2.6204	0.097
200	2.6322	0.096
201	2.644	0.096
202	2.644	0.096
203	2.6508	0.095
204	2.6577	0.095

205	2.6645	0.094
206	2.6714	0.094
207	2.6782	0.093
208	2.6851	0.093
209	2.6919	0.092
210	2.6988	0.092
211	2.7056	0.091
212	2.7125	0.091
213	2.7193	0.09
214	2.7262	0.09
215	2.733	0.09
216	2.7399	0.089
217	2.7467	0.089
218	2.7536	0.088
219	2.7604	0.088
220	2.7673	0.087
221	2.7741	0.087
222	2.781	0.086
223	2.7878	0.086
224	2.7947	0.086
225	2.8015	0.085
226	2.8084	0.085
227	2.8152	0.084
228	2.8221	0.084
229	2.8289	0.084
230	2.8358	0.083
231	2.8426	0.083
232	2.8495	0.082
233	2.8563	0.082
234	2.8632	0.082
235	2.87	0.081
236	2.8768	0.081
237	2.8837	0.08
238	2.8905	0.08
239	2.8974	0.08
240	2.9042	0.079
241	2.9111	0.079
242	2.9179	0.079
243	2.9248	0.078
244	2.9316	0.078
245	2.9385	0.077
246	2.9453	0.077
247	2.9522	0.077
248	2.959	0.076
249	2.9659	0.076
250	2.9727	0.076

251	2.9796	0.075
252	2.9864	0.075
253	2.9933	0.075
254	3.0001	0.074
255	3.007	0.074
256	3.0138	0.074
257	3.0207	0.073
258	3.0275	0.073
259	3.0344	0.073
260	3.0412	0.072
261	3.0481	0.072
262	3.0549	0.072
263	3.0618	0.071
264	3.0686	0.071
265	3.0755	0.071
266	3.0823	0.07
267	3.0892	0.07
268	3.096	0.07
269	3.1028	0.069
270	3.1097	0.069
271	3.1165	0.069
272	3.1234	0.069
273	3.1302	0.068
274	3.1371	0.068
275	3.1439	0.068
276	3.1508	0.067
277	3.1576	0.067
278	3.1645	0.067
279	3.1713	0.066
280	3.1782	0.066
281	3.185	0.066
282	3.1919	0.066
283	3.1987	0.065
284	3.2056	0.065
285	3.2124	0.065
286	3.2193	0.065
287	3.2261	0.064
288	3.233	0.064
289	3.2398	0.064
290	3.2467	0.063
291	3.2535	0.063
292	3.2604	0.063
293	3.2672	0.063
294	3.2741	0.062
295	3.2809	0.062
296	3.2878	0.062

