



COGEO STUDIO GEOLOGICO

Dott. Cocetti Marcello - Dott. Cocetti Pier Luigi
Via Giardini Sud n° 127 - 41026 Pavullo nel Frignano (MODENA)
TEL. 0536/324537 - E-MAIL cogeo@fastwebnet.it



Geologica Geotecnica Sismica

(CONFORME AI PUNTI 6.1, 6.2, 6.3 DELL'ALLEGATO B.2.1 DEL BURERT N° 153)

OGGETTO : **MANIFESTAZIONE DI INTERESSE - PROPOSTA RIGUARDO AD INTERVENTI DA PROGRAMMARE NEL PRIMO PIANO OPERATIVO COMUNALE (POC) DEL COMUNE DI PAVULLO**

LOCALITÀ : **IDDIANO**

COMUNE : **PAVULLO NEL FRIGNANO**

COMMITTENTE : **FRANCHINI LAURA, SORBELLI AGOSTINO E FRANCESCA**

PROGETTO : **M & N MEIATTINI - NERI**



UBICAZIONE DELL'INTERVENTO SCALA 1:50'000

1 Km

TAV. F236

COORDINATE UTM

Est: 648655

Nord: 912805





INDICE

1. **RELAZIONE GEOLOGICA** (punto 6.1, allegato B.2.1 del BURERT n°153)
 - 1.1 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO
 - 1.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO
 - 1.3 IDROLOGIA E IDROGEOLOGIA
 - 1.4 PROCESSI EROSIVI E GRADO DI STABILITA'
 - 1.5 INDAGINI GEOGNOSTICHE E PARAMETRI NOMINALI
2. **RELAZIONE SISMICA** (punto 6.3, allegato B.2.1 del BURERT n°153)
 - 2.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA (DM 14/01/2008)
 - 2.1.1 Classificazione del Suolo in base alle Vs30
 - 2.2 SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO (DM 14/01/2008)
 - 2.3 MICROZONAZIONE SISMICA II° LIVELLO
3. **RELAZIONE GEOTECNICA**
 - 3.1 DATI DI PROGETTO
 - 3.1.1 Studi eseguiti
 - 3.1.2 Parametri Caratteristici
4. **CONCLUSIONI**

RIFERIMENTI NORMATIVI

Circ. 07/03/08 - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
DM 14/01/2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni)
DAL RER 112/2007 (Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica)
O.P.C.M. n° 3274 del 20 Marzo 2003 (Normativa antisismica)
D.M.LL.PP. 11/03/1988
D.M. 21/01/1981
Circ. LL.PP. n° 21597/81
Circ. R.E.R n° 12831
R.D. 03/12/23 n° 3267 e succ. mod. e integr.
T.L. 27/06/1985 n° 312

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

-La Geologia del versante Padano dell'Appennino Settentrionale
Università degli Studi di Modena - Istituto di Geologia
-Appennino Tosco-Emiliano. Guide Geologiche Regionali.
A cura della Società Geologica Italiana
-Schema Introduttivo alla Geologia delle Epiliguridi dell'Appennino Modenese e delle Aree Limitrofee
Mem.Soc.Geol. It 39 (1987), 215-244, 21 ff.
-Schema Introduttivo alla Geologia delle Liguridi dell'Appennino Modenese e delle Aree Limitrofee
Mem.Soc.Geol. It 39 (1987), 91-125, 27 ff.
-I Melange dell'Appennino Settentrionale dal T.Tresinaro al T.Sillaro.
Mem.Soc.Geol. It 39 (1987), 187-214, 19 ff.



RIFERIMENTI CARTOGRAFICI

CARTOGRAFIA CTR Scala 1:25000.
TAVOLA 236-NE

CARTOGRAFIA CTR Scala 1:10000.
SEZIONE 236030

CARTOGRAFIA CTR Scala 1:5000.
ELEMENTO 236033

ESTRATTO CATASTALE Scala 1:2000. COMUNE DI PAVULLO NEL FRIGNANO.
FOGLIO 55; MAPPALI 199, 201, 202.

CARTA GEOLOGICO-SCHEMATICA DELL'APPENNINO MODENESE E ZONE
LIMITROFE. Scala 1:100000. Istituto di Geologia dell'Università di Modena

CARTA GEOLOGICA DELL'APPENNINO EMILIANO-ROMAGNOLO 1:10000.
SEZIONE 236030

CARTA GEOLOGICA PROGETTO CARG a Scala 1:10000.
SEZIONE 236030

CARTA DEL DISSESTO (PTCP).
SEZIONE 236030

ALLEGATI

- TAV. 1, 2 - Localizzazione del sito su cartografia CTR
- TAV. 3 - Morfometria del Versante a scala 1:5000
- TAV. 4 - Carta Geologica CARG a scala 1:10000
- TAV. 5 - Carta del Dissesto a scala 1:10000
- TAV. 6 - Carta del Rischio Sismico a scala 1:10000
- TAV. 7 - Carta Forestale a scala 1:10000
- TAV. 8 - Carta Microzonazione Sismica I° Livello - PSC
- TAV. 9a - Carta Microzonazione sismica II Livello PGA/PGAo (Fx) - PSC
- TAV. 9b - Carta Microzonazione sismica II Livello SI/SIo (Fy) - PSC
- TAV. 9c - Carta Microzonazione sismica II Livello SI/SIo (Fz) - PSC
- TAV. 10 - Estratto Catastale con prove geognostiche
- TAV. 11 - Planimetria con prove geognostiche

ALLEGATO A - Prove Penetrometriche Dinamiche

ALLEGATO B - Registrazioni Sismiche, Spettri Elastici

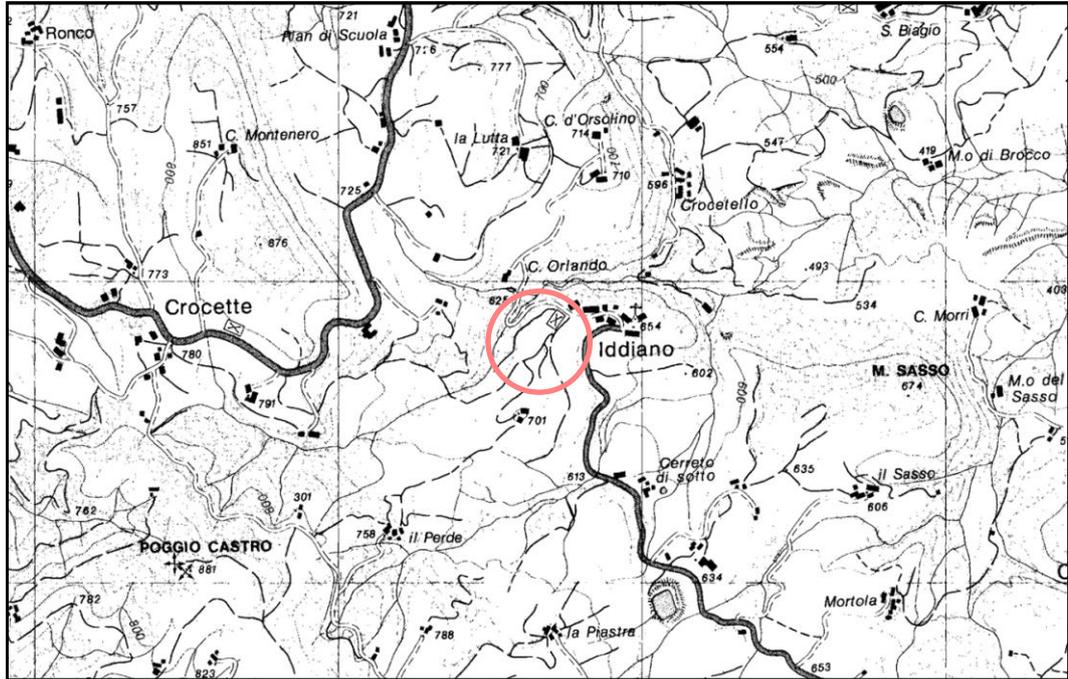


CARTOGRAFIA C.T.R.

Scala 1:25'000

TAVOLA 236ne

TAV. 1

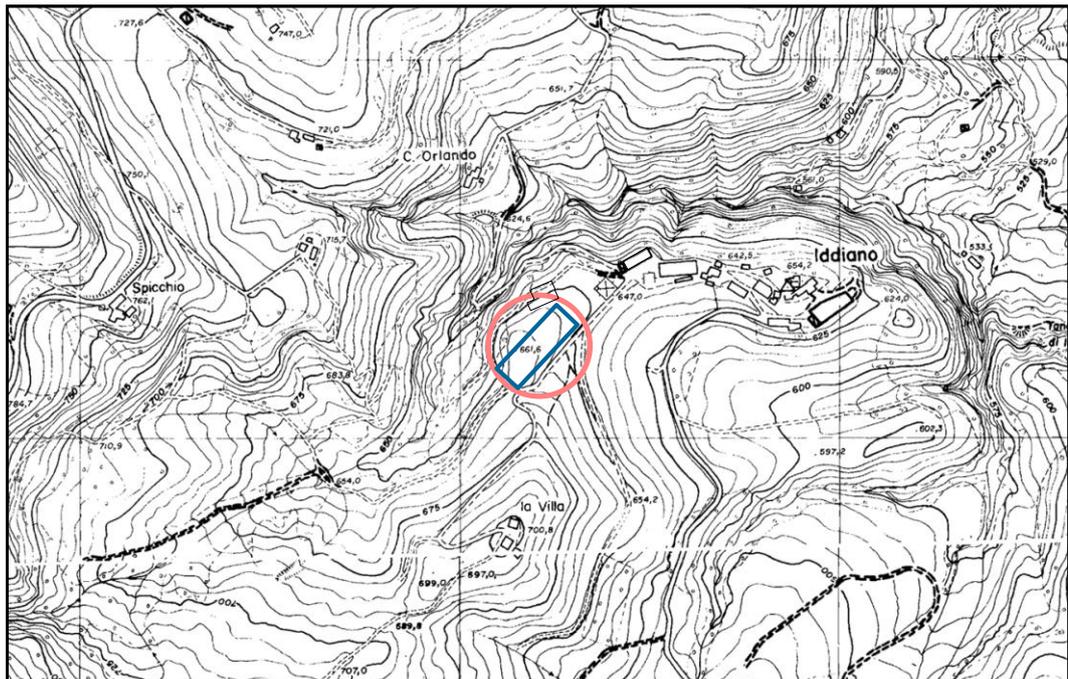


CARTOGRAFIA C.T.R.

Scala 1:10'000

SEZIONE 236030

TAV. 2



 UBICAZIONE DEL SITO

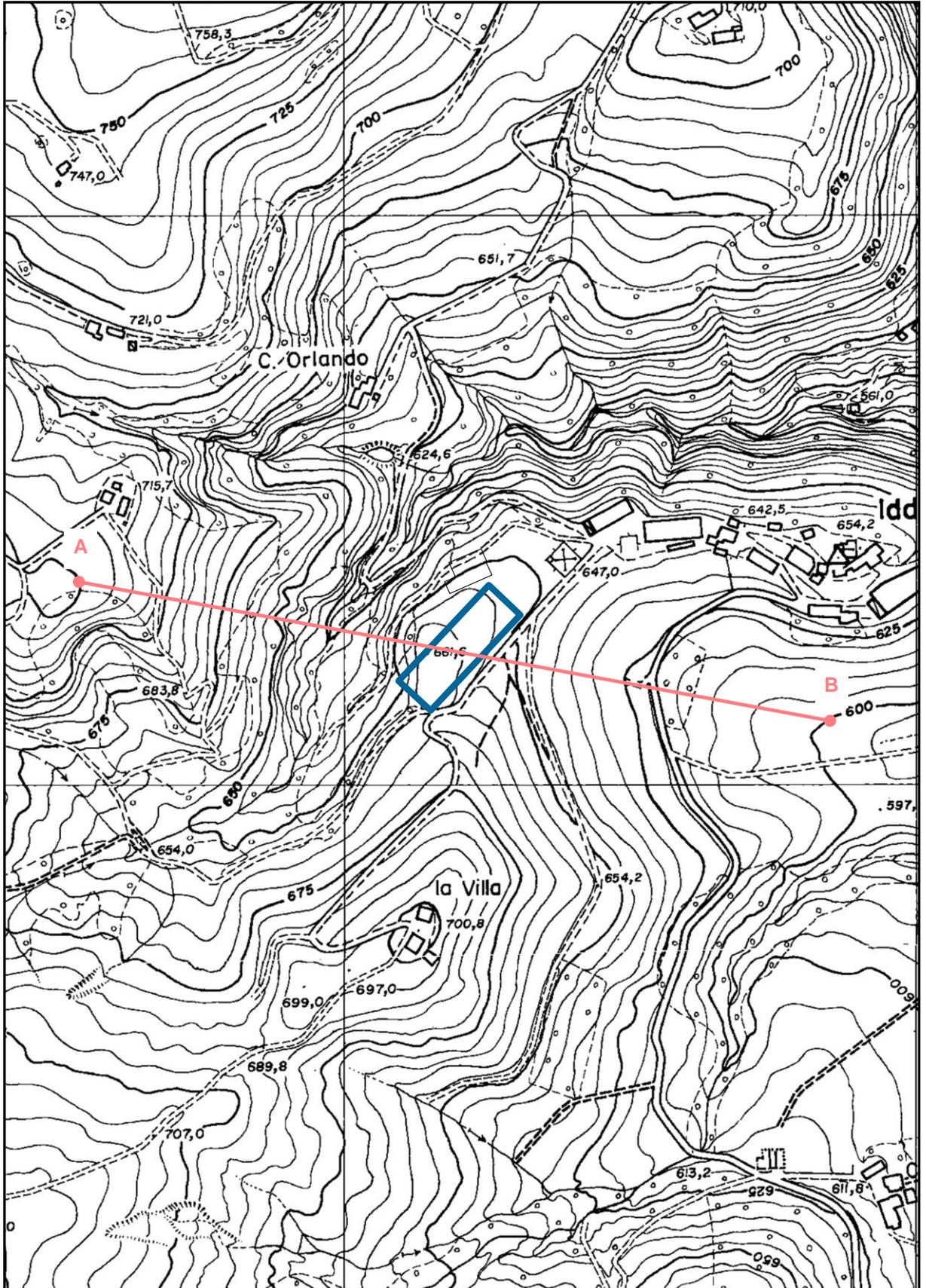


CARTOGRAFIA C.T.R.

Scala 1:5'000

ELEMENTO 236033

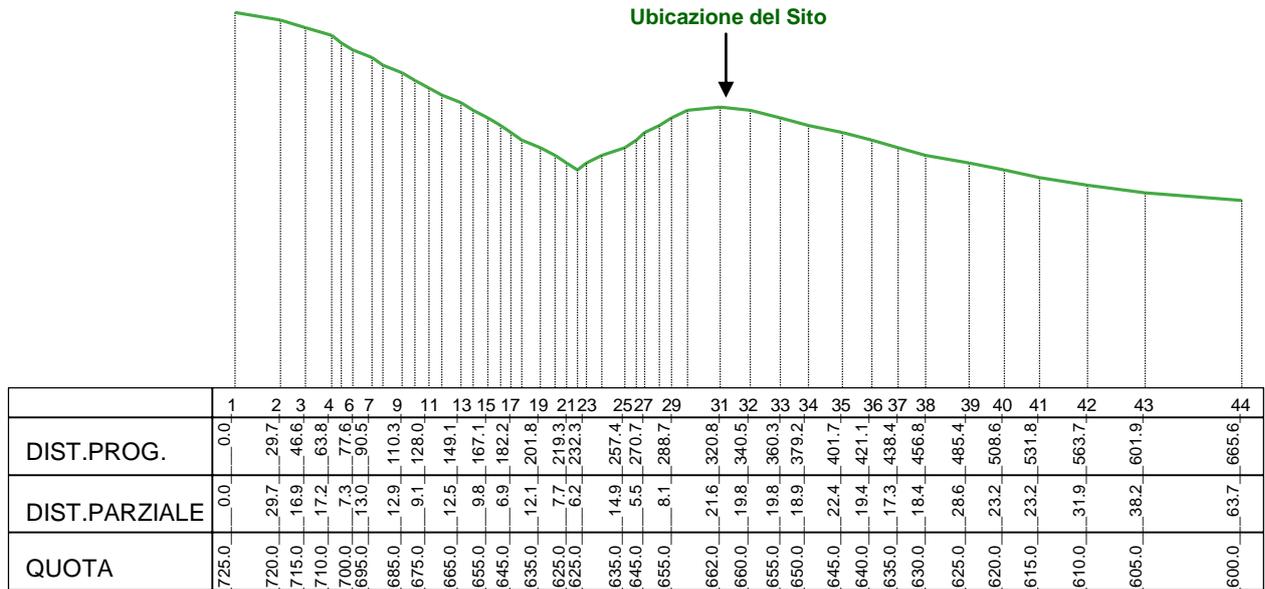
TAV. 3





SEZIONE TOPOGRAFICA

Scala X = 1: 5000 Scala Q = 1: 5000



MORFOMETRIA DEL VERSANTE

RILEVATO DALLA CARTA TECNICA REGIONALE

Scala 1:5000

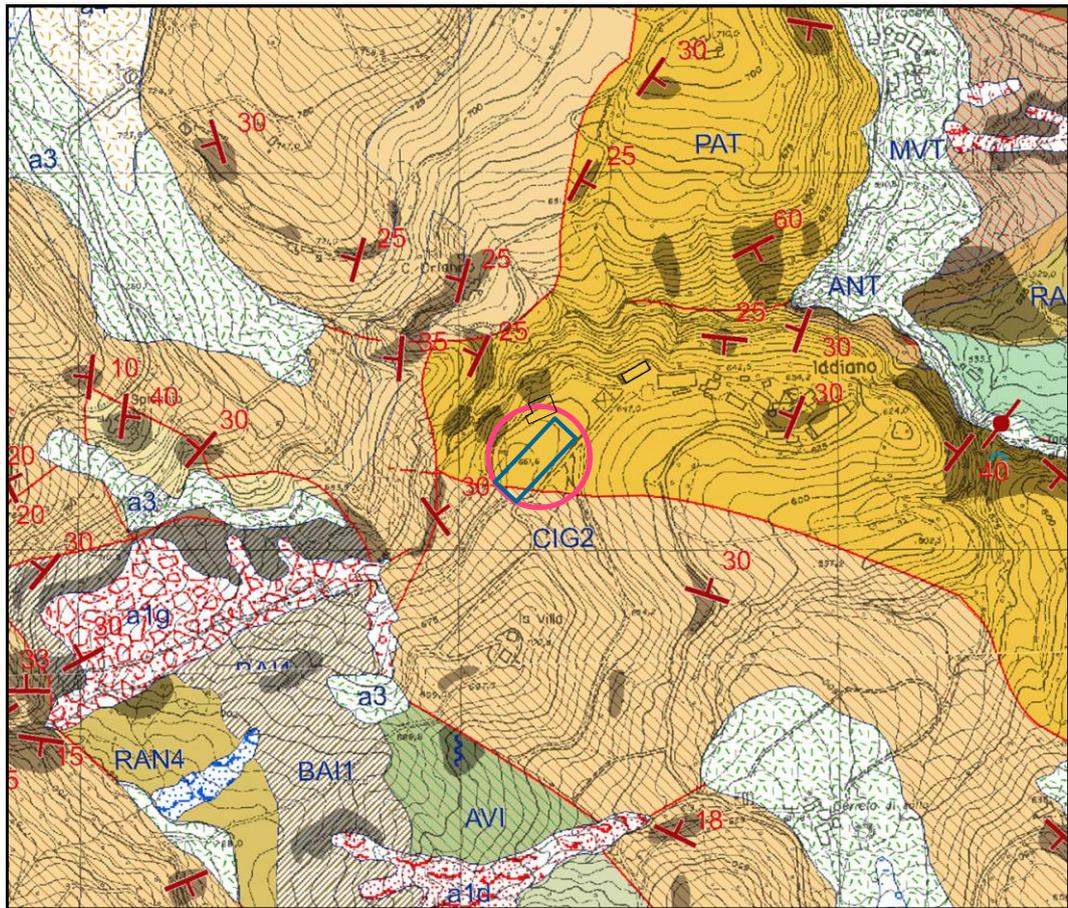
Pun.n°	D. Prog.	D. Parz.	Quota	Acc. %	Acc. °
0002.0	0029.7	0029.7	0720.0	016.8	009.5
0003.0	0046.6	0016.9	0715.0	029.7	016.5
0004.0	0063.8	0017.2	0710.0	029.1	016.2
0005.0	0070.2	0006.5	0705.0	077.2	037.7
0006.0	0077.6	0007.3	0700.0	068.4	034.4
0007.0	0090.5	0013.0	0695.0	038.6	021.1
0008.0	0097.4	0006.9	0690.0	072.6	036.0
0009.0	0110.3	0012.9	0685.0	038.8	021.2
0010.0	0118.8	0008.6	0680.0	058.4	030.3
0011.0	0128.0	0009.1	0675.0	054.7	028.7
0012.0	0136.6	0008.6	0670.0	057.9	030.1
0013.0	0149.1	0012.5	0665.0	039.9	021.7
0014.0	0157.4	0008.2	0660.0	060.8	031.3
0015.0	0167.1	0009.8	0655.0	051.2	027.1
0016.0	0175.4	0008.2	0650.0	060.8	031.3
0017.0	0182.2	0006.9	0645.0	072.5	036.0
0018.0	0189.6	0007.4	0640.0	067.6	034.1
0019.0	0201.8	0012.1	0635.0	041.2	022.4
0020.0	0211.6	0009.8	0630.0	050.9	027.0
0021.0	0219.3	0007.7	0625.0	064.7	032.9
0022.0	0226.1	0006.8	0620.0	073.2	036.2
0023.0	0232.3	0006.2	0625.0	081.1	039.1
0024.0	0242.5	0010.2	0630.0	048.8	026.0
0025.0	0257.4	0014.9	0635.0	033.6	018.6
0026.0	0265.1	0007.7	0640.0	064.7	032.9
0027.0	0270.7	0005.5	0645.0	090.6	042.2
0028.0	0280.6	0010.0	0650.0	050.2	026.6
0029.0	0288.7	0008.1	0655.0	061.8	031.7
0030.0	0299.2	0010.5	0660.0	047.7	025.5
0031.0	0320.8	0021.6	0662.0	009.3	005.3
0032.0	0340.5	0019.8	0660.0	010.1	005.8
0033.0	0360.3	0019.8	0655.0	025.3	014.2
0034.0	0379.2	0018.9	0650.0	026.4	014.8
0035.0	0401.7	0022.4	0645.0	022.3	012.6
0036.0	0421.1	0019.4	0640.0	025.7	014.4
0037.0	0438.4	0017.3	0635.0	029.0	016.1
0038.0	0456.8	0018.4	0630.0	027.1	015.2
0039.0	0485.4	0028.6	0625.0	017.5	009.9
0040.0	0508.6	0023.2	0620.0	021.5	012.1
0041.0	0531.8	0023.2	0615.0	021.6	012.2
0042.0	0563.7	0031.9	0610.0	015.7	008.9
0043.0	0601.9	0038.2	0605.0	013.1	007.5
0044.0	0665.6	0063.7	0600.0	007.9	004.5



CARTA GEOLOGICA CARG

Scala 1:10'000

TAV. 4



DESCRIZIONE DELLE UNITA' GEOLOGICHE PRESENTI IN CARTA

Depositi quaternari continentali

	a1 - Deposito di frana attiva di tipo indeterminato
	a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento
	a1d - Deposito di frana attiva per colamento lento
	a1g - Deposito di frana attiva complessa
	a6 - Detrito di falda
	b1 - Deposito alluvionale in evoluzione
	b1a - Deposito alluvionale in evoluzione fissato da vegetazione
	d1 - Deposito eolico
	f1 - Deposito palustre
	i1 - Conoide torrentizia in evoluzione
	a3 - Deposito di versante s.l.
	a4 - Deposito eluvio-colluviale
	d1 - Deposito eolico