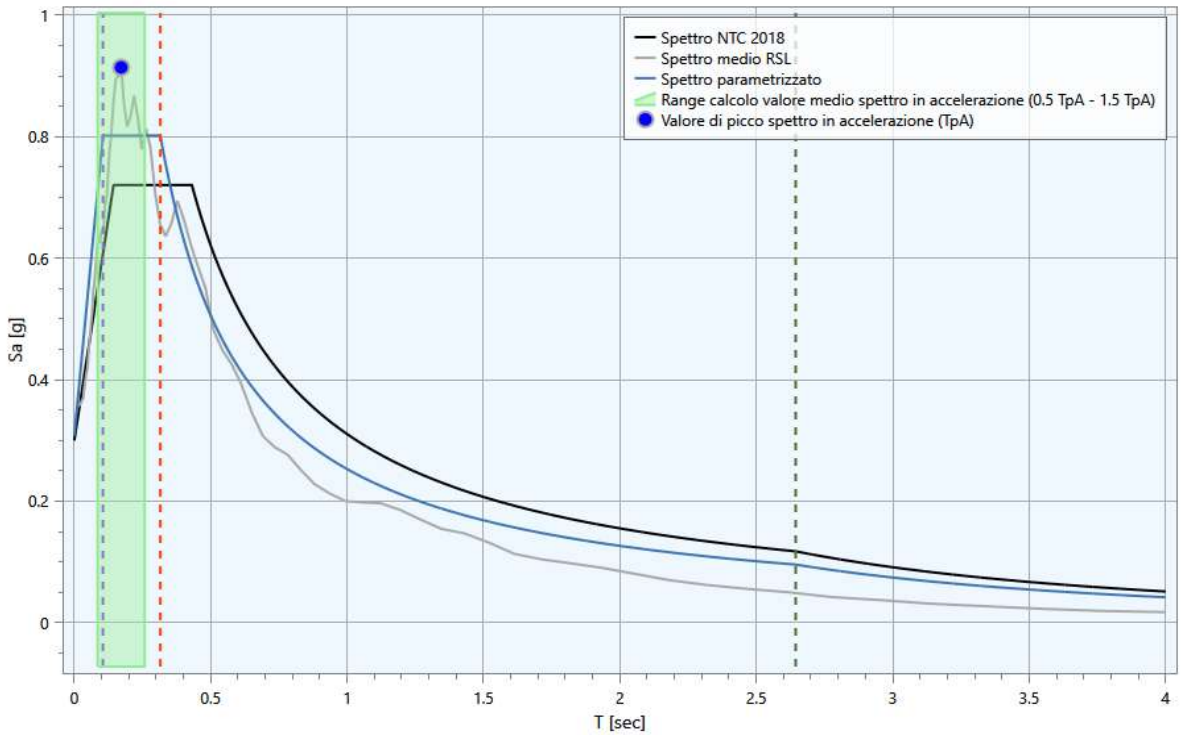
297	3.2946	0.062
298	3.3015	0.061
299	3.3083	0.061
300	3.3152	0.061
301	3.322	0.061
302	3.3288	0.06
303	3.3357	0.06
304	3.3425	0.06
305	3.3494	0.06
306	3.3562	0.059
307	3.3631	0.059
308	3.3699	0.059
309	3.3768	0.059
310	3.3836	0.058
311	3.3905	0.058
312	3.3973	0.058
313	3.4042	0.058
314	3.411	0.057
315	3.4179	0.057
316	3.4247	0.057
317	3.4316	0.057
318	3.4384	0.057
319	3.4453	0.056
320	3.4521	0.056
321	3.459	0.056
322	3.4658	0.056
323	3.4727	0.055
324	3.4795	0.055
325	3.4864	0.055
326	3.4932	0.055
327	3.5001	0.055
328	3.5069	0.054
329	3.5138	0.054
330	3.5206	0.054
331	3.5275	0.054
332	3.5343	0.054
333	3.5412	0.053
334	3.548	0.053
335	3.5548	0.053
336	3.5617	0.053
337	3.5685	0.053
338	3.5754	0.052
339	3.5822	0.052
340	3.5891	0.052
341	3.5959	0.052
342	3.6028	0.052

343	3.6096	0.051
344	3.6165	0.051
345	3.6233	0.051
346	3.6302	0.051
347	3.637	0.051
348	3.6439	0.05
349	3.6507	0.05
350	3.6576	0.05
351	3.6644	0.05
352	3.6713	0.05
353	3.6781	0.049
354	3.685	0.049
355	3.6918	0.049
356	3.6987	0.049
357	3.7055	0.049
358	3.7124	0.049
359	3.7192	0.048
360	3.7261	0.048
361	3.7329	0.048
362	3.7398	0.048
363	3.7466	0.048
364	3.7535	0.047
365	3.7603	0.047
366	3.7672	0.047
367	3.774	0.047
368	3.7808	0.047
369	3.7877	0.047
370	3.7945	0.046
371	3.8014	0.046
372	3.8082	0.046
373	3.8151	0.046
374	3.8219	0.046
375	3.8288	0.046
376	3.8356	0.045
377	3.8425	0.045
378	3.8493	0.045
379	3.8562	0.045
380	3.863	0.045
381	3.8699	0.045
382	3.8767	0.044
383	3.8836	0.044
384	3.8904	0.044
385	3.8973	0.044
386	3.9041	0.044
387	3.911	0.044
388	3.9178	0.044