Successione epiligure

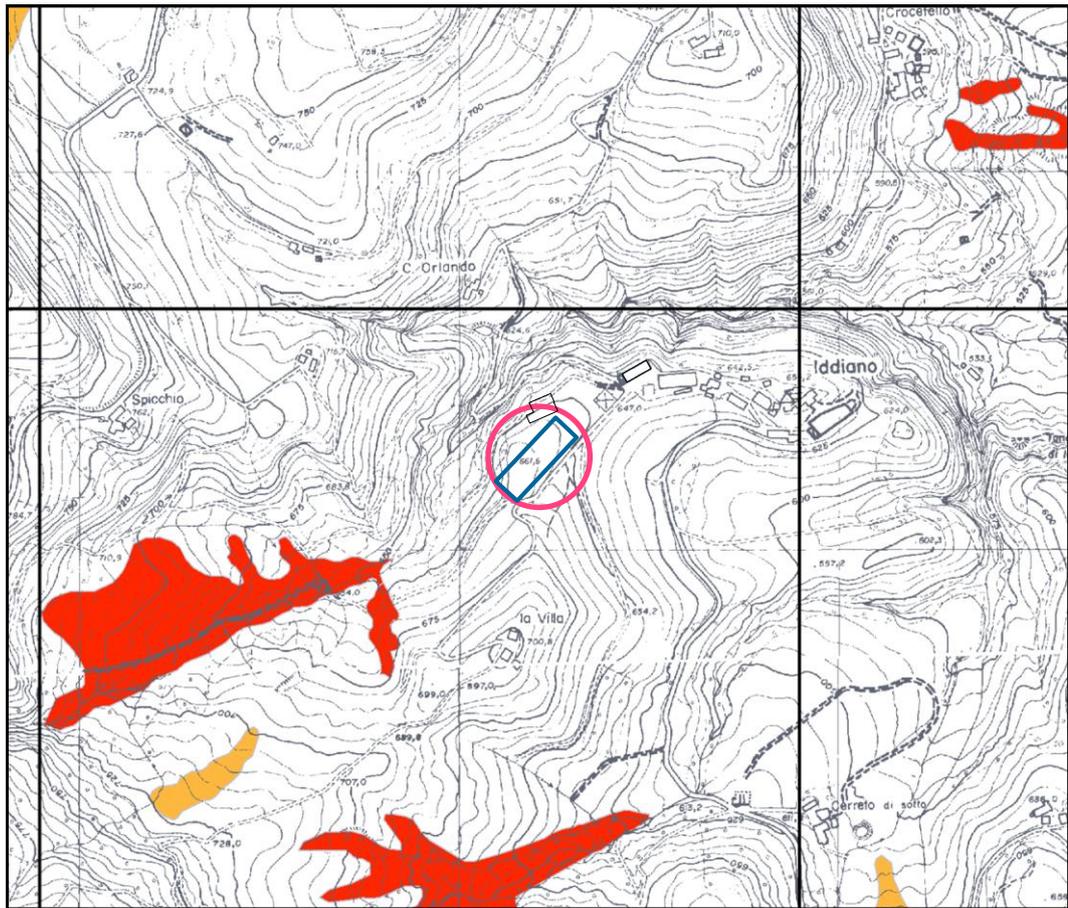
	CIG - Formazione di Cigarello
	CIG2 - Formazione di Cigarello - membro di Monte Luminasio
	CIG1 - Formazione di Cigarello - membro di Montalto Nuovo
	PAT - Formazione di Pantano
	PAT2 - Formazione di Pantano - membro di Montecuccolo
	PAT1 - Formazione di Pantano - membro di Sassoguidano
	CTG - Formazione di Contignaco
	MVT - Breccie argillose della Val Tiepido-Canossa
	ANT - Marne di Antognola



CARTA DEL DISSESTO PTCP

Scala 1:10'000

TAV. 5



PTCP Provincia di Modena
Carta del Dissesto

Scala 1:10000



VOCI DI LEGENDA

Zone ed elementi caratterizzati da fenomeni di dissesto e instabilità

			Aree interessate da frane attive	Art. 15
			Aree interessate da frane quiescenti	

Zone ed elementi caratterizzati da potenziale instabilità

			Aree potenzialmente instabili	Art. 16
--	--	--	-------------------------------	---------

Aree a rischio idrogeologico elevato e molto elevato

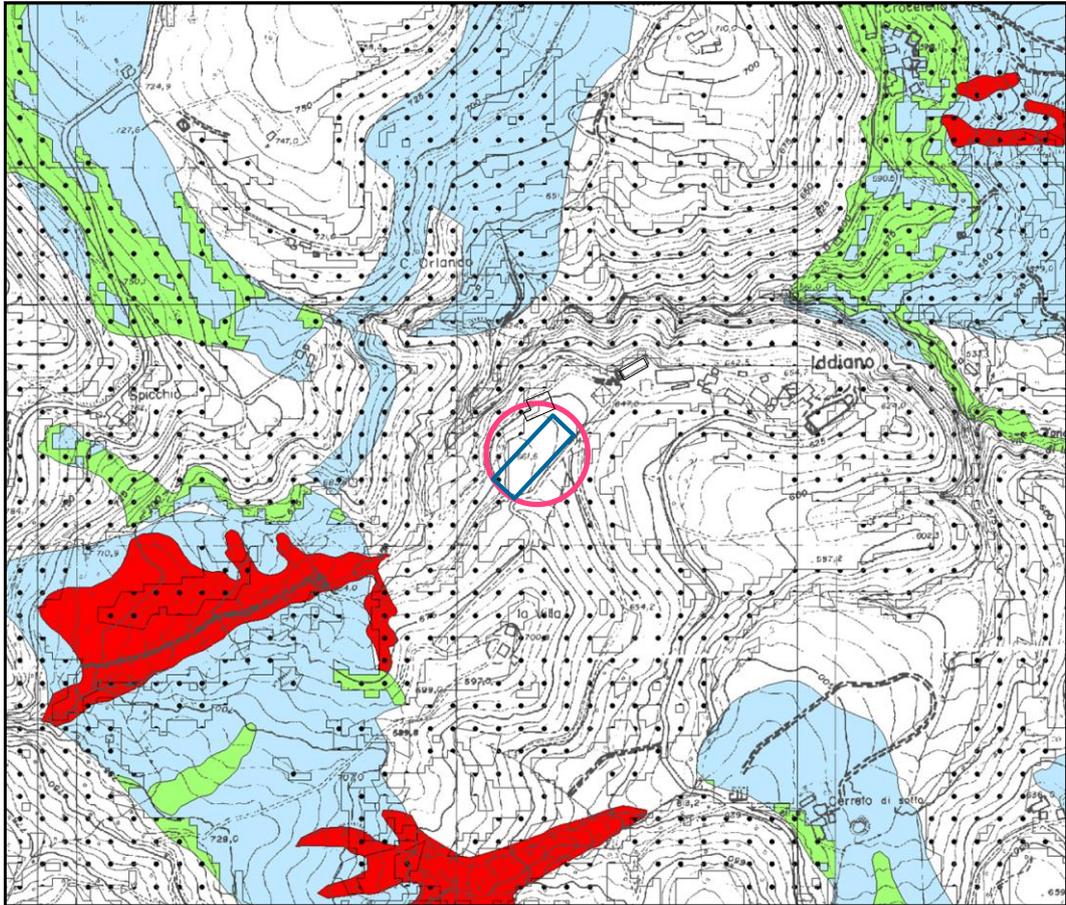
	Codice scheda 2.1.1 NR		Abitati da consolidare o da trasferire (perimetrazione approvata ai sensi dell'art.29 comma 2 del PTPR)	Art. 17
			Aree a rischio idrogeologico molto elevato	Art. 18A
			Aree a rischio da frana perimetrate e zonizzate a rischio molto elevato (R4) ed elevato (R3)	Art. 18B



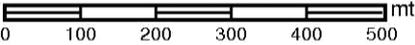
CARTA DEL RISCHIO SISMICO

Scala 1:10'000

TAV. 6




PTCP Provincia di Modena
 Aree Suscettibili di effetti locali

Scala 1:10000
 mt

Effetti attesi

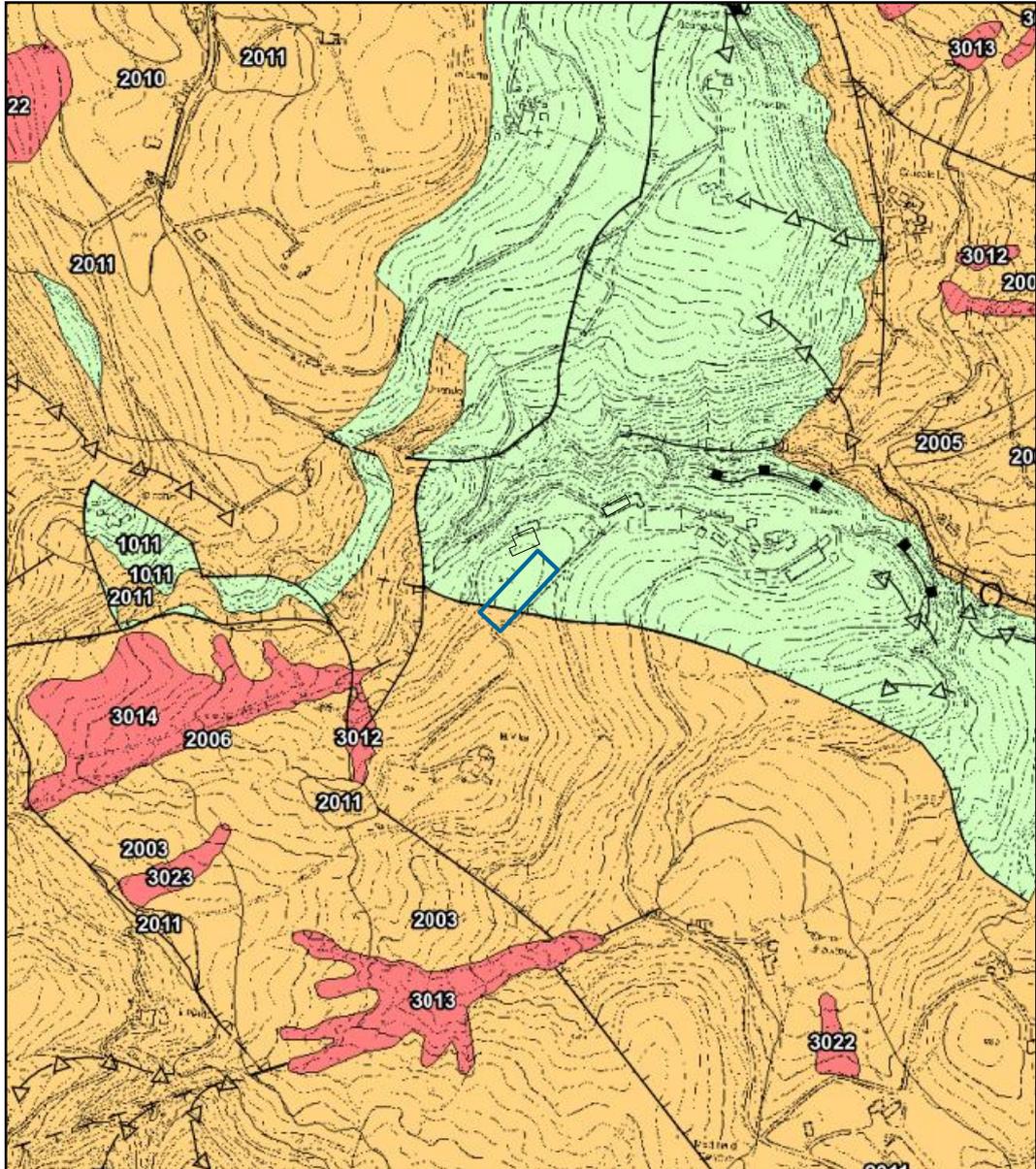
1	<p>Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche</p> <p><u>studi</u>*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche (nei casi in cui siano ammessi interventi);</p> <p><u>microzonazione sismica</u>*: approfondimenti di III livello.</p>
2	<p>Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche</p> <p><u>studi</u>*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche (nei casi in cui siano ammessi interventi);</p> <p><u>microzonazione sismica</u>*: approfondimenti di III livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.</p>
3	<p>Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche</p> <p><u>studi</u>*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche;</p> <p><u>microzonazione sismica</u>*: approfondimenti di III livello.</p>
4	<p>Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche</p> <p><u>studi</u>*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche;</p> <p><u>microzonazione sismica</u>*: approfondimenti di III livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.</p>
5	<p>Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche</p> <p><u>studi</u>*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico;</p> <p><u>microzonazione sismica</u>*: approfondimenti di II livello.</p>



CARTA MICROZONAZIONE SISMICA 1° LIVELLO - PSC

Scala 1:10'000

TAV. 8a1





CARTA MICROZONAZIONE SISMICA I LIVELLO - PSC

LEGENDA

TAV. 8a2

Legenda

Zone stabili



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



Zone suscettibili di instabilità



Limite comunale

Forme di superficie e sepolti



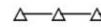
Falda detritica



Conoide alluvionale



Orlo di scarpata morfologica >20m



creste



Valle sepolta larga



Valle sepolta stretta



Picco isolato



Sinkhole, grotte, cavità isolate



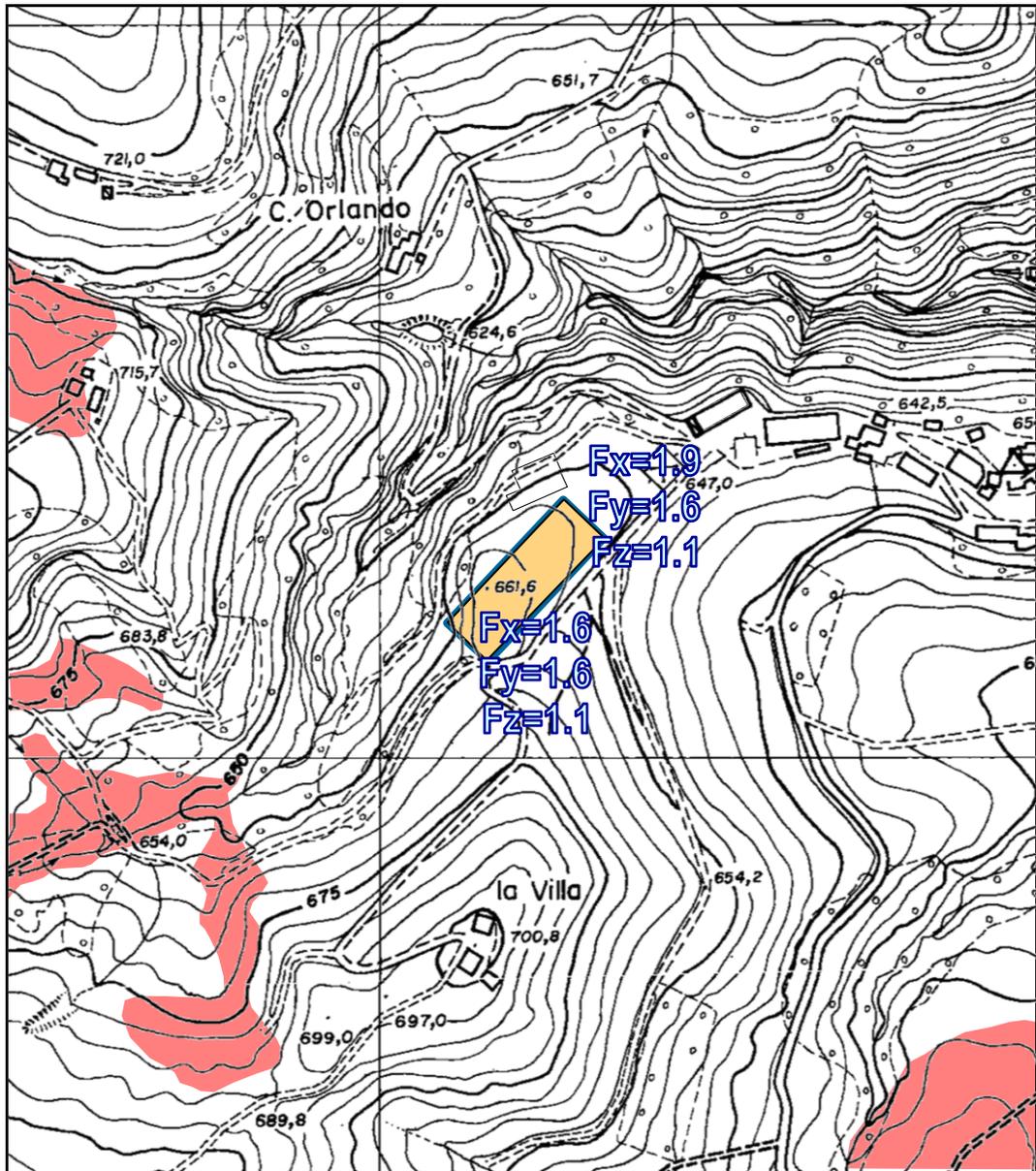
Traccia per gli approfondimenti
delle amplificazioni topografiche



CARTA MICROZONAZIONE SISMICA II LIVELLO PGA/PGA₀ - PSC

Scala 1:5000

TAV. 9a1





CARTA MICROZONAZIONE SISMICA II LIVELLO PGA/PGA₀ - PSC

LEGENDA

TAV. 9a2

Legenda

Zone stabili



Zone stabili

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali ($F_x = \text{PGA}/\text{PGA}_0$)



$1 < F_x \leq 1,5$



$1,5 < F_x \leq 2$



$F_x > 2$

Zone suscettibili di instabilità



Instabilità di versante Cedimenti differenziali



Traccia per gli approfondimenti delle amplificazioni topografiche



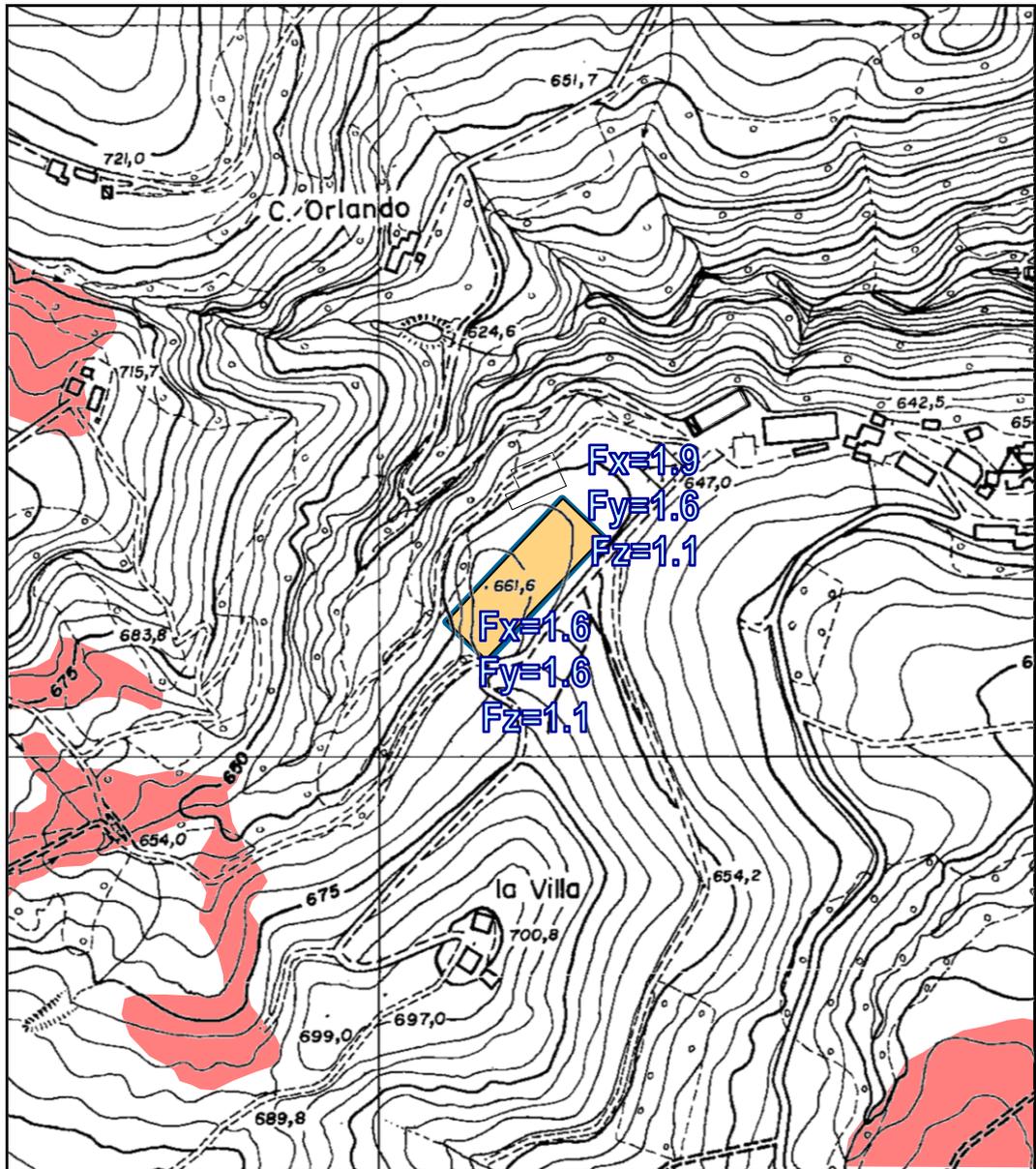
Area di amplificazione topografica



CARTA MICROZONAZIONE SISMICA II LIVELLO SI/SI₀ - PSC

Scala 1:5000

TAV. 9b1





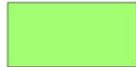
CARTA MICROZONAZIONE SISMICA II LIVELLO SI/SI₀ - PSC

LEGENDA

TAV. 9b2

Legenda

Zone stabili



Zone stabili

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali ($F_y = S_{I(0.1-0.5)} / S_{I_0}$)



$1 < F_y \leq 1,5$



$1,5 < F_y \leq 2$



$F_y > 2$

Zone suscettibili di instabilità



Instabilità di versante Cedimenti differenziali



Traccia per gli approfondimenti delle amplificazioni topografiche



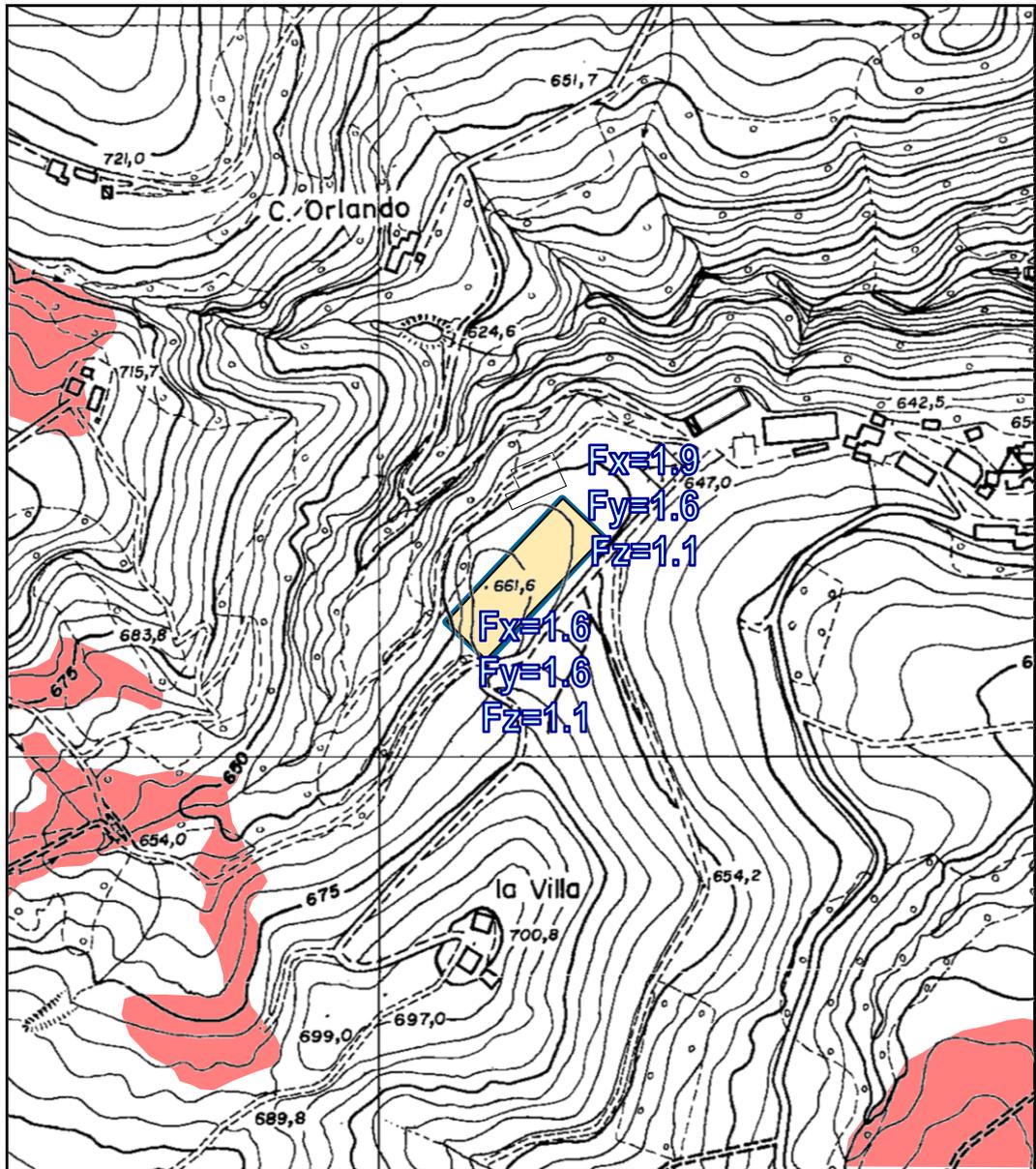
Area di amplificazione topografica



CARTA MICROZONAZIONE SISMICA II LIVELLO SI/SI₀ - PSC

Scala 1:5000

TAV. 9c1





CARTA MICROZONAZIONE SISMICA II LIVELLO SI/SI₀ - PSC

LEGENDA

TAV. 9b2

Legenda

Zone stabili



Zone stabili

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali ($F_z = S_{I(0.5-1.0)} / S_{I_0}$)