389	3.9247	0.043
390	3.9315	0.043
391	3.9384	0.043
392	3.9452	0.043
393	3.9521	0.043
394	3.9589	0.043
395	3.9658	0.043
396	3.9726	0.042
397	3.9795	0.042
398	3.9863	0.042
399	3.9932	0.042
400	4.00	0.042

Dalla procedura di regolarizzazione risulta:

A_{max}	S	F_0	$T_B\ [sec]$	$T_C\ [sec]$	$T_D\ [sec]$
0.308	1.18	2.60	0.11	0.32	2.64



3. Confronto tra gli spettri di risposta MS3 e NTC18 (§ 3.2 Ordinanza n. 55 24/4/2018)

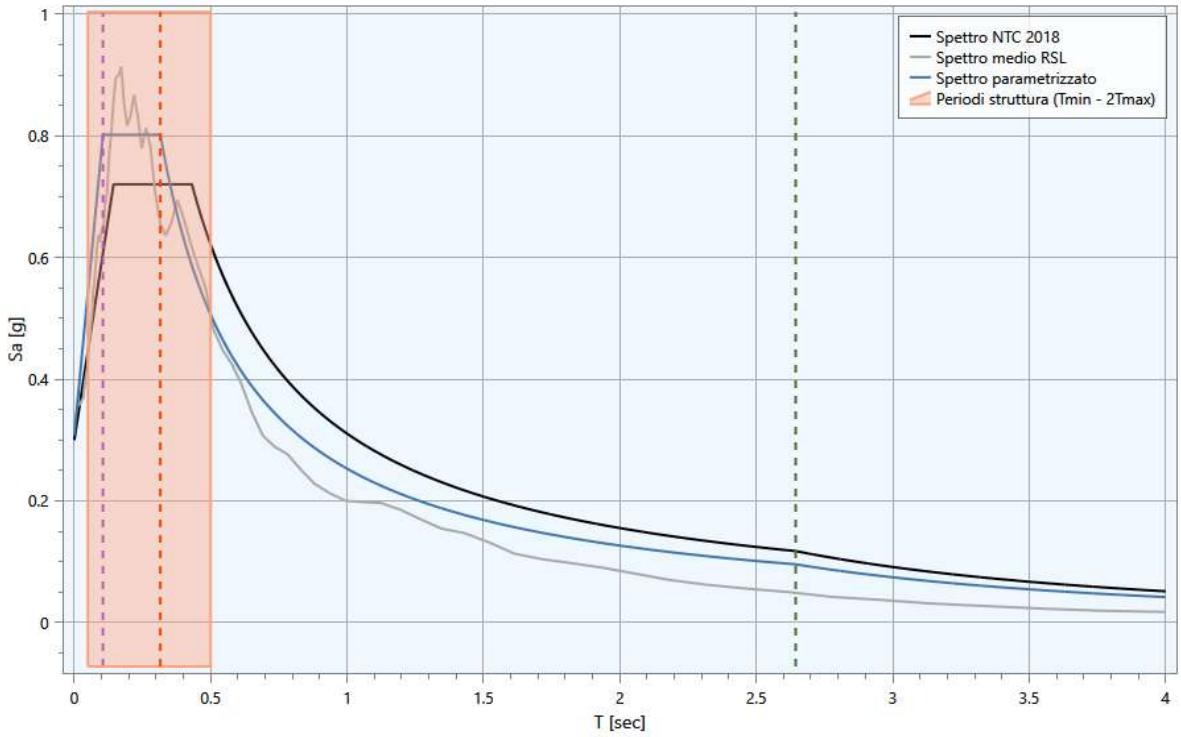
Al fine di definire lo spettro elastico di progetto, il progettista delle strutture dovrà confrontare lo spettro di risposta medio regolarizzato (secondo il metodo riportato in Appendice 1) ottenuto dallo studio di MS3 della microzona di interesse con quello ottenuto con l'approccio semplificato della normativa sismica, per la categoria di sottosuolo in corrispondenza del manufatto e per il tempo di ritorno di 475 anni. L'intervallo di periodi da considerare per il confronto tra lo spettro di MS3 e quello di norma dell'approccio semplificato è determinato considerando i periodi di vibrazione di interesse dell'opera nelle due direzioni principali, ossia il minore, T_{min} e il maggiore, T_{max}, dei tre periodi di vibrazione dell'edificio (inteso come struttura

tridimensionale) con massa partecipante più elevata, tenendo anche conto dell'elongamento degli stessi durante la risposta sismica. Tale intervallo è compreso tra T_{min} e $2\,T_{max}$.
In questo intervallo dovranno essere valutate le seguenti due condizioni:

5. lo spettro di MS3 supera puntualmente in misura maggiore del 30% lo spettro semplificato di norma;
6. l'integrale dello spettro di MS3 è superiore del 20% rispetto al corrispondente integrale dello spettro semplificato di norma.

Nel caso specifico risulta:

T_{min} $[sec]$	T_{max} $[sec]$	**Rapporto puntuale [%]**	**Rapporto integrale [%]**	**Esito**
0.05	0.25	31.77	4.91	**E' necessaria un'analisi di RSL.**



Montone, 03 Aprile 2023

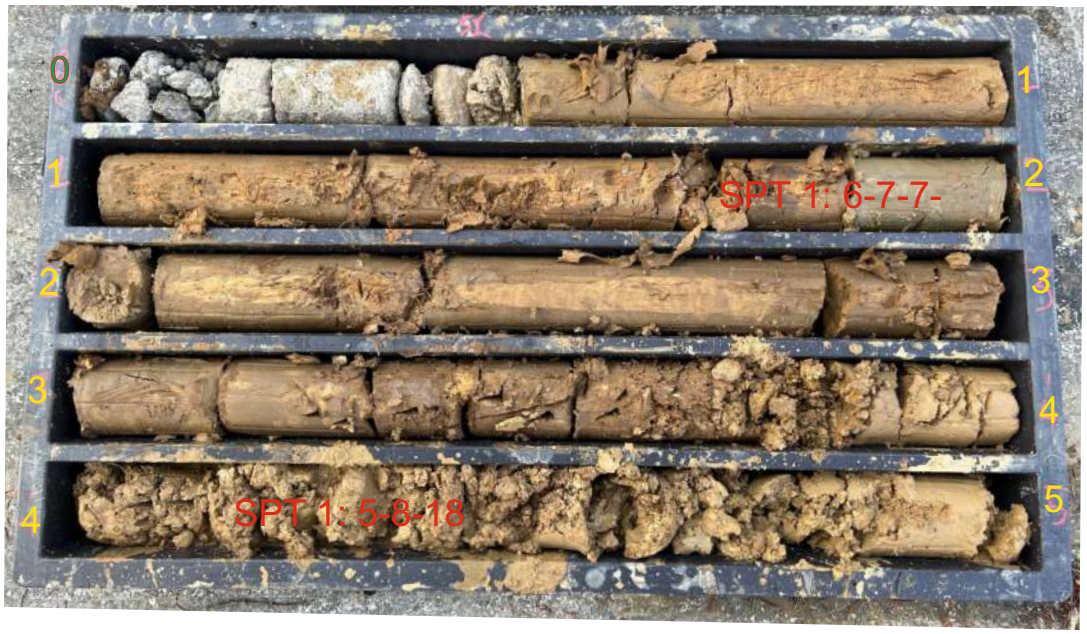
Dott. Geol. Francesco Duranti

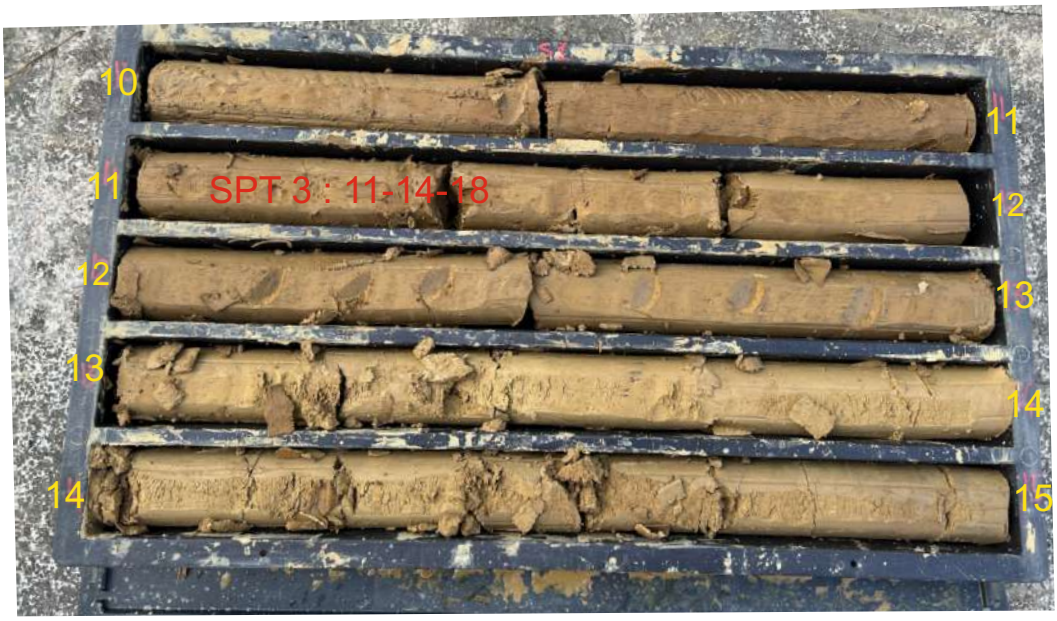
9. BIBLIOGRAFIA

- Crespellani T. & Facciorusso J. (2010) – Dinamica dei terreni per le applicazioni sismiche;
- C.S.L.L.P.P. Circolare 2 febbraio 2009 n. 617. Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008;
- Circolare 9 gennaio 1996 n. 218/24/3 Legge 2 febbraio 1974, n. 64. Decreto del Ministro dei Lavori Pubblici 11 marzo 1988;

  Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica;
- C.G, Lai, S. Foti, M.Rota. Input Sismico e Stabilità Geotecnica dei Siti di Costruzione. IUSS Press;
- Dal Moro G. (2012) – Onde di superficie in geofisica applicata. Acquisizione e analisi di dati secondo tecniche MASW e HVSR. Dario Flaccovio Editore;
- Dipartimento della Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome (2008)
- Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Editore: Dipartimento della Protezione Civile;
- D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018 Aggiornamento "Norme tecniche per le costruzioni";