$1 < F_z \leq 1,5$



$1,5 < F_z \leq 2$



$F_z > 2$

Zone suscettibili di instabilità



Instabilità di versante Cedimenti differenziali



Traccia per gli approfondimenti delle amplificazioni topografiche



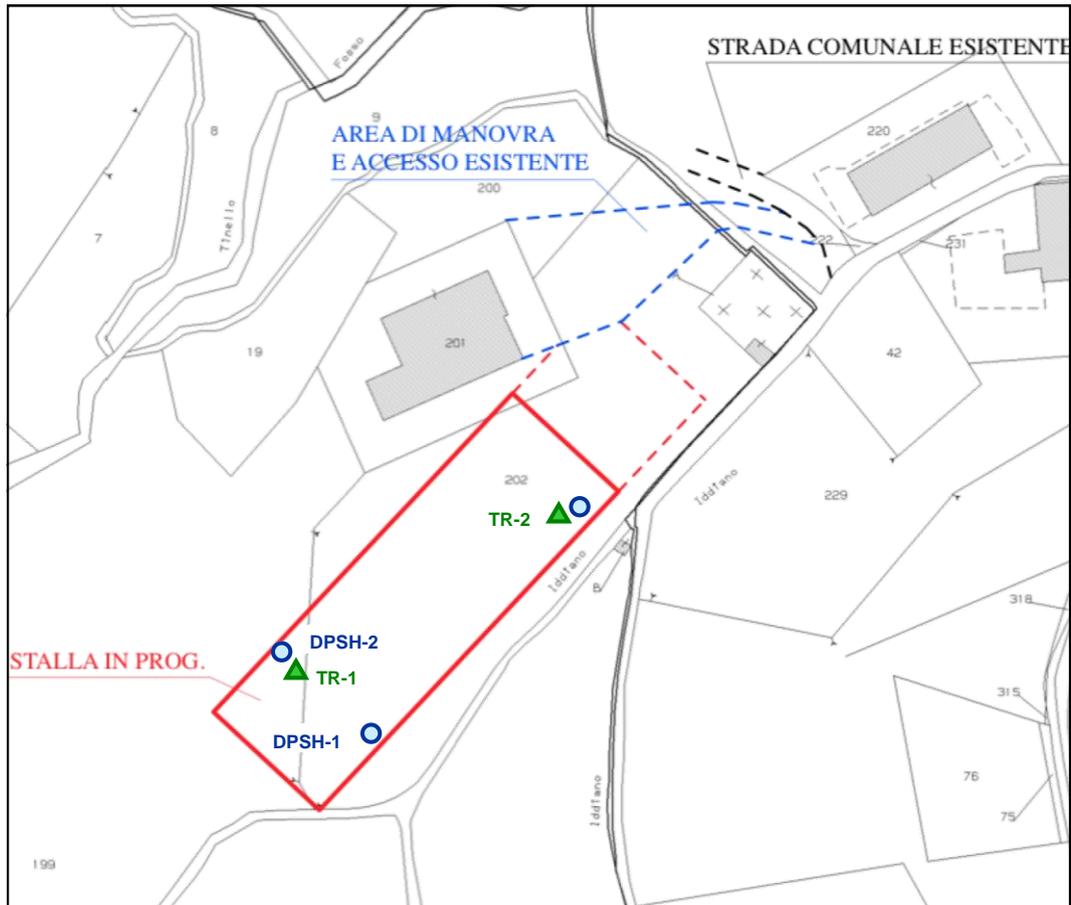
Area di amplificazione topografica



ESTRATTO CATASTALE

Scala 1:2000

TAV. 10



COMUNE : PAVULLO

FOGLIO : 55

MAPPALE : 199, 201, 202

○ PROVA PENETROMETRICA

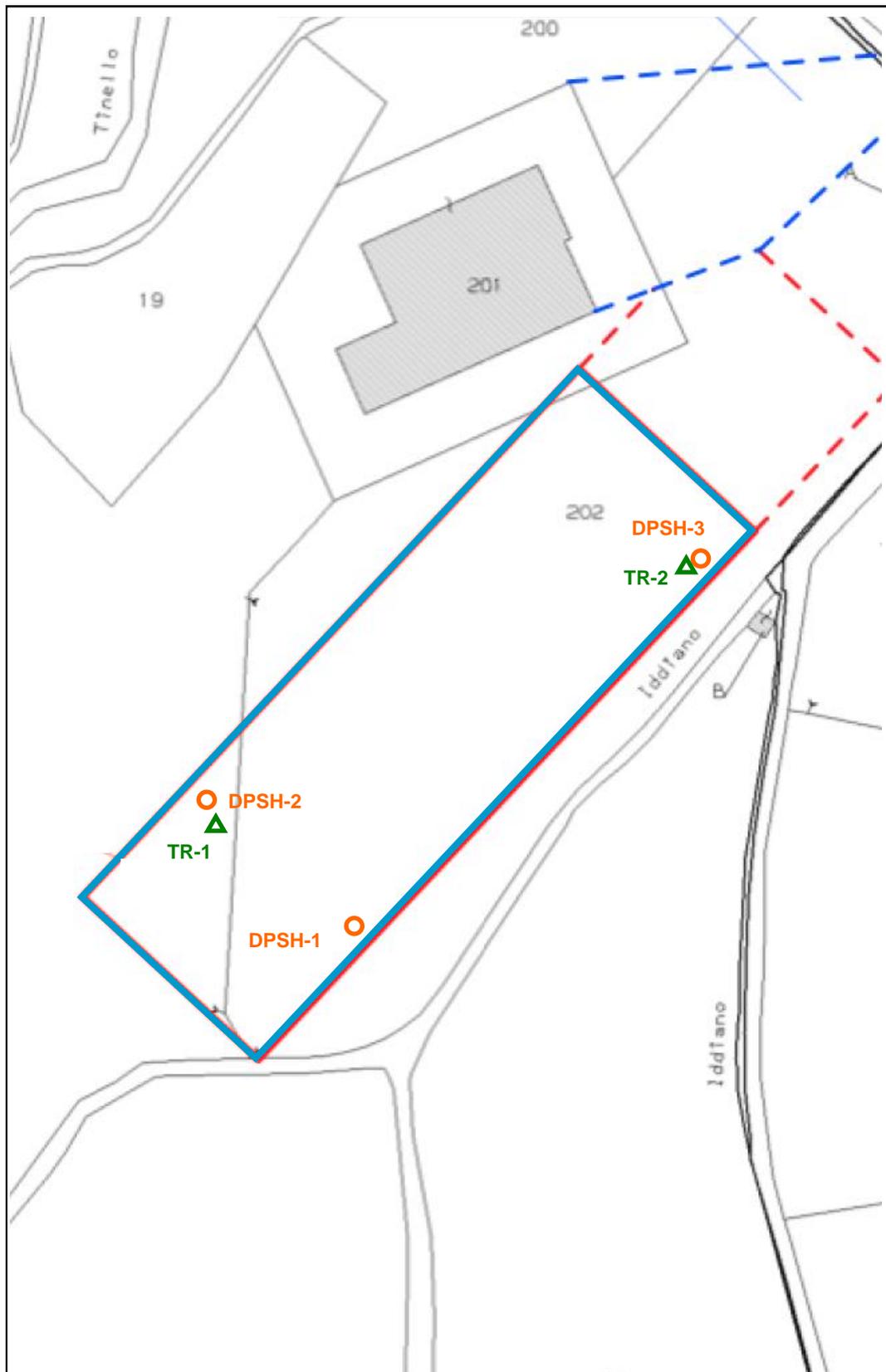
▲ REGISTRAZIONE SISMICA



PLANIMETRIA CON PROVE GEOGNOSTICHE

Scala 1:1000

TAV. 11



LEGENDA

-  PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUPER PESANTE DPSH
-  REGISTRAZIONE SISMICA A STAZIONE SINGOLA HVSR



1. RELAZIONE GEOLOGICA

1.1 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il sito in esame è ubicato presso *Iddiano* (400 m a Ovest) su di un promontorio (sella) prevalentemente arenaceo-calcareo.

Le dorsali sono talvolta ricoperte da depositi di versante costituiti da litotipi eterogenei ed eterometrici in matrice pelitica accumulatisi per gravità e ruscellamento (a3) mentre più spesso, su di esse, sono presenti depositi eolici e colluviali costituiti da sabbie limi e argille notevolmente pedogenizzati (a4).

Nella maggior parte dei casi questi depositi hanno spessori limitati a 1-3 metri: quando ciò accade non vengono cartografati.

Se si osserva la carta di tavola 4 (*Carta Geologica*) in corrispondenza del sito non vengono segnalati depositi di alcun genere, mentre vengono segnalati depositi a3 e a4 ai piedi delle dorsali.

Questi depositi derivano dal disfacimento della *Formazione di Pantano* (Gruppo di Bismantova), qui caratterizzata da arenarie fini localmente calcarenitiche e da peliti marnose.

Nel settore più Nord-Orientale affiorano le unità dei complessi di base sulle quali si impostano piccole frane attive (a1) e quiescenti a2); naturalmente, questi movimenti franosi rimangono comunque al di fuori di ogni influenza sul sito in questione.

L'area a Nord del sito e di *Iddiano* è tagliata da una stretta vallecina a forma di V di direzione Ovest-Est, cinta tutta attorno da ripide scarpate costituite da arenarie e calcari.

La direzione e l'immersione degli strati della *Formazione di Pantano* (PAT), come evidenziato dalla cartografia e dal rilievo, presenta un assetto con prevalenza dell'immersione verso Ovest.

Il reticolo idrografico risulta principalmente costituito da fossi anonimi che convogliano le loro acque verso Est-Nord/Est in direzione del *Rio Camorano*.

Il *Rio Camorano*, che scorre poco a Nord/Est dell'area, è affluente, in sinistra idrografica, del *Fiume Panaro*.

Il bacino idrografico principale è quello del *Fiume Panaro*.



1.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Dal punto di vista geologico nell'area affiorano i terreni appartenenti alle Unità Epiliguri (Gruppo di Bismantova).

Seguendo la *Carta Geologica CARG (RER)* si possono riconoscere nell'area i seguenti depositi e le seguenti unità:

Depositi quaternari continentali

a3 - Deposito di versante s.l.

Deposito costituito da litotipi eterogenei ed eterometrici più o meno caotici. Frequentemente l'accumulo si presenta con una tessitura costituita da clasti di dimensioni variabili immersi e sostenuti da una matrice pelitica e/o sabbiosa (che può essere alterata per ossidazione e pedogenesi), a luoghi stratificato e/o cementato. La genesi può essere dubitativamente gravitativa, da ruscellamento superficiale e/o da soliflusso.

a6 - Detrito di falda

Accumulo detritico costituito da materiale eterogeneo ed eterometrico, generalmente a quote elevate o molto elevate, con frammenti litoidi di dimensioni variabili tra qualche cm3 e decine di m3, privo di matrice o in matrice sabbioso-pelitica alterata e pedogenizzata, di origine gravitativa frequentemente alla base di scarpate e lungo i versanti più acclivi.

Successione Epiligure: Gruppo di Bismantova

CIG - Formazione di Cigarello

Marne siltoso-sabbiose, talora argillose, grigie, grigio scure o beiges se alterate, bioturbate e fossilifere. Stratificazione generalmente poco evidente per l'assenza di livelli grossolani e per la bioturbazione. Localmente affiorano intervalli di strati sottili arenaceo-pelitici tabulari con A/P < 1 o litofacies marnose franche. Ambiente di sedimentazione di piattaforma esterna e scarpata-bacino. Il limite inferiore è per alternanza o sfumato con PAT. Lo potenza varia da qualche decina di metri a circa 200 m. *Langhiano - Serravalliano*

CIG2 - Formazione di Cigarello - membro di Monte Luminasio

Arenarie fini e medie, localmente biocalcareni e litareniti grossolane e microconglomeratiche, alternate a peliti siltose grigie, in strati da sottili a molto spessi, prevalentemente tabulari. Rapporto A/P >1. Intercalazioni metriche e decametriche di peliti sabbiose. Corpi arenacei lenticolari intercalati a varie altezze stratigrafiche. Torbiditi di scarpata bacino. Potenza variabile da 0 a 100 m circa. *Langhiano - Serravalliano*

CIG1 - Formazione di Cigarello - membro di Montalto Nuovo

Alternanze di arenarie finissime bioturbate e siltiti o peliti marnoso-sabbiose in strati da sottilissimi a medi; verso l'alto arenarie bioturbate in strati metrici e peliti marnose. Potenza massima di poche decine di metri. Ambiente di piattaforma esterna. Passaggio sfumato su PAT. *Langhiano - Serravalliano*

PAT - Formazione di Pantano

Areniti siltose fini e finissime, grigie (beige se alterate), alternate a peliti marnose e siltose grigio-chiare; stratificazione generalmente poco marcata o addirittura impercettibile a causa dell'intensa bioturbazione; sono presenti resti di Echinidi, Gasteropodi e Lamellibranchi. Alla base talora affiorano delle areniti glauconitiche. Localmente si intercalano strati arenacei risedimentati medi, mal strutturati, di colore nocciola. Verso l'alto affiorano livelli di marne siltose grigio-azzurre laminate. Il limite inferiore è netto, discordante, su CTG e su ANT. Sedimentazione in ambiente da litorale a piattaforma esterna. La potenza è fino a circa 500 m.

Burdigaliano sup. - Langhiano inf.

PAT1 - Formazione di Pantano - membro di Sassoguidano

Areniti ibride prevalentemente finissime e fini, a luoghi bioturbate, con stratificazione da media a molto spessa, tabulare ed obliqua a piccola scala, a luoghi poco evidente. Verso l'alto areniti più grossolane e strutture sedimentarie più evidenti. Contatto inferiore discontinuo su CTG. Ambiente di piattaforma interna e di battaglia. Potenza variabile da pochissimi metri a 300.



1.3 IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA

Le *zolle* calcaree ed arenacee che conferiscono la particolare morfologia all'area, risultano intensamente fratturate e costituiscono dal punto di vista strutturale un complesso beante, un serbatoio caratterizzato da alta permeabilità di tipo secondario, per fratturazione e carsismo.

Il contatto con i sottostanti livelli di rocce a impermeabilità crescente, per fenomeni di occlusione o per il contatto con formazioni a prevalente componente marnosa, porta all'emersione della circolazione idrica ipogea.

Le sorgenti, alimentate da bacini idrogeologici caratterizzati dalla litologia sopra descritta, danno una risposta immediata agli apporti pluviometrici, perché entro gli ammassi fratturati l'acqua ha in genere una velocità elevata.

La permeabilità dei terreni in sito e in genere dei terreni delle dorsali è piuttosto alta perché dovuta alla fratturazione e alla dissoluzione del litotipo calcareo.

Le acque superficiali sono convogliate in una serie di fossi e rivoli con direzione prevalente Ovest/Est che convogliano le loro acque verso fossi anonimi che alla fine fanno capo al *Rio Camorano*, tributario, in sinistra idraulica, del *Fiume Panaro*.

1.4 PROCESSI EROSIVI E GRADO DI STABILITA'

La degradazione del versante in esame è limitata ed è principalmente dovuta a fenomeni di degradazione meteorica.

In prossimità del sito non si hanno evidenti fenomeni di degradazione né di erosione concentrata e/o diffusa.

Nella *Carta delle frane e della stabilità dei terreni del bacino del Fiume Panaro* i terreni affioranti nell'area circostante il sito sono descritti come: "Terreni stabili. per i quali l'imposizione di opere d'arte non dà luogo a problemi particolari".

Nella *Carta del Dissesto*, estratta dal PTCP, non vengono segnalati fenomeni di dissesto e/o instabilità nel sito di intervento e



nemmeno nelle zone limitrofe.

Dal rilievo sul campo non sono emersi fenomeni morfogenetici in atto, mentre il versante, nel suo complesso, ha mostrato una ottima stabilità dovuta alle buone caratteristiche meccaniche del materiale e alle favorevoli disposizioni degli assetti strutturali dei piani di stratificazione.

Si ritiene in conclusione che per l'entità dell'intervento, la sua collocazione e fatta salva la corretta esecuzione delle opere, non sarà pregiudicato il grado di stabilità del versante.

La porzione di dorsale, oggetto del presente inserimento nel POC, può quindi essere classificata, in ultima analisi, come stabile.

Si ritiene in conclusione che per l'entità degli interventi previsti e per la loro collocazione, fatta salva la corretta esecuzione delle opere, non sarà pregiudicato il grado di stabilità dell'area.

1.5 INDAGINI GEOGNOSTICHE E PARAMETRI NOMINALI

E' stato eseguito un sopralluogo per caratterizzare dal punto di vista geologico, geomorfologico, geotecnico e geofisico l'area interessata all'inserimento nel POC.

Generalmente la roccia (*Formazione di Pantano* del Gruppo di Bismantova) nelle zona di dorsale o di promontorio affiora ad una profondità molto limitata (2-3 m dal p.c.), ed infatti nell'area la ritroviamo ad una profondità variabile fra 1.0 e 2.5 m dal p.c.

Oltre ad avere uno spessore modesto, la copertura detritica mostra discrete caratteristiche meccaniche.

Per la ricostruzione stratigrafica del sito e per ricavare i principali parametri meccanici sono state eseguite 3 prove penetrometriche dinamiche (DPSH) ubicate come da planimetria di TAV11.

Per ricavare la frequenza di sito, per calcolare la velocità delle onde S nel terreno, per classificare il sito secondo il DM 14/01/08 (metodo semplificato) ed, infine, per la RSL, sono state effettuate 2 registrazioni sismiche, a stazione singola (TR-1, TR-2), con tromografo Micromed in corrispondenza rispettivamente delle prove penetrometriche dinamiche DPSH-1 e DPSH-3.



1.5.1 Prove Penetrometriche Dinamiche

Per la caratterizzazione geotecnica del terreno sono state eseguite 3 prove penetrometriche dinamiche di tipo super pesante (DPSH).

Possiamo utilizzare le relazioni esistenti in letteratura fra il numero dei colpi del penetrometro dinamico e il numero dei colpi dello Standard Penetration Test (Nspt).

Nella pagina seguente riportiamo l'elaborazione della prova penetrometrica dinamica super pesante DPSH-3; la prova, che si è spinta più in profondità delle altre due, ha attraversato un maggiore spessore di detriti di versante e/o roccia alterata.

In queste tabelle vengono forniti i parametri nominali del terreno, mentre per i valori caratteristici, per le fondazioni superficiali o per plinti (L<2m), si veda il paragrafo 3.1.2 e le relative tabelle.

TABELLA STRATI PROVA PENETROMETRICA N DPSH-03
(Parametri Geotecnici e Carico Ammissibile)

COMMITTENTE: SORBELLI						LOCALITA': IDDIANO					
COMUNE: PAVULLO						DATA: 30/09/2015					
NOME FILE SORBELLI DPSH-03						PENETROMETRO DPSH					
H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva			FORMULA OLANDESI		
[m]			ϕ [°]	Mo [kN/m ²]	Qa1 [kN/m ²]	Cu [kN/m ²]	Ed [kN/m ²]	Qa2 [kN/m ²]	σ_v' [kN/m ²]	Rpd [kN/m ²]	Qa3 [kN/m ²]
0.6	5.0	10.3	27.4	7339	62	69	6202	121	5.7	3724	149
1.2	12.3	23.7	33.8	16805	273	159	14202	277	17.1	8679	347
1.8	18.7	34.7	37.2	24625	607	232	20810	408	28.5	12888	516
2.4	31.3	55.9	41.8	39720	1552	375	33566	655	39.9	20161	806
2.6	45.0	78.2	45.0	55521	2966	524	46919	914	47.5	28955	1158

H = Profondità del letto dello strato elementare
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento
Nspt = Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)
$\phi^{\circ} = N_{spt} < 30 \cdot (15 - N_{spt})^{-5} + 15; N_{spt} > 30 - 0.0015 \cdot N_{spt}^2 + 0.353 \cdot N_{spt} + 26.782$ (Road Bridge Specification - Carter & Bentley)
Mo = 710 · Nspt [Modulo Confinato] [kN/m ²] (Farrent)
Qa1 = [(h · γ' · Nq) + (½ · b · γ · N _γ)] / 3 b=1 m [kN/m ²] (Qa Terzaghi; Nq, N _γ Meyerhof)
Cu = 6.7 · Nspt [kN/m ²] (Terzaghi)
Ed = 600 · Nspt [Modulo Edometrico] [kN/m ²] (Stroud & Butler)
Qa2 = [(h · γ') + (Cu · Nc)] / 3 [kN/m ²] (Qa Terzaghi; Nc=5.14)
Rpd = M ² · H / [A · e · (M + P)] [kN/m ²] (Formula degli Olandesi)
Qa3 = (Rdp / 15 ÷ 30); Qa = (Rpd / 25) [kN/m ²] (Carico Ammissibile, Sanglerat)



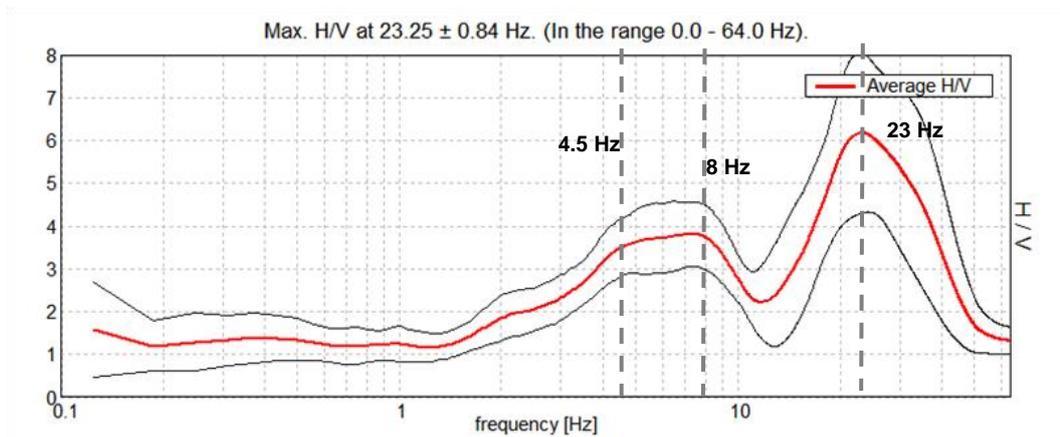
1.5.2 Registrazione Sismica

La registrazione sismica ha confermato la presenza del substrato compatto ad una profondità di circa 2.5/3 m e dal p.c. e ha individuato altri strati di roccia a densità crescente.

Le misure delle V_{s30} sono state ottenute dalla frequenza di oscillazione del sito misurata con tromografo Micromed.

La misura si basa sulla registrazione dei microtremori tramite i rapporti spettrali (H/V) fra le componenti orizzontali e verticali del moto (Noghooshi e Igarashi 1970).

Di seguito si riporta il grafico H/V-Hz della registrazione sismica TR-2, effettuata in prossimità della prova penetrometrica 3:



Osservando il grafico precedente si nota un picco principale (23 Hz) e una gobba (due picchi attaccati): procediamo all'analisi da destra verso sinistra, cioè dalla superficie in profondità: il primo picco (23 Hz) interessa il passaggio Suolo/detrito—Roccia alterata; il secondo picco a circa 8/9 Hz interessa il passaggio fra roccia alterata e roccia compatta (circa 14 m dal p.c.); l'ultimo picco, ultima parte della gobba, più profondo (4.5 Hz), viene qui appena accennato, ma è importante e segna il passaggio fra i 400 m/s e gli 800 m/s (cioè il passaggio da una roccia molto fratturata ad una roccia molto più rigida).

La frequenza fondamentale di risonanza (F_r) dello strato relativa alle onde S è pari a:



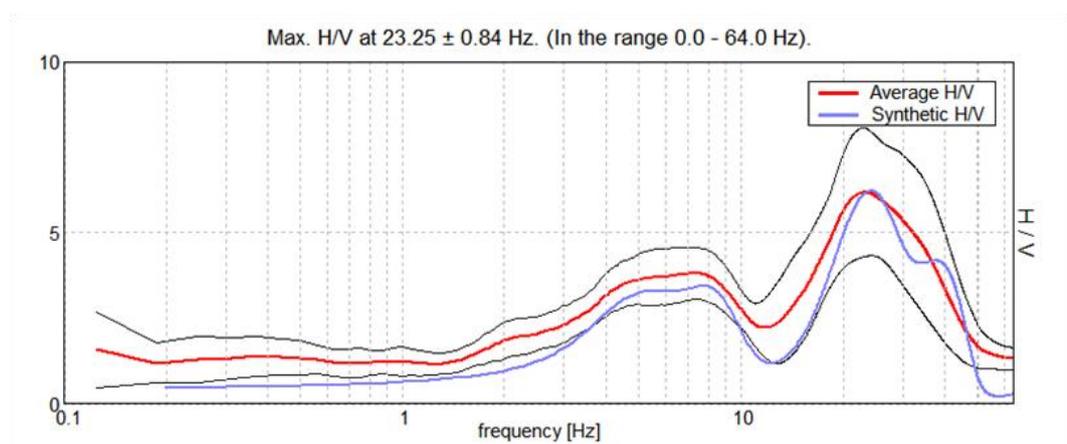
$$Fr = V_s / (4 \cdot h)$$

Dalla formula precedente, conoscendo la frequenza di risonanza e sapendo dalla prova penetrometrica che il passaggio fra lo strato più superficiale (depositi) e quello sottostante (roccia alterata) avviene ad una certa profondità h , alla quale corrisponde la frequenza Fr , si può ottenere la V_s media dello strato sovrastante.

Estendendo il ragionamento a tutti gli strati ed eseguendo l'inversione della velocità con ricostruzione teorica del grafico delle frequenze si ottiene la seguente interpretazione stratigrafica:

Bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.70	0.70	95	0.40
3.00	2.30	235	0.40
14.00	11.00	400	0.35
47.00	33.00	810	0.35
inf.	inf.	1200	0.35

Nel grafico in basso, il confronto fra la curva H/V teorica (blu) e quella sperimentale (rosso).





1.5.3 Caratterizzazione Geologica Geotecnica e Stratigrafica

Dal punto di vista geologico e geotecnico le conoscenze sull'area in oggetto si possono così riassumere:

- il terreno affiorante risulta costituito da un primo strato di materiale a caratteristiche già buone (depositi o detriti di versante e/ o roccia molto alterata e fratturata) con spessore massimo di circa 2.5 m (DPSH-3) e minimo di circa 1 m (DPSH-1 e DPSH-2).
- Un secondo strato, sottostante allo strato precedente, costituito da roccia alterata e fratturata ($V_s \sim 400$ m/s) mostra uno spessore che raggiunge circa 11.5 m ed una profondità di 14 m dal p.c.
- Il versante in forza sia del suo assetto strutturale che della sua bassa acclività risulta stabile e non mostra alcun fenomeno morfogenetico in atto.

“STRATIGRAFIA TIPO” DEL SITO

0.0 — 0.6	m	Suolo Terreno agrario
1.0 — 2.5	m	Depositi o detriti di versante ($V_s \sim 230-240$ m/s)
2.5 — 14	m	Roccia fratturata e alterata ($V_s \sim 400$ m/s)
> 14	m	Roccia compatta ($V_s > 800$ m/s)

Semplificando ancora di più il modello precedente possiamo fornire la seguente stratigrafia di sintesi (parametri nominali):

STRATIGRAFIA DPSH-3			
LITOLOGIA	H	Nspt[h]	DESCRIZIONE
1	0.6	24 [1.2]	Terreno vegetale limo argilloso sabbioso con clasti Depositi o detriti di versante ($V_s \sim 230/240$ m/s)
2		35 [1.8]	
3	2.6	56 [2.4]	Calcari ed Arenarie molto fratturate appartenenti alla Formazione di Pantano ($V_s \sim 400$ m/s)
4		78 [3.0]	
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14	14.0		Calcari ed Arenarie della Formazione di Pantano ($V_s > 800$ m/s)
15			



2. RELAZIONE SISMICA

2.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA

In base alla classificazione contenuta nell'ordinanza del PCM. n° 3274 del 20 Marzo 2003, il comune di *Pavullo nel Frignano* ricade nella Zona Sismica n° 3 con $a_g = 0.15$ g.

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

Nelle recenti Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 14/01/2008) l'accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento rigido orizzontale, non viene più riferita ai territori comunali ma ad una griglia di riferimento specifica.

Quindi per ottenere i parametri di riferimento bisogna introdurre la latitudine e la longitudine del luogo e il tempo di ritorno.

Ad esempio, per il sito in questione, con un $T_r = 475$ anni si ottiene una $a_g = 0.159$ g.

Il suolo viene ancora suddiviso in cinque classi principali (A, B, C, D, E) più due categorie aggiuntive S1 e S2 (vedi nota 1).

NOTA 1: Categorie del suolo di fondazione

A - *Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi* caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.

B - *Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti*, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica NSPT > 50, o coesione non drenata $C_u > 250$ kPa).

C - *Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza*, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < NSPT < 50$, $70 < C_u < 250$ kPa).

D - *Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti*, caratterizzati da valori di Vs30 < 180 m/s (NSPT < 15, $C_u < 70$ kPa).

E - *Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali*, con valori di Vs30 simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con Vs30 > 800 m/s.

In aggiunta a queste categorie, per le quali nel punto 3.2 vengono definite le azioni sismiche da considerare nella progettazione, se ne definiscono altre due, per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare:

S1 - Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ($PI > 40$) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di Vs30 < 100 m/s ($10 < C_u < 20$ kPa)

S2 - Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti

Nelle definizioni precedenti Vs30 è la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.



La classificazione avviene in base alla velocità delle onde S nel terreno, entro i primi 30 m di profondità dal p.c.

Se non si è in possesso della velocità delle onde S la normativa prevede ancora la correlazione fra la velocità delle onde S e il numero dei colpi dello Standard Penetration Test (N_{spt}) oppure fra le V_s e le C_u .

2.1.1 Classificazione del suolo in base alle V_{s30}

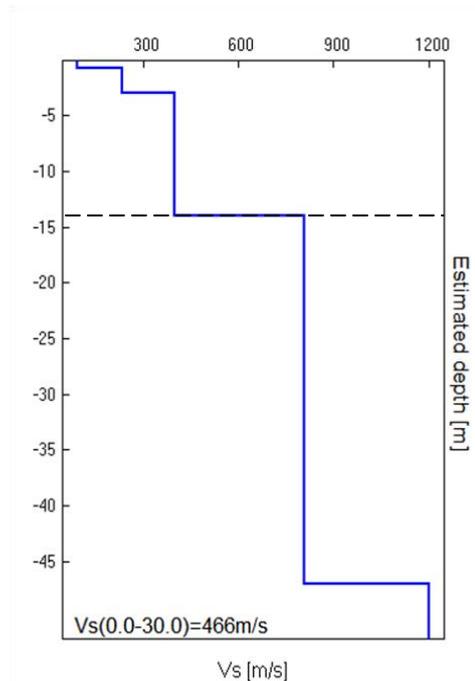
Per il calcolo della V_{s30} equivalente, rappresentativa dell'intero pacco di strati di 30 m di spessore, si ricorre alla relazione:

$$V_{s30} = 30 / \sum (h_i / V_{s30i})$$

Le misure delle V_{s30} sono state ottenute dalla frequenza di oscillazione del sito misurata con tromografo Micromed. Per i dettagli si rimanda al paragrafo 1.5.2 e agli allegati.

Qui prenderemo in esame la registrazione sismica n°2 eseguita in prossimità della prova penetrometrica dinamica n°3.

Thickness [m]	V_s [m/s]
0.70	95
2.30	235
11.00	400
33.00	810
inf.	1200



Elaborando le varie velocità secondo la formula precedente si ottiene per una profondità $h = 0$ m dal p.c. una $V_{s30} = 466$ m/s.

Quindi sulla base del DM14/01/08, si può concludere che l'area in oggetto ricade nella classe di suolo B.



2.2 SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO (DM 14/01/2008)

Ai fini del DM 14/09/2005 e successive modifiche e dell'OPCM 3274 va definito lo spettro di risposta elastico, in accelerazione, per il sito in esame. Tale spettro indica, per ciascuna frequenza, la risposta allo scuotimento massimo (da terremoto) di un oscillatore elastico smorzato semplice (che rappresenta un edificio teorico 'tipo') con frequenza propria pari alla frequenza considerata.

Secondo l'ultima versione del DM 14/01/2008 (§ 3.2.3.2.2) tale spettro va calcolato secondo le formule sottostanti che valgono per le componenti orizzontali del moto del suolo.

Forma dello spettro elastico di riferimento

Accelerazione. Componenti orizzontali.

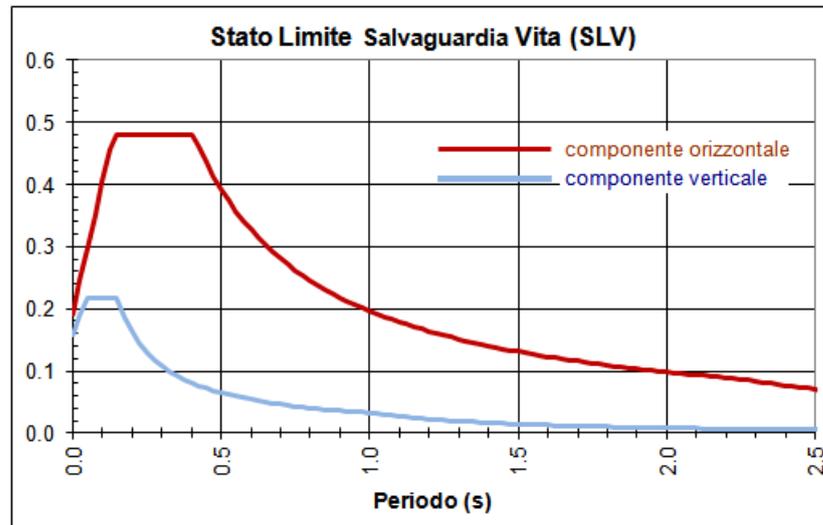
§ 3.2.3.2.2

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \\
 T_C \leq T < T_D & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

$S = S_s \times S_T$	coeff. ampl. stratigrafica x coeff. ampl. topografica tab.3.2V-VI
$\eta = (10 / (5 + \xi))^{1/2}$	ξ è lo smorzam. in % (normalmente 5%, diversamente si valuta in base alle caratteristiche dell'edificio)
F_o	fatt. amplif.spettrale max orizz. (> 2.2, allegato alla norma)
$T_c = C_c \times T_c^*$	(C_c in tab.3.2V e T_c^* in allegato alla norma)
$T_B = T_c / 3$	
$T_D = 4 a_g / g + 1.6$	

Con T si intende il periodo fondamentale di risonanza dell'edificio (espresso in secondi) e con a_g l'accelerazione massima di picco del sottosuolo (PGA) in caso di terremoto (m/s^2).

Dalle correlazioni con le Nspt si ottiene un **suolo B**; per questo tipo di suolo, con un tempo di ritorno **Tr=475 anni**, una amplificazione topografica **St=1.0** e un coefficiente di smorzamento = 5%, si ottengono le seguenti forme spettrali:



Quindi dalla sintesi dei dati è possibile fornire per il sito in oggetto il seguente quadro:

- 1) La categoria del suolo di fondazione è la **B**.
- 2) L'accelerazione orizzontale di picco PGA (Peak Ground Acceleration) è di **0.48** con $T_r=475$ anni (dove g = accelerazione di gravità = 9.81 m/s^2).
- 3) Il coefficiente di amplificazione stratigrafica S_c e il coefficiente C_c sono quelli relativi alla categoria di suolo di fondazione **B** descritti nella tabella 3.2.5. del DM 14/01/2008.

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Per i dettagli si veda l' **ALLEGATO B** e il DM 14/01/2008.



2.3 MICROZONAZIONE SISMICA II LIV. (DAL RER 112/2007)

Ai fini del DAL RER 112/2007 va definita la microzonazione sismica per l'area in oggetto. Per quest'area è stata eseguita una analisi di secondo livello.

Poiché abbiamo a disposizione due lettura sismiche si è proceduto a riportare quella che ha mostrato amplificazione maggiori TR-2:

DATUM ED50 UTM_X = 648614 m UTM_Y = 4912792 m				
PROFONDITA' (m)	SPESSORE (m)	Vs (m/s)	BEDROCK	
0.70	0.70	95		Vs30 466 m/s
3.00	2.30	235		
14.00	11.00	400		
30.00	16.00	810	X	
47.00	17.00	1200		Vsh 314 m/s h = 14 m

Nell'analisi di II livello è sufficiente la conoscenza delle Vs e della profondità del bedrock sismico, per calcolare i fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento (vedi tabelle e formule dell'Allegato A2 della direttiva regionale).

Questi fattori sono espressi sia in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGAo) sia di rapporto di Intensità di Housner (SI/SIo) per prefissati intervalli di periodi, dove PGAo e SIo sono rispettivamente l'accelerazione massima orizzontale e l'Intensità di Housner riferiti al suolo di riferimento e definiti per ogni comune, ricavabili dal data base regionale (disponibile nel sito www.regione.emilia-romagna.it/geologia/sismica) e PGA e SI sono le corrispondenti grandezze di accelerazione massima orizzontale e Intensità di Housner calcolate alla superficie dei siti.

Nell'analisi di secondo livello, per valutare gli effetti locali, è sufficiente conoscere il fattore di amplificazione (FA) da associare al sito in esame: esso dipende dalla velocità delle onde S (Vs30 o Vsh) e dalla profondità del bedrock (h), applicando i valori dettati dalla direttiva 112/2007, Allegato A2.



Substrato marino > 800 m/s

F.A. P.G.A.

V_{SH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.6	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0
15	2.0	2.0	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0
20	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0
25	1.9	2.0	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.3	1.2	1.0
30	1.8	1.9	1.9	1.9	1.7	1.5	1.5	1.4	1.2	1.0
35	1.7	1.8	1.9	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0
40	1.6	1.8	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$

V_{SH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	2.1	2.0	1.7	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
20	2.3	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
25	2.2	2.4	2.2	2.0	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
30	2.1	2.3	2.3	2.1	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.0
35	1.9	2.1	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$

V_{SH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25	2.1	2.1	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
30	2.4	2.3	1.9	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
35	2.5	2.4	2.3	1.8	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0
40	2.7	2.6	2.6	2.0	1.6	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0

LETTURA SISMICA TR-2

CASO APP2 (Substrato Vs > 800 m/s)	
H	= 14 m
V_{Sh}	= 314 m/s
FA PGA	= 1.9
FA IS ($0.1 < T_0 < 0.5$ s)	= 1.6
FA IS ($0.5 < T_0 < 1.0$ s)	= 1.1

In queste tabelle, in funzione della velocità di propagazione delle onde S e della profondità h, sono indicati i fattori di amplificazione (FA PGA ed FA SI).

In conclusioni, per l'area studiata, si possono adottare le seguenti amplificazioni sismiche: PGA/PGAo=**1.9**; SI/SIo($0.1-0.5$)=**1.6**;

SI/SIo($0.5-1.0$)=**1.1**.



3. RELAZIONE GEOTECNICA

3.1 DATI DI PROGETTO

3.1.1 Studi Eseguiti

Il presente lavoro riguarda lo studio sulla stratigrafia e sui parametri caratteristici del terreno in località *Iddiano*, per l'inserimento dell'area in oggetto nel POC comunale.

Sono state eseguite 3 prove penetrometriche dinamiche super pesanti (DPSH) per la ricostruzione stratigrafica e per la caratterizzazione geotecnica del terreno di fondazione.

Quindi i parametri nominali, ottenuti dalle prove penetrometriche, sono stati elaborati per ricavare i valori caratteristici.

Per le verifiche di capacità portante allo Stato Limite delle fondazioni e per il calcolo dei cedimenti si rimanda alle future relazioni Geologiche e Geotecniche che verranno sviluppate per ogni singolo intervento mentre qui ci limiteremo a fornire i parametri caratteristici del substrato di fondazione e l'amplificazione sismica (vedi paragrafo 2.3).

3.1.2 Parametri Caratteristici

I dati riportati nelle tabelle che seguono, sono stati elaborati per grandi superfici (fondazioni su plinti) e per piccole superfici (calcolo della portanza del palo).

In ogni caso, l'elaborazione di tutte le prove è disponibili nell'Allegato A. I dati sono stati rielaborati al 5° percentile di distribuzione della media così da ottenere i valori caratteristici (X_k).

Il valori di progetto (X_d) vengono ricavati da quelli caratteristici secondo il DM 14/01/2008 (vedi tabella 6.2.II).

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	γ	γ_T	1,0	1,0



Dai parametri nominali (pag.25) si ricavano i parametri caratteristici che vengono mostrati nella tabella sotto riportata nella quale viene elaborata la prova penetrometrica dinamica DPSH-3.

Vediamo i dati ottenuti dall'elaborazione per grandi superfici (fondazioni su plinti, travi rovesce, platee, ecc.):

TABELLA STATISTICA 5° PERCENTILE (C_u, ϕ) - PROVA PENETROMETRICA DPSH-03
(valori caratteristici e di progetto (M2) per fondazioni superficiali)

COMMITTENTE: SORBELLI				LOCALITA': IDDIANO							
COMUNE: PAVULLO				DATA: 30/09/2015							
NOME FILE SORBELLI DPSH-03				PENETROMETRO DPSH							
H	N	Nspt	Dati	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (C_u)			
[m]	[media]	[media]	Num	ϕ_m [°]	dev stand	ϕ_k [°]	ϕ_d [°]	C_{um} [kN/m ²]	dev stand	C_{uk} [kN/m ²]	C_{ud} [kN/m ²]
0.6	5.0	10.3	3	27.4	1.9	26.1	21.4	69	21.8	55	39
1.2	12.3	23.7	3	33.8	2.2	32.2	26.7	159	36.3	125	89
1.8	18.7	34.7	3	37.2	1.3	35.4	29.6	232	35.0	183	131
2.4	31.3	55.9	3	41.8	1.0	39.8	33.7	375	35.5	295	211
2.6	45.0	78.2	1	45.0		41.3	35.1	524		339	242

Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato

ϕ_m = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato

ϕ_k = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)

ϕ_d = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno (M2) [$\gamma_\phi = 1.25$]

C_{um} = Dato medio della coesione non drenata

C_{uk} = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)

C_{ud} = Valore di progetto della coesione non drenata (M2) [$\gamma_{cu} = 1.4$]

Ad esempio, per la verticale DPSH-3 (la peggiore per i terreni più superficiali presenti nell'area) nei calcoli geotecnici, quando si tratta di grandi superfici (plinti, platee, travi rovesce) si potranno utilizzare i seguenti parametri geotecnici caratteristici del terreno:

STRATO 2 (Depositi di Versante 0.6<h<1.2 m)

$$\phi'_k \sim 28/32^\circ$$

$$C'_k \sim 15-20 \text{ kPa (stimato)}$$

$$C_{uk} \sim 125 \text{ kPa}$$

STRATO 3 (Depositi di Versante 1.2<h<1.8 m)

$$\phi'_k \sim 31-35^\circ$$

$$C'_k \sim 20-25 \text{ kPa (stimato)}$$

$$C_{uk} \sim 183 \text{ kPa}$$



Seguono i calcoli dei parametri caratteristici elaborati per piccole superfici e quindi per il calcolo della portanza del palo singolo o per la capacità portante di un piccolo plinto ($L < 2$ m).

Anche in questo caso si prende in considerazione l'elaborazione della prova penetrometrica DPSH-3, quella che ha mostrato caratteristiche geotecniche più modeste per lo strato più superficiale:

TABELLA STATISTICA 5° PERCENTILE (C_u, ϕ) - PROVA PENETROMETRICA DPSH-03
(valori caratteristici e di progetto (M1) per pali)

COMMITTENTE: SORBELLI				LOCALITA': IDDIANO							
COMUNE: PAVULLO				DATA: 30/09/2015							
NOME FILE SORBELLI DPSH-03				PENETROMETRO DPSH							
H	N	Nspt	Dati	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (C_u)			
[m]	[media]	[media]	Num	ϕ_m [°]	dev stand	ϕ_k [°]	ϕ_d [°]	C_{um} [kN/m ²]	dev stand	C_{uk} [kN/m ²]	C_{ud} [kN/m ²]
0.6	5.0	10.3	3	27.4	1.9	24.2	24.2	69	21.8	45	45
1.2	12.3	23.7	3	33.8	2.2	29.9	29.9	159	36.3	103	103
1.8	18.7	34.7	3	37.2	1.3	32.9	32.9	232	35.0	150	150
2.4	31.3	55.9	3	41.8	1.0	37.0	37.0	375	35.5	243	243
2.6	45.0	78.2	1	45.0		39.8	39.8	524		339	339

<p>Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato</p> <p>ϕ_m = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato</p> <p>ϕ_k = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)</p> <p>ϕ_d = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno (M1) [$\gamma_\phi = 1.0$]</p> <p>C_{um} = Dato medio della coesione non drenata</p> <p>C_{uk} = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)</p> <p>C_{ud} = Valore di progetto della coesione non drenata (M1) [$\gamma_{cu} = 1.0$]</p>
--

I dati riportati nelle 2 tabelle precedenti sono relativi alla verticale DPSH-3, per l'elaborazione di tutte le altre prove penetrometriche dinamiche (parametri caratteristici per piccole e grandi superfici) si possono esaminare le tabelle dell'allegato A.

In particolare nella terza pagina di ogni prova, la tabella in alto fornisce i parametri caratteristici per grandi superfici e quindi per la capacità portante di fondazioni superficiali, a nastro, a platea o per plinti ($L > 2$ m); la tabella in basso invece fornisce i parametri caratteristici per piccole superfici e cioè per i pali o piccoli plinti.

Per concludere si fornisce, nella pagina che segue, la tabella riassuntiva dei parametri geotecnici per la sola verticale di indagine DPSH-3 (le prove DPSH-1 e 2 sono andate a rifiuto subito): in alto la tabella per fondazioni superficiali, in basso una tabella di sintesi sulle formule impiegate nel calcolo dei parametri caratteristici.