- Iervolino I.,· Galasso C. & Cosenza E. (2010) - REXEL: computer aided record selection for code-based seismic structural analysis. Bull Earthquake Eng. (2010);
- Lanzo G. (2005). Risposta Sismica Locale, in "Aspetti Geotecnici della Progettazione in Zona Sismica-Linee Guida", Edizione provvisoria marzo 2005, Patron Editore;
- Hudson, M.B., Idriss, I.M., Beikae, M. (1993). QUAD4M, A computer program for evaluating the seismic responce of soil structure by variable damping finite element procedures. Report of Dip. Of Civil & Enviromental Eng., University of California, Davis;
- Kottke Albert R. & Rathje Ellen M. (2008) – Technical Manual for Strata, PEER 2008/10;
- Lanzo G. & Silvestri F. (1999) – Risposta Sismica Locale;
- Lanzo G., Silvestri F., Costanzo A., d'Onofrio A., Martelli L., Pagliaroli A., Sica S., Simonelli A. (2011). Site response studies andseismic microzoning in the Middle Aterno valley (L'Aquila, Central Italy). Bulletin of Earthquake Engineering;
- Mucciarelli M., Gallipoli M.R. (2001) – A critical review of 10 years of microtremor HVSR technique. Bollettino di Geofisica Teoria ed Applicata, 42, pp. 255-266;
- Nakamura Y. (1989) – A method for dynamic characteristics estimates of subsurface using microtremor on the round surface;
- Pagliaroli A. - Numerical and experimental methods for estimating ground motion amplification. CNR – IGAG;
- San, T., Pugliese A. - Le Analisi Numeriche per la Valutazione della Risposta Sismica Locale. SERM-Seismic Risk Management;

Documentazione fotografica cassette catalogatrici sondaggio S1





Documentazione fotografica cassette catalogatrici sondaggio S2