DPSH-03 (valori caratteristici per fondazioni superficiali)

PARAMETRO GEOTECNICO		STRATI						
		1	2	3	4	5	6	7
Profondità letto dello Strato	[m]	0.2	1	1.4	1.8	3.2	4.6	4.8
Spessore dello Strato	[m]	0.2	0.8	0.4	0.4	1.4	1.4	0.2
Nspt (Standard Penetration Test)	-	7	10	7	11	26	45	62
Peso Specifico del Terreno	γ [kNm ⁻³]	18	18	18	19	20	21	21
Densità Relativa	Dr [%]	63	73	56	70	99	100	100
Coazione non drenata (con $\phi'=0$)	C_{uk} [kNm ⁻²]	30	55	30	55	150	260	270
Angolo di attrito interno (con $C'=0$)	ϕ_k [°]	23	26	23	26	33	38	39
Grado di Consolidamento	OCR	>4	0.9	0.3	0.4	1.1	>4	>4
Modulo Edometrico	Ed [kNm ⁻²]	3900	5900	3900	6800	15700	27200	37200
Modulo Elastico (Young)	Es [kNm ⁻²]	19800	7800	5600	9100	18400	79400	108500
Modulo di Reazione (Winkler)	Ks [kNm ⁻³]	3300	9800	9900	16800	37900	65500	89000
		9000	14100	12100	22600	76600	223900	411900

Nella tabella sottostante, si riportano le formule utilizzate per l'elaborazione statistica dei dati nominali.

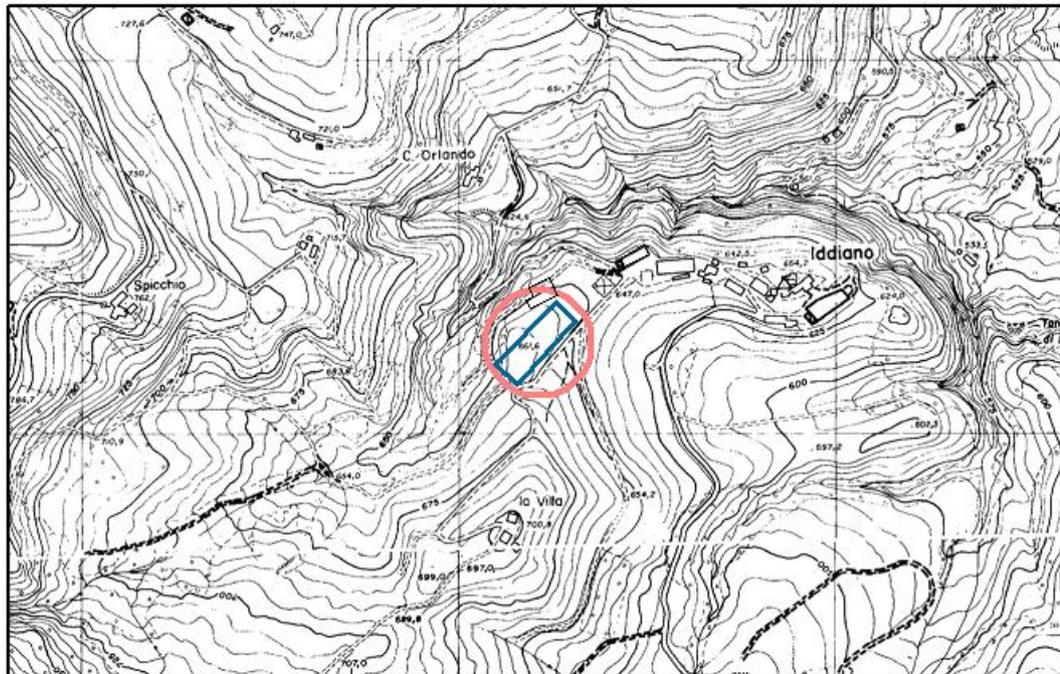
Queste formule e i relativi metodi di elaborazione dei dati sono state illustrate dal dott. Luca Nori durante i corsi di aggiornamento professionale organizzati dalla Regione Emilia Romagna.

N=1	Piccole	Cu	$X_k = \text{inv.norm}(0.05; M; M \cdot \text{Cov} \cdot 0.88)$	$X_k = \text{valore caratteristico}; M = \text{valore medio}; \text{Cov} = 0.25 \text{ (Coeff. di variazione)}$
		ϕ	$X_k = \text{inv.norm}(0.05, M, M \cdot \text{Cov})$	$X_k = \text{valore caratteristico}; M = \text{valore medio}; \text{Cov} = 0.07 \text{ (Coeff. di variazione)}$
	Grandi	Cu	$X_k = \text{inv.norm}(0.05; M; M \cdot \text{Cov} \cdot 0.88)$	$X_k = \text{valore caratteristico}; M = \text{valore medio}; \text{Cov} = 0.25 \text{ (Coeff. di variazione)}$
		ϕ	$X_k = \text{inv.norm}(0.05, M, M \cdot \text{Cov})$	$X_k = \text{valore caratteristico}; M = \text{valore medio}; \text{Cov} = 0.05 \text{ (Coeff. di variazione)}$
N ≤ 5	Piccoli voi.	Cu	$X_k = \text{inv.lognorm}(0.05, Y, S)$	$Y = \text{Ln}(M) - (S^2 / 2); S = \text{Ln}(1 + [(C_1 \cdot M)^2 / M])^{0.5}; C_1 = 0.25 \text{ (Coefficiente di variazione)}$
		ϕ	$X_k = M - 1.645 \cdot \sigma$	$X_k = \text{valore caratteristico}; M = \text{valore medio}; \sigma = \text{deviazione standard}$
	Grandi voi.	Cu	$L_{1-\alpha}(\bar{Y}, S^2) = \bar{Y} + \frac{S^2}{2} \pm z_{1-\alpha/2} * \sqrt{\frac{S^2}{n} + \frac{S^4}{2(n-1)}}$	$Y = \text{Ln}(M) - (S^2 / 2); S = \text{Ln}(1 + [(C_1 \cdot M)^2 / M])^{0.5}; C_1 = 0.25 \text{ (coeff. variaz.); } n = \text{numero camp.}$
		ϕ	$X_k = M - 1.645 \cdot \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right)$	$X_k = \text{valore caratteristico}; M = \text{valore med}; \sigma = \text{Dev. Stand. Popolaz.}; n = \text{num camp}$
N > 5	Piccoli voi.	Cu	$X_k = \text{inv.lognorm} [\text{Prob}; \text{Ln}(X) - 0.5 \cdot \text{Ln}(1 + \sigma^2 / M^2); \text{Ln}(1 + \sigma^2 / M^2)^{0.5}]$	Distribuzione LogNormale; Prob=0.05%; M = Media dati; σ = Deviazione Standard
		ϕ	$X_k = \text{inv.norm} (\text{Prob}; M; \sigma)$	Distribuzione Normale. Prob=0.05%; M = Media dati; σ = Deviazione Standard
	Grandi voi.	Cu	$X_k = M - t(n-1) \cdot \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n-1}} \right)$	M = Media; σ = Deviazione Standard; $t(n-1) = \text{Student 2 code} = \text{INV.T}(\text{probabilità}; \text{gradi_libertà}) = \text{INV.T}(0.1; (n-1))$
		ϕ		



4. CONCLUSIONI

C.T.R. sc. 1:10.000 N° 236030 sc. 1:5000 N° 236033



INQUADRAMENTO DELL' AREA	Descrizione
Geologia	PAT Formazione di Pantano Areniti siltose fini e finissime, grigie (beige se alterate), alternate a peliti marnose e siltose grigio-chiare; stratificazione generalmente poco marcata o addirittura impercettibile. CIG2 Formazione di Cigarello (substrato) Arenarie fini e medie, alternate a peliti siltose grigie, in strati da sottili a molto spessi. Ricopertura 0.5 - 1 metri di depositi di versante a3
Morfologia	Quota compresa fra i 650 - 660 m s.l.m. Esposizione Nord-Est Acclività 8 - 10 %
Idrogeologia - Idrologia	Permeabilità per fessurazione. Buon deflusso delle acque superficiali
Classificazione PTCP	
Carta del Dissesto PTCP	Area classificata stabile
Carta del Rischio Sismico PTCP	Area classificata stabile
Classificazione PSC	
Carta microz. sismica I Livello (PSC)	Zona stabile suscett. di amplif. Local.
Carta microz sismica II Livello Pga/Pga0	Zona non classificata.
Carta microz sismica II Livello SI/SI0	Zona non classificata.
Carta microz sismica II Livello SI(0.5-1.0) / SI0	Zona non classificata.



CARATTERIZZAZIONE DI DETTAGLIO																																																																																																																				
Stratigrafia	0.0 — 0.6 m Suolo Terreno agrario 1.0 — 2.5 m Depositi o detriti di versante (Vs~230-240 m/s) 2.5 — 14 m Roccia fratturata e alterata (Vs~400 m/s) > 14 m Roccia compatta (Vs>800 m/s)																																																																																																																			
Vs (0-30)	466 m/s																																																																																																																			
Classe del suolo (DM 2008)	Categoria suolo B																																																																																																																			
Amplificazioni sismiche (DAL R.E.R. 112/2007)	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">CASO APP2 (Substrato Vs > 800 m/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>H</td> <td>= 14 m</td> </tr> <tr> <td>Vsh</td> <td>= 314 m/s</td> </tr> <tr> <td>FA PGA</td> <td>= 1.9</td> </tr> <tr> <td>FA IS (0.1 < To < 0.5 s)</td> <td>= 1.6</td> </tr> <tr> <td>FA IS (0.5 < To < 1.0 s)</td> <td>= 1.1</td> </tr> </tbody> </table>	CASO APP2 (Substrato Vs > 800 m/s)		H	= 14 m	Vsh	= 314 m/s	FA PGA	= 1.9	FA IS (0.1 < To < 0.5 s)	= 1.6	FA IS (0.5 < To < 1.0 s)	= 1.1																																																																																																							
CASO APP2 (Substrato Vs > 800 m/s)																																																																																																																				
H	= 14 m																																																																																																																			
Vsh	= 314 m/s																																																																																																																			
FA PGA	= 1.9																																																																																																																			
FA IS (0.1 < To < 0.5 s)	= 1.6																																																																																																																			
FA IS (0.5 < To < 1.0 s)	= 1.1																																																																																																																			
Geotecnica - Parametri caratteristici	<p>DPSH-03 (valori caratteristici per fondazioni superficiali)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">PARAMETRO GEOTECNICO</th> <th rowspan="2">UNITA'</th> <th colspan="7">STRATI</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Profondità letto dello Strato</td> <td>[m]</td> <td>0.2</td> <td>1</td> <td>1.4</td> <td>1.8</td> <td>3.2</td> <td>4.6</td> <td>4.8</td> </tr> <tr> <td>Spessore dello Strato</td> <td>[m]</td> <td>0.2</td> <td>0.8</td> <td>0.4</td> <td>0.4</td> <td>1.4</td> <td>1.4</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>Nspt (Standard Penetration Test)</td> <td>-</td> <td>7</td> <td>10</td> <td>7</td> <td>11</td> <td>26</td> <td>45</td> <td>62</td> </tr> <tr> <td>Peso Specifico del Terreno</td> <td>γ [kN/m³]</td> <td>18</td> <td>18</td> <td>18</td> <td>19</td> <td>20</td> <td>21</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>Densità Relativa</td> <td>D_r [%]</td> <td>63</td> <td>73</td> <td>56</td> <td>70</td> <td>99</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Coesione non drenata (con $\phi=0$)</td> <td>C_u [kN/m²]</td> <td>30</td> <td>55</td> <td>30</td> <td>55</td> <td>150</td> <td>260</td> <td>270</td> </tr> <tr> <td>Angolo di attrito interno (con $c=0$)</td> <td>ϕ [%]</td> <td>23</td> <td>26</td> <td>23</td> <td>26</td> <td>33</td> <td>38</td> <td>39</td> </tr> <tr> <td>Grado di Consolidamento</td> <td>OCR</td> <td>>4</td> <td>0.9</td> <td>0.3</td> <td>0.4</td> <td>1.1</td> <td>>4</td> <td>>4</td> </tr> <tr> <td>Modulo Edometrico</td> <td>E_d [kN/m²]</td> <td>3900</td> <td>5900</td> <td>3900</td> <td>6800</td> <td>15700</td> <td>27200</td> <td>37200</td> </tr> <tr> <td>Modulo Elastico (Young)</td> <td>E_s [kN/m²]</td> <td>19800</td> <td>7800</td> <td>5600</td> <td>9100</td> <td>18400</td> <td>79400</td> <td>108500</td> </tr> <tr> <td>Modulo di Reazione (Winkler)</td> <td>K_s [kN/m³]</td> <td>3300 9000</td> <td>9800 34100</td> <td>9800 12300</td> <td>16800 22600</td> <td>37900 79600</td> <td>63300 223900</td> <td>89000 411900</td> </tr> </tbody> </table>	PARAMETRO GEOTECNICO	UNITA'	STRATI							1	2	3	4	5	6	7	Profondità letto dello Strato	[m]	0.2	1	1.4	1.8	3.2	4.6	4.8	Spessore dello Strato	[m]	0.2	0.8	0.4	0.4	1.4	1.4	0.2	Nspt (Standard Penetration Test)	-	7	10	7	11	26	45	62	Peso Specifico del Terreno	γ [kN/m ³]	18	18	18	19	20	21	21	Densità Relativa	D_r [%]	63	73	56	70	99	100	100	Coesione non drenata (con $\phi=0$)	C_u [kN/m ²]	30	55	30	55	150	260	270	Angolo di attrito interno (con $c=0$)	ϕ [%]	23	26	23	26	33	38	39	Grado di Consolidamento	OCR	>4	0.9	0.3	0.4	1.1	>4	>4	Modulo Edometrico	E_d [kN/m ²]	3900	5900	3900	6800	15700	27200	37200	Modulo Elastico (Young)	E_s [kN/m ²]	19800	7800	5600	9100	18400	79400	108500	Modulo di Reazione (Winkler)	K_s [kN/m ³]	3300 9000	9800 34100	9800 12300	16800 22600	37900 79600	63300 223900	89000 411900
PARAMETRO GEOTECNICO	UNITA'			STRATI																																																																																																																
		1	2	3	4	5	6	7																																																																																																												
Profondità letto dello Strato	[m]	0.2	1	1.4	1.8	3.2	4.6	4.8																																																																																																												
Spessore dello Strato	[m]	0.2	0.8	0.4	0.4	1.4	1.4	0.2																																																																																																												
Nspt (Standard Penetration Test)	-	7	10	7	11	26	45	62																																																																																																												
Peso Specifico del Terreno	γ [kN/m ³]	18	18	18	19	20	21	21																																																																																																												
Densità Relativa	D_r [%]	63	73	56	70	99	100	100																																																																																																												
Coesione non drenata (con $\phi=0$)	C_u [kN/m ²]	30	55	30	55	150	260	270																																																																																																												
Angolo di attrito interno (con $c=0$)	ϕ [%]	23	26	23	26	33	38	39																																																																																																												
Grado di Consolidamento	OCR	>4	0.9	0.3	0.4	1.1	>4	>4																																																																																																												
Modulo Edometrico	E_d [kN/m ²]	3900	5900	3900	6800	15700	27200	37200																																																																																																												
Modulo Elastico (Young)	E_s [kN/m ²]	19800	7800	5600	9100	18400	79400	108500																																																																																																												
Modulo di Reazione (Winkler)	K_s [kN/m ³]	3300 9000	9800 34100	9800 12300	16800 22600	37900 79600	63300 223900	89000 411900																																																																																																												
Tipologia Fondazioni	Fondazioni superficiali a nastro o su plinti con quota piano posa a -1,0 m. dal p.c.																																																																																																																			
Prescrizioni ed approfondimenti successivi	<p>Area idonea all' edificazione.</p> <p>In fase esecutiva, indagine mirata per la realizzazione di ogni singolo fabbricato.</p> <p>Corretta regimazione delle acque superficiali e raccolta canalizzazione delle acque intercettate durante gli scavi.</p>																																																																																																																			

Pavullo, Settembre 2015

IL GEOLOGO



ALLEGATO A

Prove Penetrometriche Dinamiche DPSH

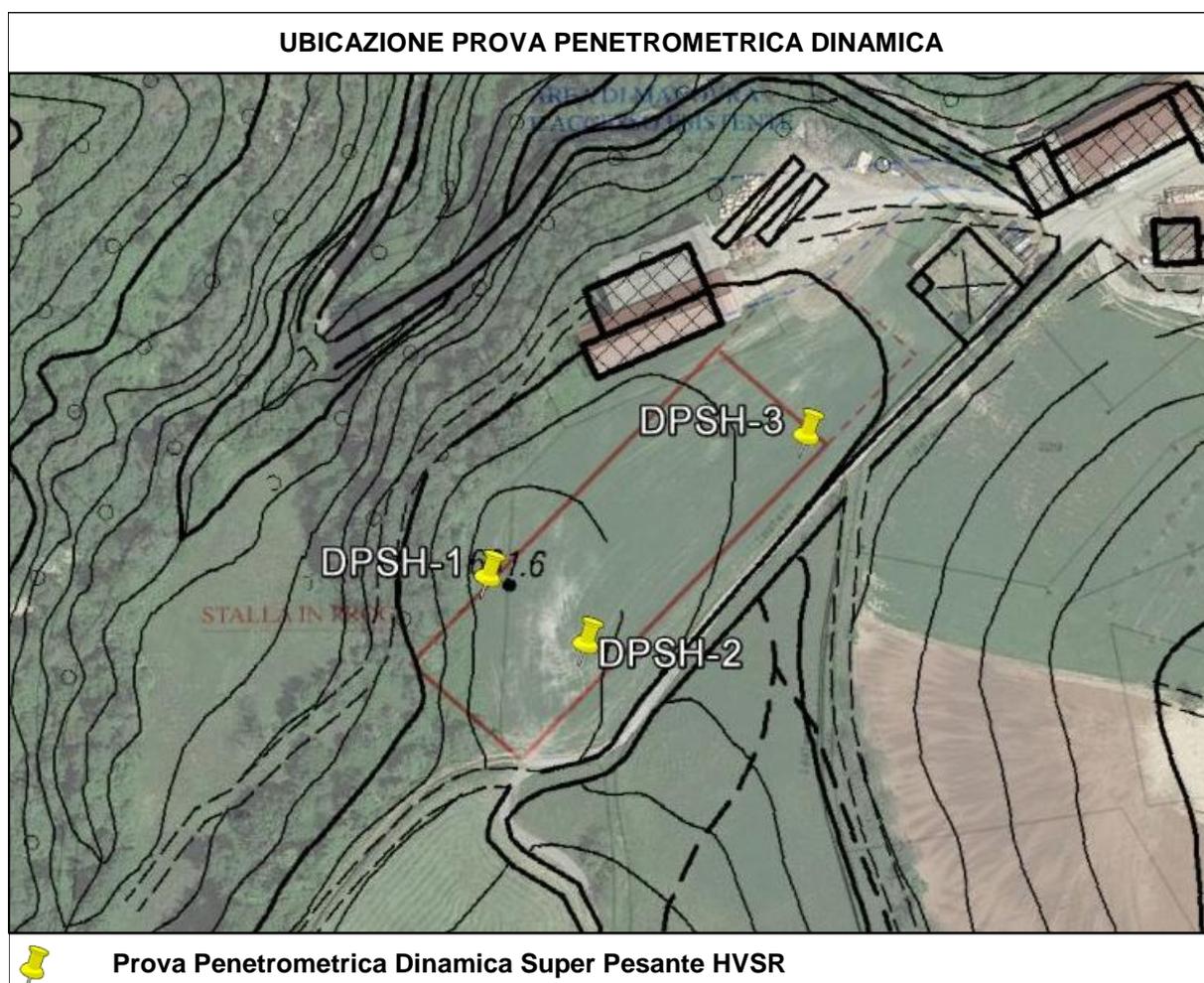




TABELLA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH-01

COMMITTENTE: SORBELLI						LOCALITA': IDDIANO						
COMUNE: PAVULLO						DATA: 30/09/2015						
NOME FILE: SORBELLI DPSH-01						PENETROMETRO DPSH			FALDA NO			
H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva			σ_v	Asta	Rpd	Qa3
			ϕ [°]	Mo [kN/m ²]	Qa1 [kN/m ²]	Cu [kN/m ²]	Ed [kN/m ²]	Qa2 [kN/m ²]				
0.20	4	8.5	26.3	6003	34	57	5073	98	1.9	1	2979	119
0.40	9	17.8	31.3	12603	103	119	10651	206	5.7	1	6704	268
0.60	11	21.3	32.9	15151	163	143	12804	248	9.5	1	8194	328
0.80	26	47.1	40.1	33442	589	316	28261	545	13.3	1	19367	775
1.00	30	53.8	41.4	38165	840	360	32252	623	17.1	2	20714	829
1.20	45	78.2	45.0	55521	1771	524	46919	905	20.9	2	31070	1243

H = Profondità del letto dello strato elementare [m]
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento
N _{spt} = Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)
$\phi = N_{spt} < 30 (15 \cdot N_{spt})^{-0.5} + 15$; $N_{spt} > 30 -0.0015 \cdot N_{spt}^2 + 0.353 \cdot N_{spt} + 26.782$ (Road Bridge Specification; Carter & Bentley)
Mo = $710 \cdot N_{spt}$ [Modulo Confinato] [kN/m ²] (Farrent)
Qa ₁ = $[(h \cdot \gamma' \cdot N_q) + (\frac{1}{2} b \cdot \gamma' \cdot N_\gamma)] / 3$; b=1 m [kN/m ²] (Qa Terzaghi; Nq, N _γ Meyerhof)
Ed = $600 \cdot N_{spt}$ [Modulo Edometrico] [kN/m ²] (Stroud & Butler)
Cu = $6.7 \cdot N_{spt}$ [kN/m ²] (Terzaghi)
Qa ₂ = $[(h \cdot \gamma') + (Cu \cdot N_c)] / 3$; [kN/m ²] (Qa Terzaghi; Nc=5.14)
R _{dp} = $M^2 \cdot H / [A \cdot e \cdot (M + P)]$ [kN/m ²] (Formula degli Olandesi)
Qa ₃ = $(R_{dp} / 15 \div 30)$; Qa = $(R_{pd} / 25)$ [kN/m ²] (Carico Ammissibile, Sanglerat)



TABELLA STRATI PROVA PENETROMETRICA N DPSH-01
(Parametri Geotecnici e Carico Ammissibile)

COMMITTENTE: SORBELLI						LOCALITA': IDDIANO					
COMUNE: PAVULLO						DATA: 30/09/2015					
NOME FILE SORBELLI DPSH-01						PENETROMETRO DPSH					
H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva			FORMULA OLANDESI		
[m]			ϕ [°]	Mo [kN/m ²]	Qa1 [kN/m ²]	Cu [kN/m ²]	Ed [kN/m ²]	Qa2 [kN/m ²]	σ_v [kN/m ²]	Rpd [kN/m ²]	Qa3 [kN/m ²]
0.2	4.0	8.5	26.3	6003	34	57	5073	98	1.9	2979	119
0.6	10.0	19.5	32.1	13877	133	131	11727	227	7.6	7449	298
1.0	28.0	50.4	40.8	35804	714	338	30257	584	15.2	20040	802
1.2	45.0	78.2	45.0	55521	1771	524	46919	905	20.9	31070	1243

H = Profondità del letto dello strato elementare	
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento	
Nspt = Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)	
$\phi^{\circ} = N_{spt} < 30 \ (15 \cdot N_{spt})^{-5} + 15; \ N_{spt} > 30 \ -0.0015 \cdot N_{spt}^2 + 0.353 \cdot N_{spt} + 26.782$ (Road Bridge Specification - Carter & Bentley)	
Mo = 710 · Nspt [Modulo Confinato]	[kN/m ²] (Farrent)
Qa1 = $[(h \cdot \gamma' \cdot N_q) + (\frac{1}{2} \cdot b \cdot \gamma \cdot N_{\gamma})] / 3$	b=1 m [kN/m ²] (Qa Terzaghi; Nq, N _γ Meyerhof)
Cu = 6.7 · Nspt	[kN/m ²] (Terzaghi)
Ed = 600 · Nspt [Modulo Edometrico]	[kN/m ²] (Stroud & Butler)
Qa2 = $[(h \cdot \gamma') + (Cu \cdot Nc)] / 3$	[kN/m ²] (Qa Terzaghi; Nc=5.14)
Rpd = $M^2 \cdot H / [A \cdot e \cdot (M + P)]$	[kN/m ²] (Formula degli Olandesi)
Qa3 = (Rpd / 15 ± 30); Qa = (Rpd / 25)	[kN/m ²] (Carico Ammissibile, Sanglerat)

DENSITA' - GRADO OCR - PARAMETRI ELASTICI DPSH-01
(Densità, Sovraconsolidazione, Moduli Elastici)

COMMITTENTE: SORBELLI						LOCALITA': IDDIANO					
COMUNE: PAVULLO						DATA: 30/09/2015					
NOME FILE SORBELLI DPSH-01						PENETROMETRO DPSH					
H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva					
[m]	[media]	[media]	Hm [media]	γ [kN/m ³]	σ_v [kN/m ²]	Dr [%]	Ks [kN/m ³]	Es [kN/m ²]	OCR -	Ks [kN/m ³]	Ed [kN/m ²]
0.2	4.0	8.5	0.1	18.2	1.9	72.0	4103	23077	>4	11722	5073
0.6	10.0	19.5	0.4	19.4	7.6	100.0	15931	13682	3.3	27228	11727
1.0	28.0	50.4	0.8	20.9	15.2	100.0	85734	88249	>4	70073	30257
1.2	45.0	78.2	1.1	21.6	20.9	100.0	212504	136848	>4	108556	46919

H = Profondità del letto dello strato elementare	
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento	
Nspt = Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)	
Hm = Profondità al centro dello strato	[m]
γ = Peso di volume del terreno	[kN/m ³]
σ_v = Pressione litostatica	[kN/m ²]
Dr = $21 \cdot [(10 \cdot N_{spt}) / (\sigma_v + 7)]^{0.5}$	[Densità relativa] [%] (Gibbs & Holtz)
Ks = Qa - 120 - (Qa = carico ammissibile in KPa)	[Modulo di Reazione - Winkler] [kN/m ³] (Bowles, 1988)
Es = $Es = (105 - 35 \cdot Dr) \cdot N_{spt}; \ OCR > 4 \ Es = (525 - 350 \cdot Dr) \cdot N_{spt}$	[Modulo Elastico secante] [kN/m ²] (Jamiolkowski, 1988)
OCR = $(Cu / (\sigma_v \cdot Kk))^{1.25}$	[Sovraconsolidamento] [-] (Ladd & Foot)
Ed = 600 · Nspt (bassa plasticità)	[Modulo Edometrico] [kN/m ²] (Stroud & Butler)



TABELLA STATISTICA 5° PERCENTILE (C_u , ϕ) - PROVA PENETROMETRICA DPSH-01
(valori caratteristici e di progetto (M2) per fondazioni superficiali)

COMMITTENTE: SORBELLI				LOCALITA': IDDIANO							
COMUNE: PAVULLO				DATA: 30/09/2015							
NOME FILE SORBELLI DPSH-01				PENETROMETRO DPSH							
H	N	Nspt	Dati	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (C_u)			
[m]	[media]	[media]	Num	ϕ_m [°]	dev stand	ϕ_k [°]	ϕ_d [°]	C_{um} [kN/m ²]	dev stand	C_{uk} [kN/m ²]	C_{ud} [kN/m ²]
0.2	4.0	8.5	1	26.3		24.1	19.7	57		37	26
0.6	10.0	19.5	2	32.1	1.1	30.2	25.0	131	17.0	98	70
1.0	28.0	50.4	2	40.8	0.9	38.4	32.4	338	31.5	252	180
1.2	45.0	78.2	1	45.0		41.3	35.1	524		339	242

Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato

ϕ_m = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato

ϕ_k = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)

ϕ_d = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno (M2) [$\gamma_\phi = 1.25$]

C_{um} = Dato medio della coesione non drenata

C_{uk} = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)

C_{ud} = Valore di progetto della coesione non drenata (M2) [$\gamma_{cu} = 1.4$]

TABELLA STATISTICA 5° PERCENTILE (C_u , ϕ) - PROVA PENETROMETRICA DPSH-01
(valori caratteristici e di progetto (M1) per pali)

COMMITTENTE: SORBELLI				LOCALITA': IDDIANO							
COMUNE: PAVULLO				DATA: 30/09/2015							
NOME FILE SORBELLI DPSH-01				PENETROMETRO DPSH							
H	N	Nspt	Dati	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (C_u)			
[m]	[media]	[media]	Num	ϕ_m [°]	dev stand	ϕ_k [°]	ϕ_d [°]	C_{um} [kN/m ²]	dev stand	C_{uk} [kN/m ²]	C_{ud} [kN/m ²]
0.2	4.0	8.5	1	26.3		23.2	23.2	57		37	37
0.6	10.0	19.5	2	32.1	1.1	28.4	28.4	131	17.0	85	85
1.0	28.0	50.4	2	40.8	0.9	36.1	36.1	338	31.5	219	219
1.2	45.0	78.2	1	45.0		39.8	39.8	524		339	339

Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato

ϕ_m = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato

ϕ_k = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)

ϕ_d = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno (M1) [$\gamma_\phi = 1.0$]

C_{um} = Dato medio della coesione non drenata

C_{uk} = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)

C_{ud} = Valore di progetto della coesione non drenata (M1) [$\gamma_{cu} = 1.0$]



GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DPSH-01

COMMITTENTE: SORBELLI	LOCALITA' : IDDIANO
COMUNE: PAVULLO	DATA: 30/09/2015
NOME FILE: SORBELLI DPSH-01	PENETROMETRO DPSH

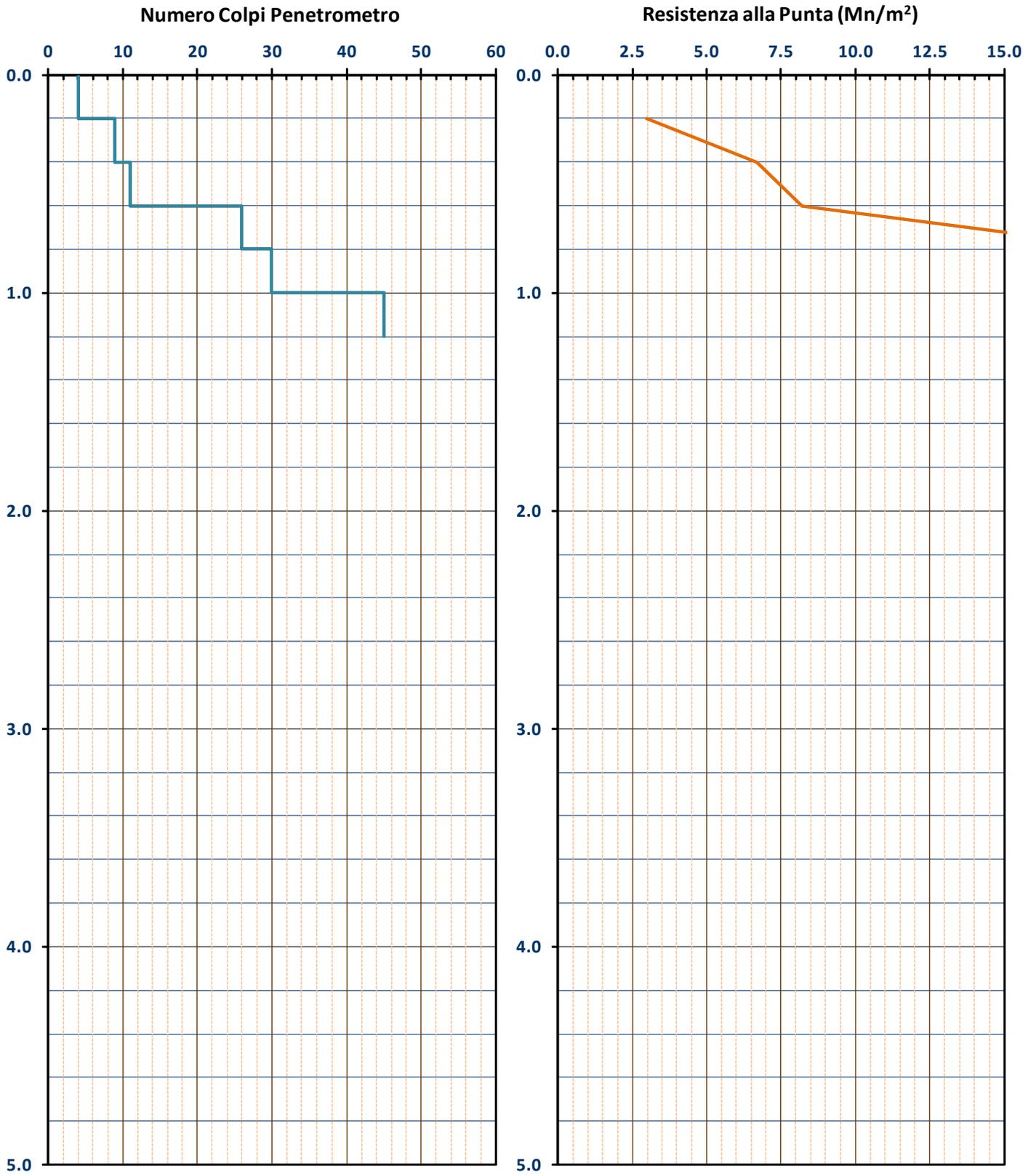




GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DPSH-01

COMMITTENTE: SORBELLI	LOCALITA' : IDDIANO
COMUNE: PAVULLO	DATA: 30/09/2015
NOME FILE: SORBELLI DPSH-01	PENETROMETRO DPSH

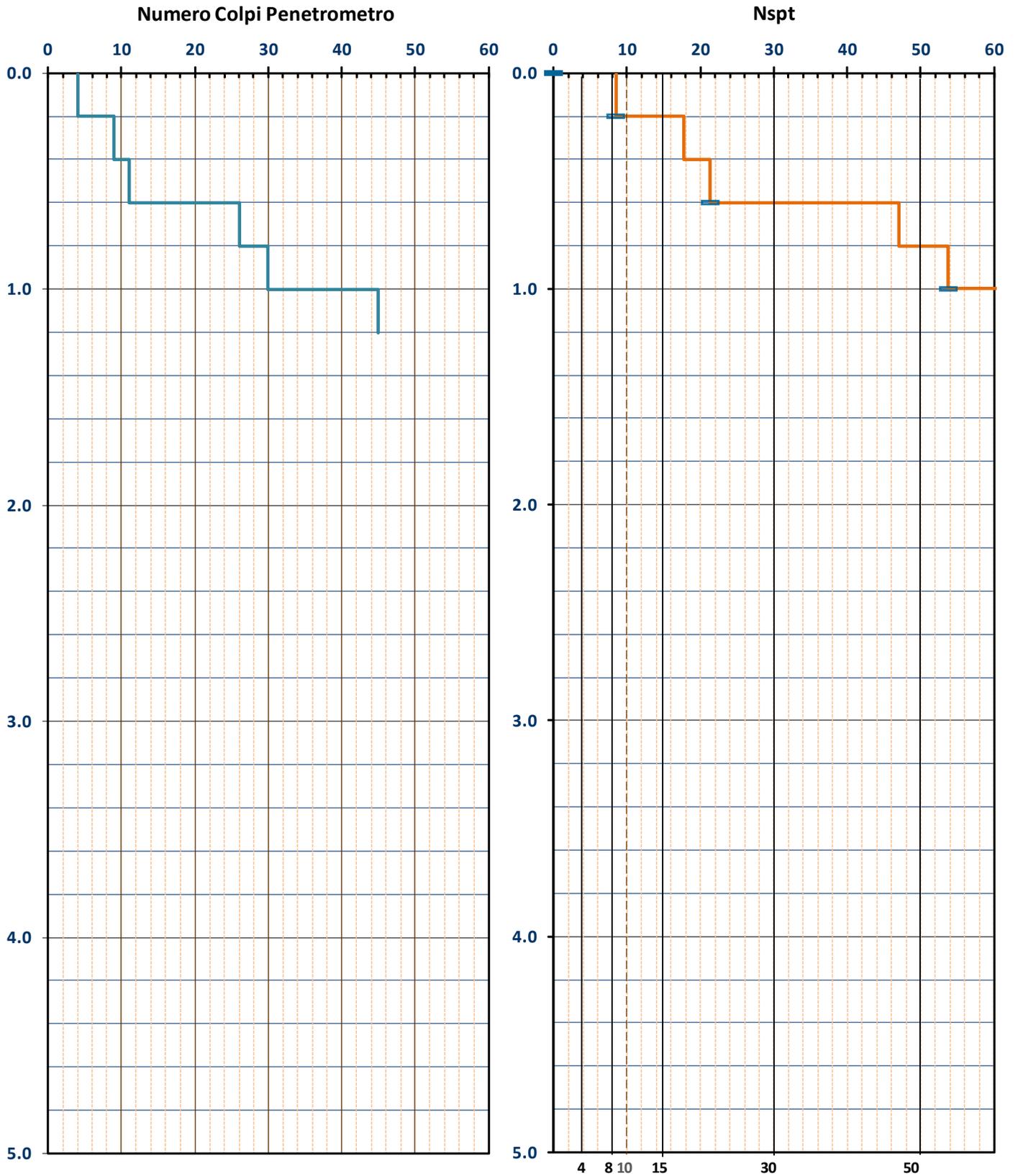




TABELLA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH-02

COMMITTENTE: SORBELLI						LOCALITA': IDDIANO						
COMUNE: PAVULLO						DATA: 30/09/2015						
NOME FILE: SORBELLI DPSH-02						PENETROMETRO DPSH			FALDA NO			
H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva						
			ϕ [°]	Mo [kN/m ²]	Qa ₁ [kN/m ²]	Cu [kN/m ²]	Ed [kN/m ²]	Qa ₂ [kN/m ²]	σ_v [kN/m ²]	Asta	Rpd [kN/m ²]	Qa ₃ [kN/m ²]
0.20	2	4.5	23.2	3194	21	30	2699	52	1.9	1	1490	60
0.40	6	12.2	28.6	8694	69	82	7347	142	5.7	1	4469	179
0.60	30	53.8	41.4	38165	641	360	32252	620	9.5	1	22346	894
0.80	45	78.2	45.0	55521	1429	524	46919	902	13.3	1	33519	1341

H = Profondità del letto dello strato elementare [m]
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento
N _{spt} = Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)
$\phi^{\circ} = N_{spt} < 30 (15 \cdot N_{spt})^{-0.5} + 15 ; N_{spt} > 30 -0.0015 \cdot N_{spt}^2 + 0.353 \cdot N_{spt} + 26.782$ (Road Bridge Specification; Carter & Bentley)
Mo = 710 · N _{spt} [Modulo Confinato] [kN/m ²] (Farrent)
Qa ₁ = [(h · γ' · Nq) + (½ b · γ' · Nγ)] / 3; b=1 m [kN/m ²] (Qa Terzaghi; Nq, Nγ Meyerhof)
Ed = 600 · N _{spt} [Modulo Edometrico] [kN/m ²] (Stroud & Butler)
Cu = 6.7 · N _{spt} [kN/m ²] (Terzaghi)
Qa ₂ = [(h · γ') + (Cu · Nc)] / 3; [kN/m ²] (Qa Terzaghi; Nc=5.14)
Rdp = M ² · H / [A · e · (M + P)] [kN/m ²] (Formula degli Olandesi)
Qa ₃ = (Rdp / 15 ÷ 30); Qa = (Rpd / 25) [kN/m ²] (Carico Ammissibile, Sanglerat)



TABELLA STRATI PROVA PENETROMETRICA N DPSH-02
(Parametri Geotecnici e Carico Ammissibile)

COMMITTENTE: SORBELLI						LOCALITA': IDDIANO					
COMUNE: PAVULLO						DATA: 30/09/2015					
NOME FILE SORBELLI DPSH-02						PENETROMETRO DPSH					
H [m]	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva			FORMULA OLANDESI		
			ϕ [°]	Mo [kN/m ²]	Qa1 [kN/m ²]	Cu [kN/m ²]	Ed [kN/m ²]	Qa2 [kN/m ²]	σ_v [kN/m ²]	Rpd [kN/m ²]	Qa3 [kN/m ²]
0.2	2.0	4.5	23.2	3194	21	30	2699	52	1.9	1490	60
0.4	6.0	12.2	28.6	8694	69	82	7347	142	5.7	4469	179
0.6	30.0	53.8	41.4	38165	641	360	32252	620	9.5	22346	894
0.8	45.0	78.2	45.0	55521	1429	524	46919	902	13.3	33519	1341

H = Profondità del letto dello strato elementare	
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento	
Nspt = Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)	
$\phi^{\circ} = N_{spt} < 30 \ (15 \cdot N_{spt})^{-5} + 15; \ N_{spt} > 30 \ -0.0015 \cdot N_{spt}^2 + 0.353 \cdot N_{spt} + 26.782$ (Road Bridge Specification - Carter & Bentley)	
Mo = 710 · Nspt [Modulo Confinato] [kN/m ²] (Farrent)	
Qa1 = [(h · γ' · Nq) + (½ · b · γ · Nγ)] / 3 b=1 m [kN/m ²] (Qa Terzaghi; Nq, Nγ Meyerhof)	
Cu = 6.7 · Nspt [kN/m ²] (Terzaghi)	
Ed = 600 · Nspt [Modulo Edometrico] [kN/m ²] (Stroud & Butler)	
Qa2 = [(h · γ') + (Cu · Nc)] / 3 [kN/m ²] (Qa Terzaghi; Nc=5.14)	
Rpd = M ² · H / [A · e · (M + P)] [kN/m ²] (Formula degli Olandesi)	
Qa3 = (Rpd / 15 ± 30); Qa = (Rpd / 25) [kN/m ²] (Carico Ammissibile, Sanglerat)	

DENSITA' - GRADO OCR - PARAMETRI ELASTICI DPSH-02
(Densità, Sovraconsolidazione, Moduli Elastici)

COMMITTENTE: SORBELLI						LOCALITA': IDDIANO					
COMUNE: PAVULLO						DATA: 30/09/2015					
NOME FILE SORBELLI DPSH-02						PENETROMETRO DPSH					
H [m]	N [media]	Nspt [media]	Natura granulare			Natura Coesiva					
			Hm [media]	γ [kN/m ³]	σv [kN/m ²]	Dr [%]	Ks [kN/m ³]	Es [kN/m ²]	OCR -	Ks [kN/m ³]	Ed [kN/m ²]
0.2	2.0	4.5	0.1	17.4	1.9	52.5	2574	3896	2.8	6272	2699
0.4	6.0	12.2	0.3	18.7	5.7	84.5	8230	9237	2.6	17096	7347
0.6	30.0	53.8	0.5	21.0	9.5	100.0	76928	94069	>4	74426	32252
0.8	45.0	78.2	0.7	21.6	13.3	100.0	171520	136848	>4	108252	46919

H = Profondità del letto dello strato elementare	
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento	
Nspt = Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)	
Hm = Profondità al centro dello strato [m]	
γ = Peso di volume del terreno [kN/m ³]	
σv = Pressione litostatica [kN/m ²]	
Dr = 21 · [(10 · Nspt) / (σv + 7)] ^{0.5} [Densità relativa] [%] (Gibbs & Holtz)	
Ks = Qa · 120 - (Qa = carico ammissibile in KPa) [Modulo di Reazione - Winkler] [kN/m ³] (Bowles, 1988)	
Es = Es=(105-35·Dr)·Nspt ; OCR>4 Es=(525-350·Dr)·Nspt [Modulo Elastico secante] [kN/m ²] (Jamiolkowski, 1988)	
OCR = (Cu / (σv · KK)) ^{1.25} [Sovraconsolidamento] [-] (Ladd & Foot)	
Ed = 600 · Nspt (bassa plasticità) [Modulo Edometrico] [kN/m ²] (Stroud & Butler)	



TABELLA STATISTICA 5° PERCENTILE (Cu, ϕ) - PROVA PENETROMETRICA DPSH-02
(valori caratteristici e di progetto (M2) per fondazioni superficiali)

COMMITTENTE: SORBELLI				LOCALITA': IDDIANO							
COMUNE: PAVULLO				DATA: 30/09/2015							
NOME FILE SORBELLI DPSH-02				PENETROMETRO DPSH							
H	N	Nspt	Dati	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (Cu)			
[m]	[media]	[media]	Num	ϕ_m [°]	dev stand	ϕ_k [°]	ϕ_d [°]	C_{um} [kN/m ²]	dev stand	C_{uk} [kN/m ²]	C_{ud} [kN/m ²]
0.2	2.0	4.5	1	23.2		21.3	17.3	30		20	14
0.4	6.0	12.2	1	28.6		26.2	21.5	82		53	38
0.6	30.0	53.8	1	41.4		38.0	32.0	360		233	166
0.8	45.0	78.2	1	45.0		41.3	35.1	524		339	242

Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato

ϕ_m = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato

ϕ_k = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)

ϕ_d = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno (M2) [$\gamma_\phi = 1.25$]

C_{um} = Dato medio della coesione non drenata

C_{uk} = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)

C_{ud} = Valore di progetto della coesione non drenata (M2) [$\gamma_{cu} = 1.4$]

TABELLA STATISTICA 5° PERCENTILE (Cu, ϕ) - PROVA PENETROMETRICA DPSH-02
(valori caratteristici e di progetto (M1) per pali)

COMMITTENTE: SORBELLI				LOCALITA': IDDIANO							
COMUNE: PAVULLO				DATA: 30/09/2015							
NOME FILE SORBELLI DPSH-02				PENETROMETRO DPSH							
H	N	Nspt	Dati	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (Cu)			
[m]	[media]	[media]	Num	ϕ_m [°]	dev stand	ϕ_k [°]	ϕ_d [°]	C_{um} [kN/m ²]	dev stand	C_{uk} [kN/m ²]	C_{ud} [kN/m ²]
0.2	2.0	4.5	1	23.2		20.5	20.5	30		20	20
0.4	6.0	12.2	1	28.6		25.3	25.3	82		53	53
0.6	30.0	53.8	1	41.4		36.7	36.7	360		233	233
0.8	45.0	78.2	1	45.0		39.8	39.8	524		339	339

Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato

ϕ_m = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato

ϕ_k = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)

ϕ_d = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno (M1) [$\gamma_\phi = 1.0$]

C_{um} = Dato medio della coesione non drenata

C_{uk} = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)

C_{ud} = Valore di progetto della coesione non drenata (M1) [$\gamma_{cu} = 1.0$]



GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DPSH-02

COMMITTENTE: SORBELLI	LOCALITA' : IDDIANO
COMUNE: PAVULLO	DATA: 30/09/2015
NOME FILE: SORBELLI DPSH-02	PENETROMETRO DPSH

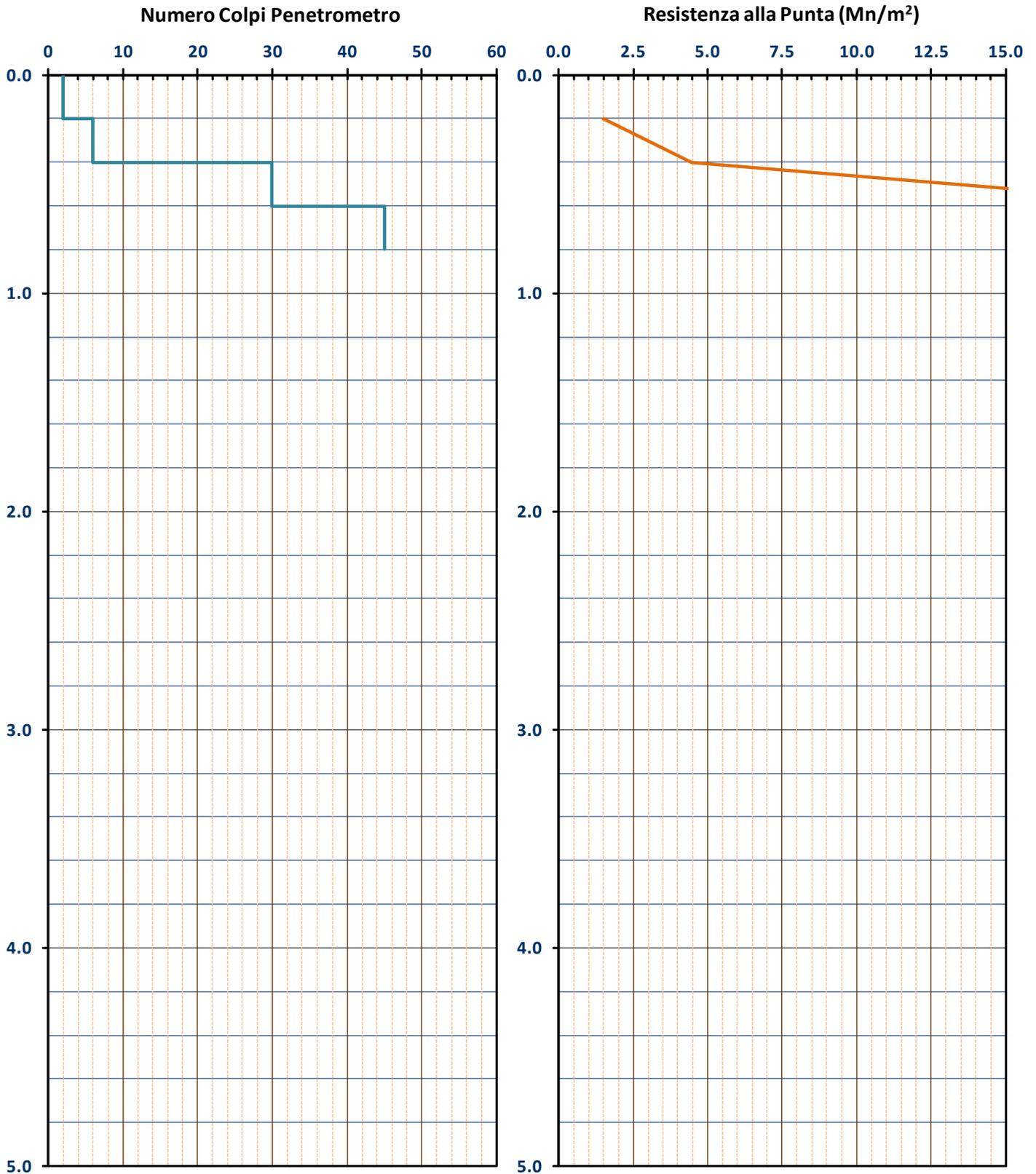




GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DPSH-02

COMMITTENTE: SORBELLI	LOCALITA' : IDDIANO
COMUNE: PAVULLO	DATA: 30/09/2015
NOME FILE: SORBELLI DPSH-02	PENETROMETRO DPSH

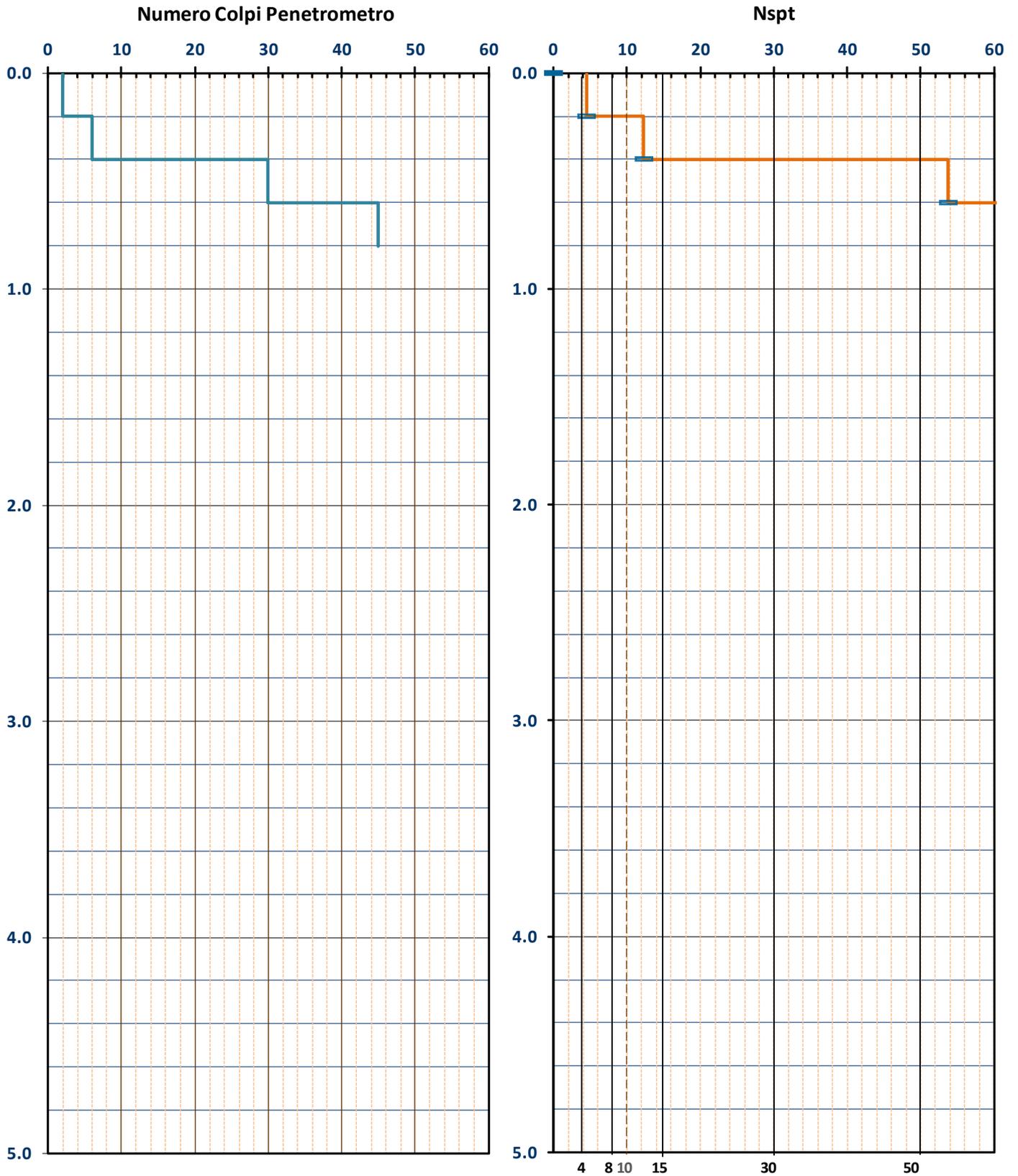




TABELLA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH-03

COMMITTENTE: SORBELLI						LOCALITA': IDDIANO						
COMUNE: PAVULLO						DATA: 30/09/2015						
NOME FILE: SORBELLI DPSH-03						PENETROMETRO DPSH			FALDA NO			
H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva			σ_v' [kN/m ²]	Asta	Rpd [kN/m ²]	Qa ₃ [kN/m ²]
			ϕ [°]	Mo [kN/m ²]	Qa ₁ [kN/m ²]	Cu [kN/m ²]	Ed [kN/m ²]	Qa ₂ [kN/m ²]				
0.20	4	8.5	26.3	6003	34	57	5073	98	1.9	1	2979	119
0.40	4	8.5	26.3	6003	50	57	5073	99	5.7	1	2979	119
0.60	7	14.1	29.5	10011	101	94	8460	165	9.5	1	5214	209
0.80	9	17.8	31.3	12603	157	119	10651	208	13.3	1	6704	268
1.00	13	24.9	34.3	17664	279	167	14927	291	17.1	2	8976	359
1.20	15	28.4	35.6	20148	383	190	17026	333	20.9	2	10357	414
1.40	16	30.1	36.1	21380	455	202	18068	354	24.7	2	11047	442
1.60	18	33.6	36.9	23829	571	225	20137	395	28.5	2	12428	497
1.80	22	40.4	38.6	28667	796	271	24226	474	32.3	2	15190	608
2.00	29	52.1	41.1	36989	1270	349	31258	610	36.1	3	18660	746
2.20	30	53.8	41.4	38165	1436	360	32252	630	39.9	3	19303	772
2.40	35	62.0	42.9	44006	1950	415	37188	726	43.7	3	22521	901
2.60	45	78.2	45.0	55521	2966	524	46919	914	47.5	3	28955	1158

H = Profondità del letto dello strato elementare [m]
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento
N _{spt} = Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)
$\phi^{\circ} = N_{spt} < 30 (15 \cdot N_{spt})^5 + 15 ; N_{spt} > 30 - 0.0015 \cdot N_{spt}^2 + 0.353 \cdot N_{spt} + 26.782$ (Road Bridge Specification; Carter & Bentley)
Mo = 710 · N _{spt} [Modulo Confinato] [kN/m ²] (Farrent)
Qa ₁ = [(h · γ' · Nq) + (½ b · γ' · N _γ)] / 3; b=1 m [kN/m ²] (Qa Terzaghi; Nq, N _γ Meyerhof)
Ed = 600 · N _{spt} [Modulo Edometrico] [kN/m ²] (Stroud & Butler)
Cu = 6.7 · N _{spt} [kN/m ²] (Terzaghi)
Qa ₂ = [(h · γ') + (Cu · Nc)] / 3; [kN/m ²] (Qa Terzaghi; Nc=5.14)
Rdp = M ² · H / [A · e · (M + P)] [kN/m ²] (Formula degli Olandesi)
Qa ₃ = (Rdp / 15 ÷ 30); Qa = (Rpd / 25) [kN/m ²] (Carico Ammissibile, Sanglerat)



TABELLA STRATI PROVA PENETROMETRICA N DPSH-03
(Parametri Geotecnici e Carico Ammissibile)

COMMITTENTE: SORBELLI						LOCALITA': IDDIANO					
COMUNE: PAVULLO						DATA: 30/09/2015					
NOME FILE SORBELLI DPSH-03						PENETROMETRO DPSH					
H [m]	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva			FORMULA OLANDESI		
			ϕ [°]	Mo [kN/m ²]	Qa1 [kN/m ²]	Cu [kN/m ²]	Ed [kN/m ²]	Qa2 [kN/m ²]	σ_v [kN/m ²]	Rpd [kN/m ²]	Qa3 [kN/m ²]
0.6	5.0	10.3	27.4	7339	62	69	6202	121	5.7	3724	149
1.2	12.3	23.7	33.8	16805	273	159	14202	277	17.1	8679	347
1.8	18.7	34.7	37.2	24625	607	232	20810	408	28.5	12888	516
2.4	31.3	55.9	41.8	39720	1552	375	33566	655	39.9	20161	806
2.6	45.0	78.2	45.0	55521	2966	524	46919	914	47.5	28955	1158

H = Profondità del letto dello strato elementare	
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento	
N _{spt} = Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)	
$\phi^{\circ} = N_{spt} < 30 \cdot (15 - N_{spt})^5 + 15; N_{spt} > 30 - 0.0015 \cdot N_{spt}^2 + 0.353 \cdot N_{spt} + 26.782$ (Road Bridge Specification - Carter & Bentley)	
Mo = 710 · N _{spt} [Modulo Confinato] [kN/m ²] (Farrent)	
Qa1 = [(h · γ' · Nq) + (½ · b · γ · N _γ)] / 3 b=1 m [kN/m ²] (Qa Terzaghi; Nq, N _γ Meyerhof)	
Cu = 6.7 · N _{spt} [kN/m ²] (Terzaghi)	
Ed = 600 · N _{spt} [Modulo Edometrico] [kN/m ²] (Stroud & Butler)	
Qa2 = [(h · γ') + (Cu · Nc)] / 3 [kN/m ²] (Qa Terzaghi; Nc=5.14)	
Rpd = M ² · H / [A · e · (M + P)] [kN/m ²] (Formula degli Olandesi)	
Qa3 = (Rpd / 15 ÷ 30); Qa = (Rpd / 25) [kN/m ²] (Carico Ammissibile, Sanglerat)	

DENSITA' - GRADO OCR - PARAMETRI ELASTICI DPSH-03
(Densità, Sovraconsolidazione, Moduli Elastici)

COMMITTENTE: SORBELLI						LOCALITA': IDDIANO					
COMUNE: PAVULLO						DATA: 30/09/2015					
NOME FILE SORBELLI DPSH-03						PENETROMETRO DPSH					
H [m]	N [media]	Nspt [media]	Natura granulare			Natura Coesiva			OCR -	Ks [kN/m ³]	Ed [kN/m ²]
			Hm [media]	γ [kN/m ³]	σ _v [kN/m ²]	Dr [%]	Ks [kN/m ³]	Es [kN/m ²]			
0.6	5.0	10.3	0.3	18.5	5.7	77.6	7402	8046	2.1	14466	6202
1.2	12.3	23.7	0.9	19.7	17.1	100.0	32726	16568	1.7	33289	14202
1.8	18.7	34.7	1.5	20.3	28.5	100.0	72890	24279	1.8	48918	20810
2.4	31.3	55.9	2.1	21.0	39.9	100.0	186268	39160	2.8	78659	33566
2.6	45.0	78.2	2.5	21.6	47.5	100.0	355947	136848	>4	109620	46919

H = Profondità del letto dello strato elementare	
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento	
N _{spt} = Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)	
H _m = Profondità al centro dello strato [m]	
γ = Peso di volume del terreno [kN/m ³]	
σ _v = Pressione litostatica [kN/m ²]	
Dr = 21 · [(10 · N _{spt}) / (σ _v + 7)] ^{0.5} [Densità relativa] [%] (Gibbs & Holtz)	
Ks = Qa · 120 - (Qa = carico ammissibile in KPa) [Modulo di Reazione - Winkler] [kN/m ³] (Bowles, 1988)	
Es = Es = (105 - 35 · Dr) · N _{spt} ; OCR > 4 Es = (525 - 350 · Dr) · N _{spt} [Modulo Elastico secante] [kN/m ²] (Jamiolkowski, 1988)	
OCR = (Cu / (σ _v · KK)) ^{1.25} [Sovraconsolidamento] [-] (Ladd & Foot)	
Ed = 600 · N _{spt} (bassa plasticità) [Modulo Edometrico] [kN/m ²] (Stroud & Butler)	



TABELLA STATISTICA 5° PERCENTILE (Cu, ϕ) - PROVA PENETROMETRICA DPSH-03
(valori caratteristici e di progetto (M2) per fondazioni superficiali)

COMMITTENTE: SORBELLI				LOCALITA': IDDIANO							
COMUNE: PAVULLO				DATA: 30/09/2015							
NOME FILE SORBELLI DPSH-03				PENETROMETRO DPSH							
H	N	Nspt	Dati	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (Cu)			
[m]	[media]	[media]	Num	ϕ_m [°]	dev stand	ϕ_k [°]	ϕ_d [°]	C_{um} [kN/m ²]	dev stand	C_{uk} [kN/m ²]	C_{ud} [kN/m ²]
0.6	5.0	10.3	3	27.4	1.9	26.1	21.4	69	21.8	55	39
1.2	12.3	23.7	3	33.8	2.2	32.2	26.7	159	36.3	125	89
1.8	18.7	34.7	3	37.2	1.3	35.4	29.6	232	35.0	183	131
2.4	31.3	55.9	3	41.8	1.0	39.8	33.7	375	35.5	295	211
2.6	45.0	78.2	1	45.0		41.3	35.1	524		339	242

Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato

ϕ_m = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato

ϕ_k = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)

ϕ_d = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno (M2) [$\gamma_\phi = 1.25$]

C_{um} = Dato medio della coesione non drenata

C_{uk} = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)

C_{ud} = Valore di progetto della coesione non drenata (M2) [$\gamma_{cu} = 1.4$]

TABELLA STATISTICA 5° PERCENTILE (Cu, ϕ) - PROVA PENETROMETRICA DPSH-03
(valori caratteristici e di progetto (M1) per pali)

COMMITTENTE: SORBELLI				LOCALITA': IDDIANO							
COMUNE: PAVULLO				DATA: 30/09/2015							
NOME FILE SORBELLI DPSH-03				PENETROMETRO DPSH							
H	N	Nspt	Dati	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (Cu)			
[m]	[media]	[media]	Num	ϕ_m [°]	dev stand	ϕ_k [°]	ϕ_d [°]	C_{um} [kN/m ²]	dev stand	C_{uk} [kN/m ²]	C_{ud} [kN/m ²]
0.6	5.0	10.3	3	27.4	1.9	24.2	24.2	69	21.8	45	45
1.2	12.3	23.7	3	33.8	2.2	29.9	29.9	159	36.3	103	103
1.8	18.7	34.7	3	37.2	1.3	32.9	32.9	232	35.0	150	150
2.4	31.3	55.9	3	41.8	1.0	37.0	37.0	375	35.5	243	243
2.6	45.0	78.2	1	45.0		39.8	39.8	524		339	339

Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato

ϕ_m = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato

ϕ_k = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)

ϕ_d = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno (M1) [$\gamma_\phi = 1.0$]

C_{um} = Dato medio della coesione non drenata

C_{uk} = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)

C_{ud} = Valore di progetto della coesione non drenata (M1) [$\gamma_{cu} = 1.0$]



GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DPSH-03

COMMITTENTE: SORBELLI	LOCALITA' : IDDIANO
COMUNE: PAVULLO	DATA: 30/09/2015
NOME FILE: SORBELLI DPSH-03	PENETROMETRO DPSH

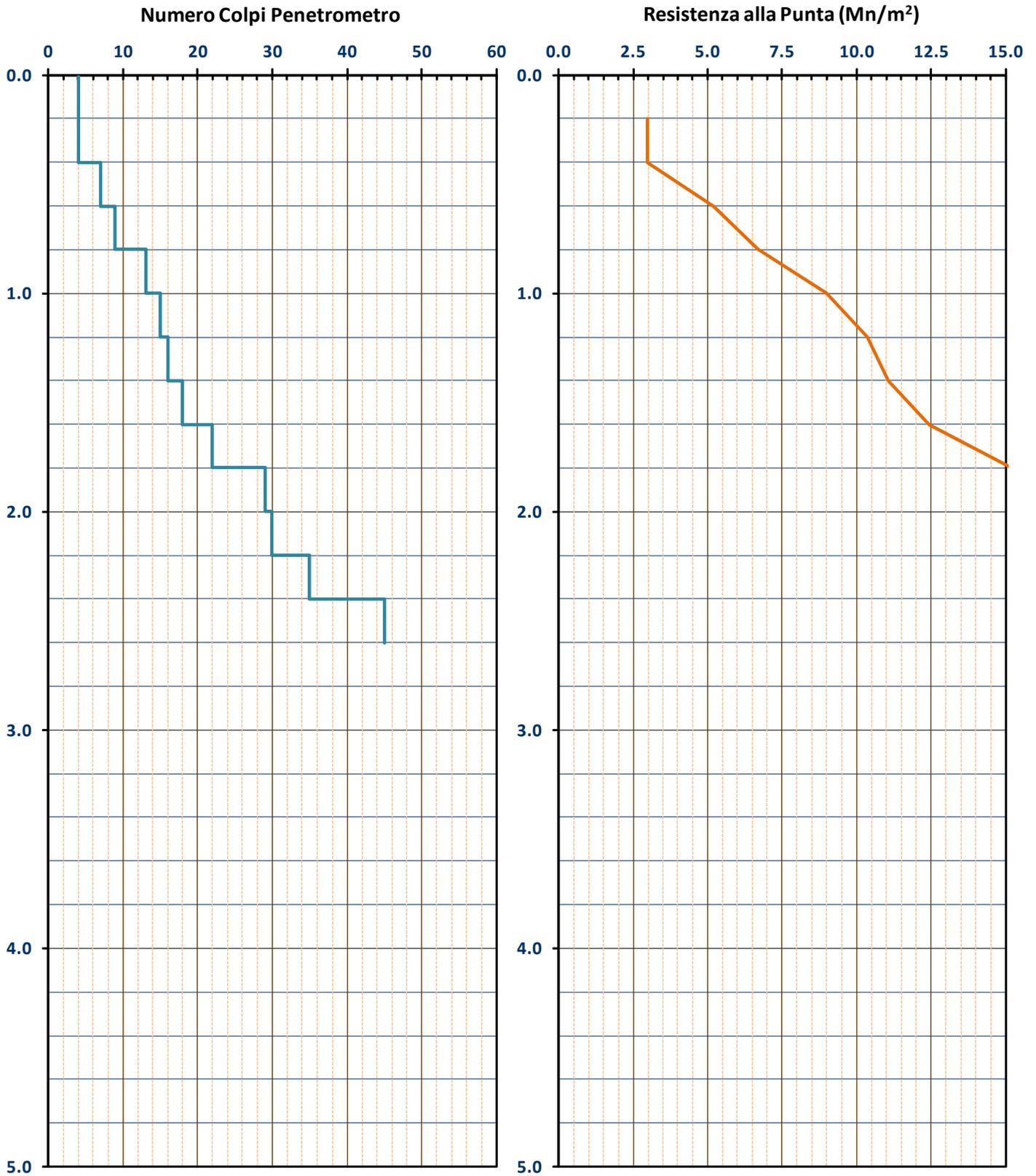
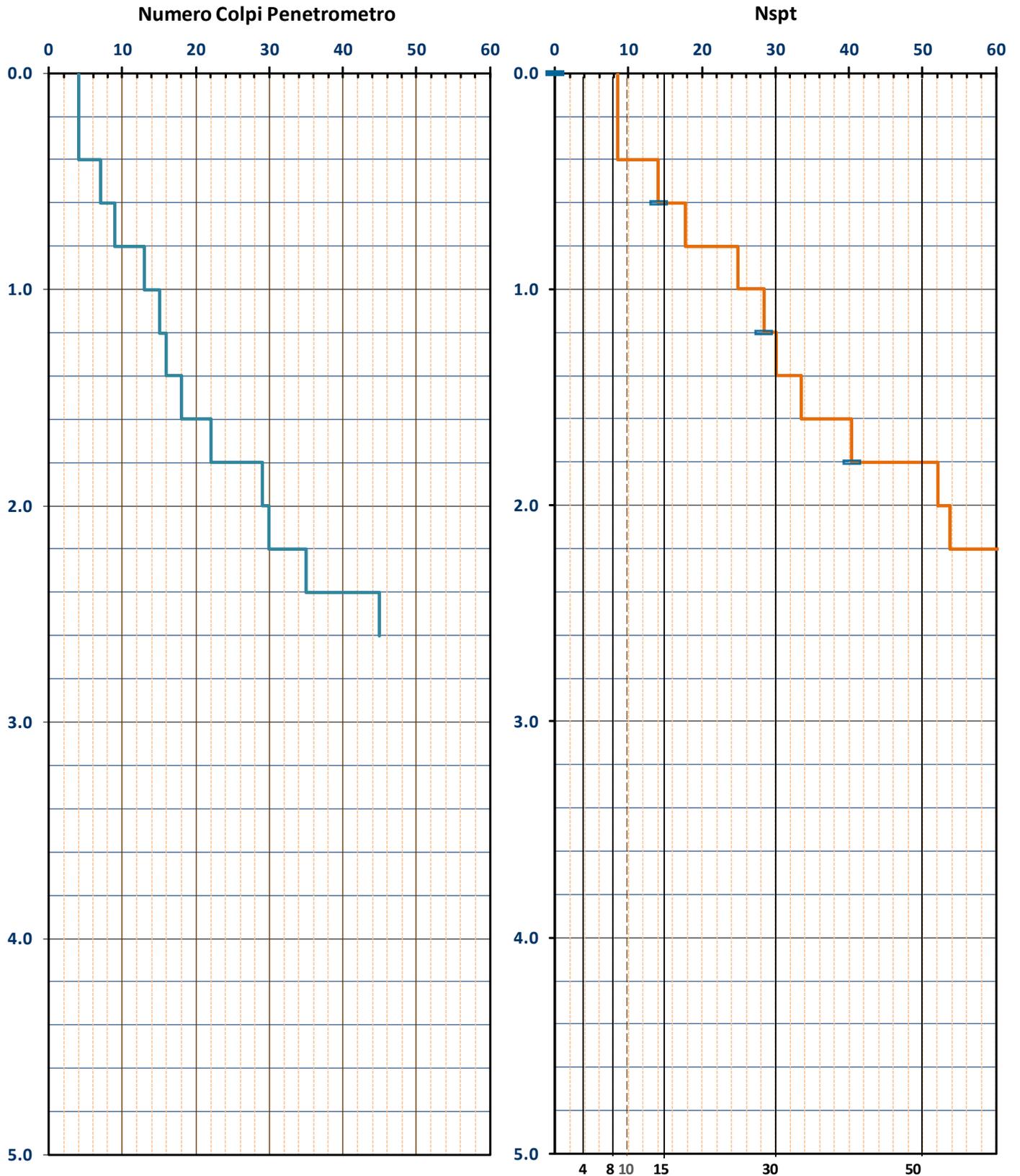




GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

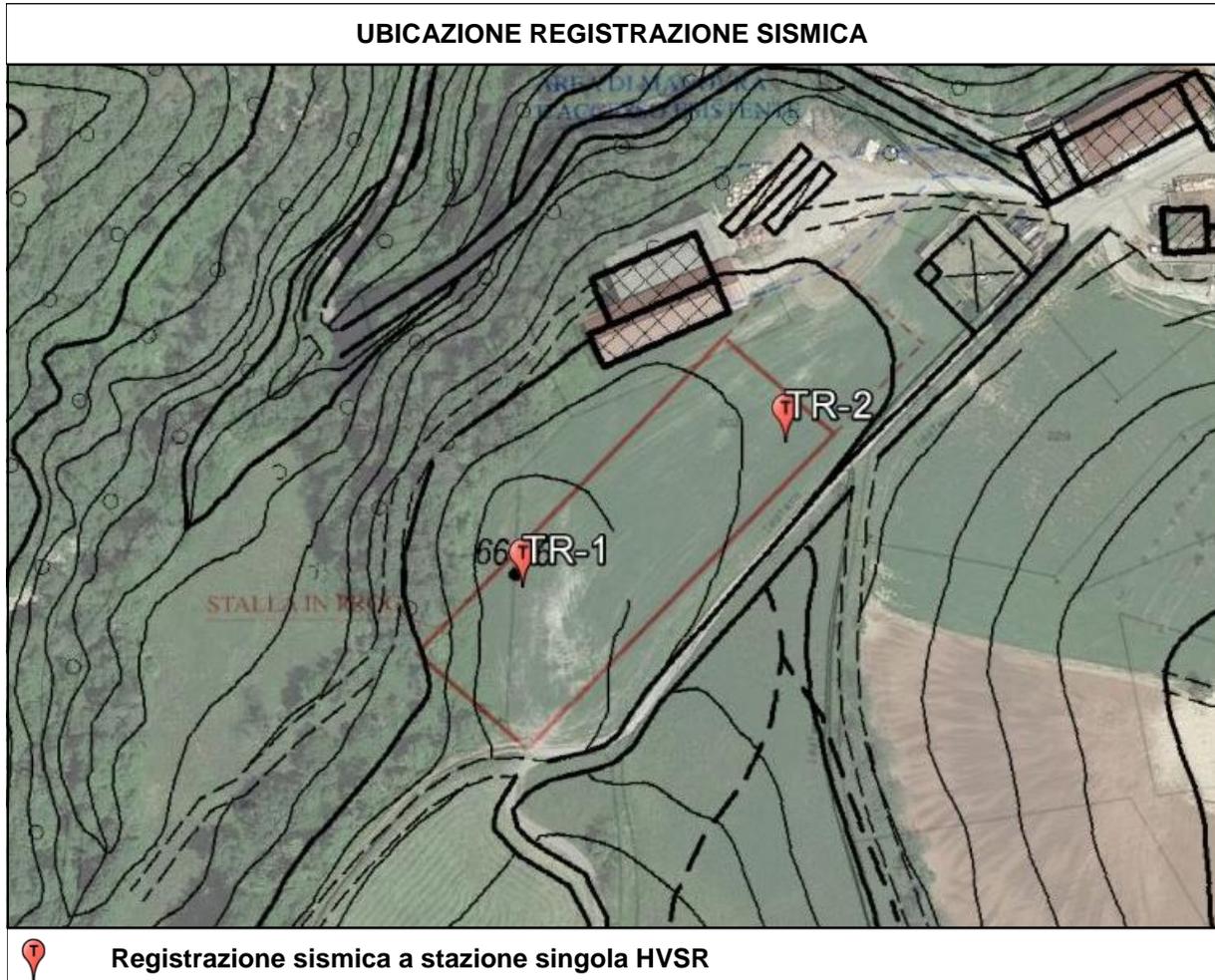
DPSH-03

COMMITTENTE: SORBELLI	LOCALITA' : IDDIANO
COMUNE: PAVULLO	DATA: 30/09/2015
NOME FILE: SORBELLI DPSH-03	PENETROMETRO DPSH



ALLEGATO B

Registrazioni Sismiche - Parametri Sismici



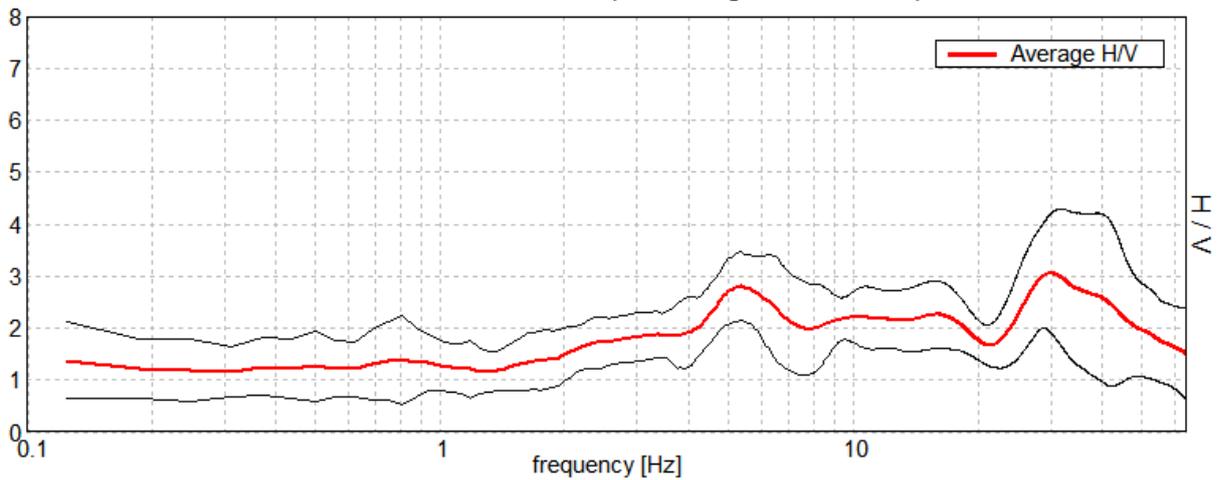


15_077

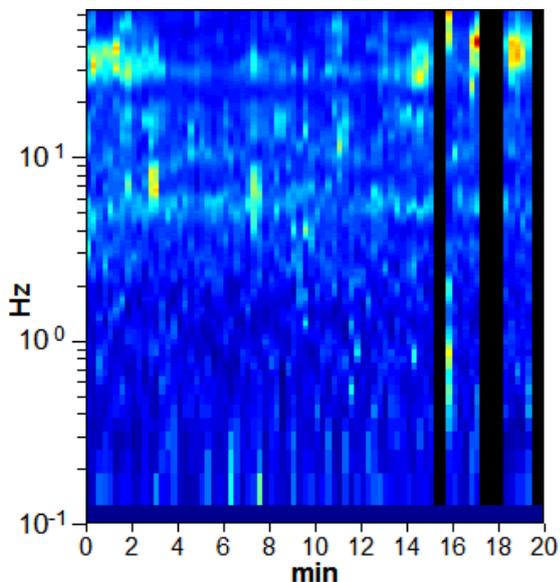
TR_1

Instrument: TRS-0016/01-06
 Start recording: 30/09/15 16:14:33 End recording: 30/09/15 16:34:34
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 GPS location: 010°51.8186 E, 44°21.0856 N (702.0 m)
 (UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 samples
 Satellite no.: 06
 Trace length: 0h20'00". Analyzed 90% trace (manual window selection)
 Sampling rate: 128 Hz
 Window size: 15 s
 Smoothing type: Triangular window
 Smoothing: 15%

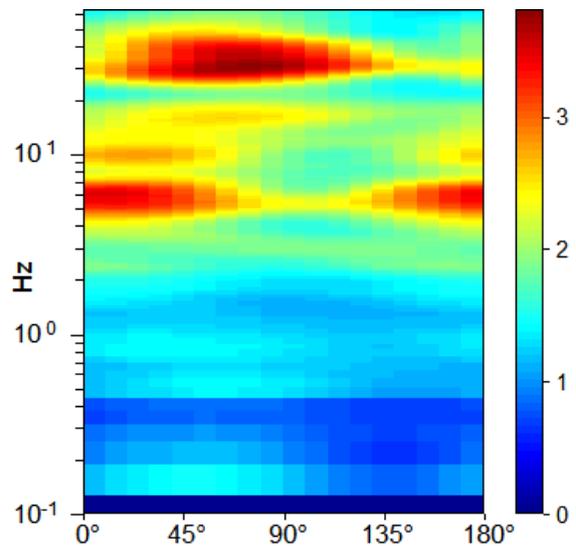
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO
 Max. H/V at 30.0 ± 0.42 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



H/V TIME HISTORY

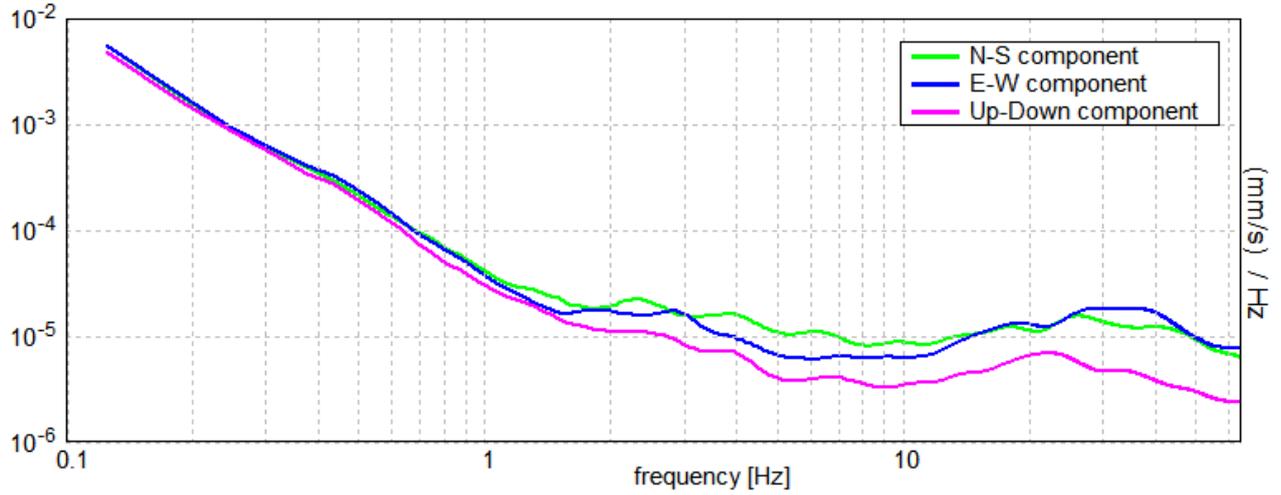


DIRECTIONAL H/V



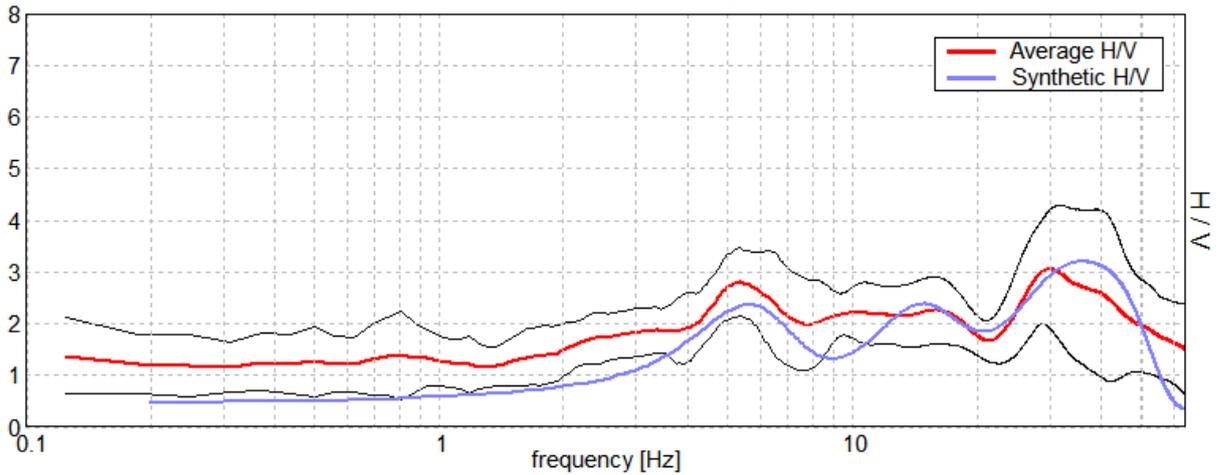


SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

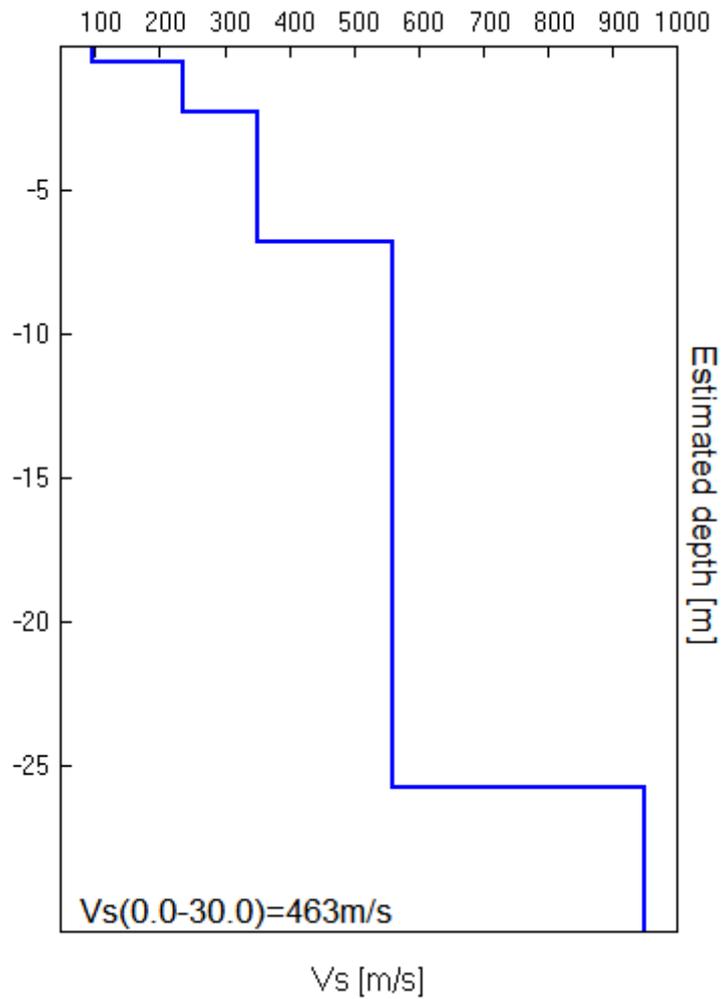
Max. H/V at 30.0 ± 0.42 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).





Mottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.60	0.60	95	0.35
2.30	1.70	235	0.35
6.80	4.50	350	0.35
25.80	19.00	560	0.35
inf.	inf.	950	0.35

Vs(0.0-30.0)=463m/s





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

Max. H/V at 30.0 ± 0.42 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	30.00 > 0.67	OK	
$n_c(f_0) > 200$	32400.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 721 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	63.125 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.06 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.007 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.20994 < 1.5	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.5691 < 1.58	OK	

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

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

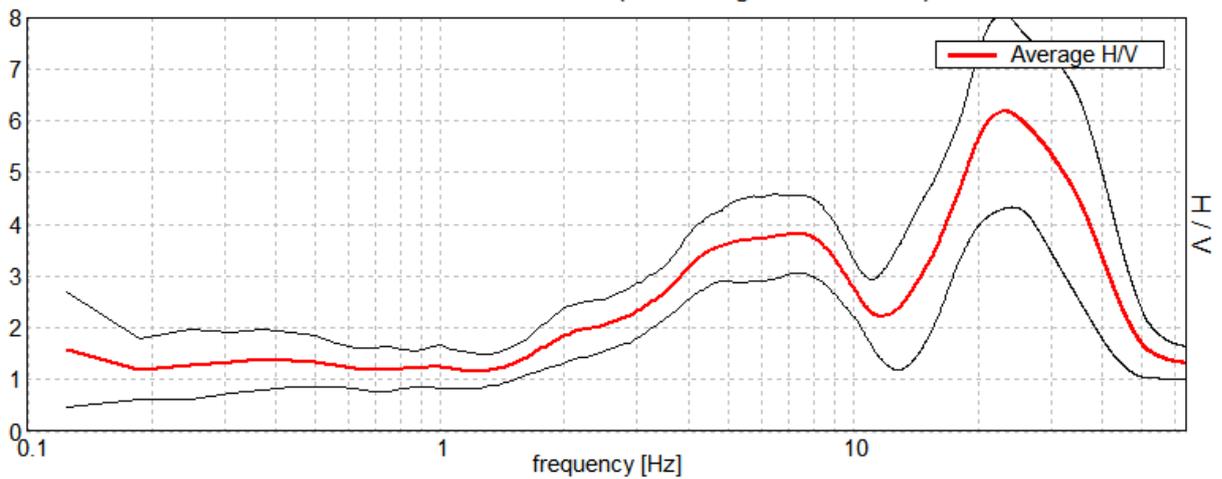


15_077

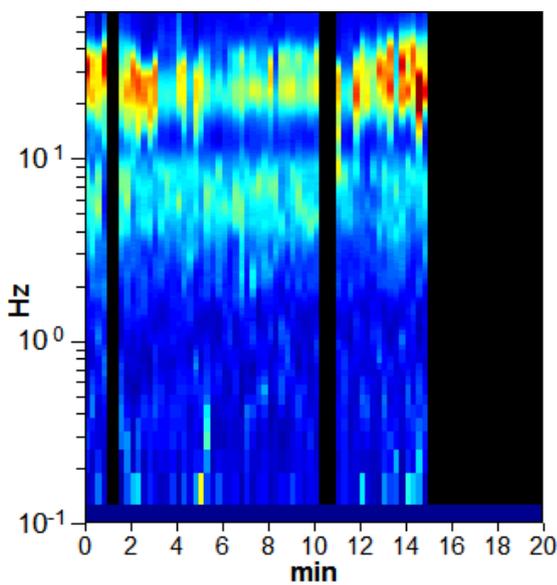
TR_02

Instrument: TRS-0016/01-06
 Start recording: 30/09/15 17:01:33 End recording: 30/09/15 17:21:34
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 GPS location: 010°51.8830 E, 44°21.1018 N (683.0 m)
 (UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 samples
 Satellite no.: 06
 Trace length: 0h20'00". Analyzed 69% trace (manual window selection)
 Sampling rate: 128 Hz
 Window size: 15 s
 Smoothing type: Triangular window
 Smoothing: 25%

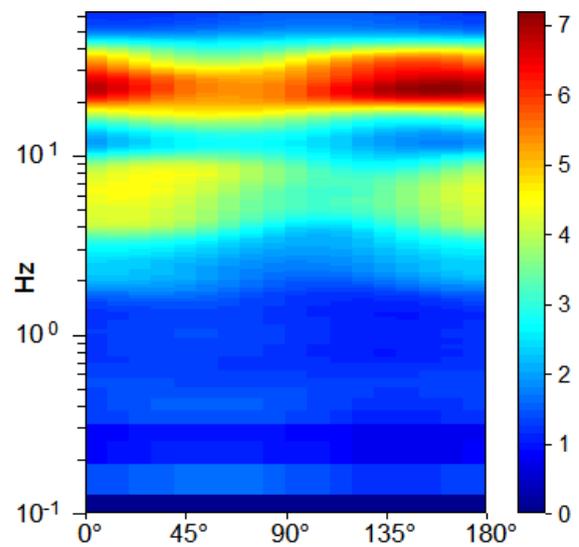
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO
 Max. H/V at 23.25 ± 0.84 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



H/V TIME HISTORY

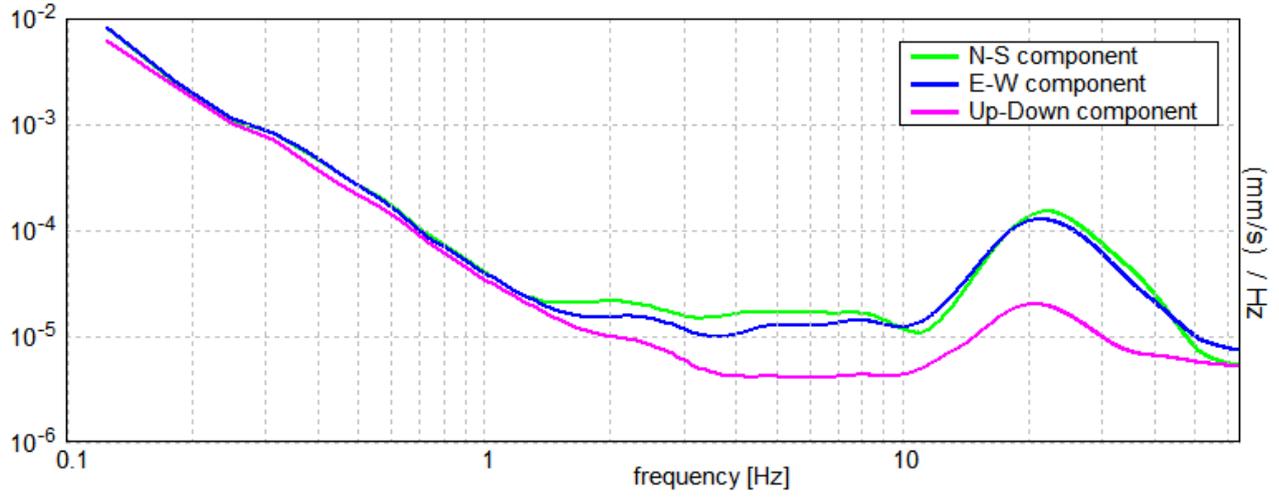


DIRECTIONAL H/V



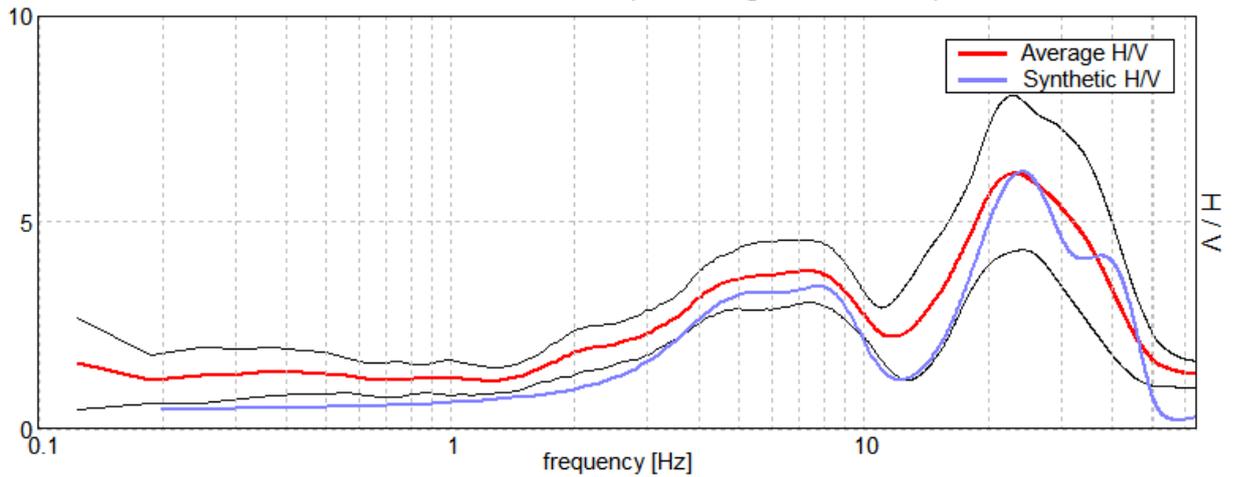


SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

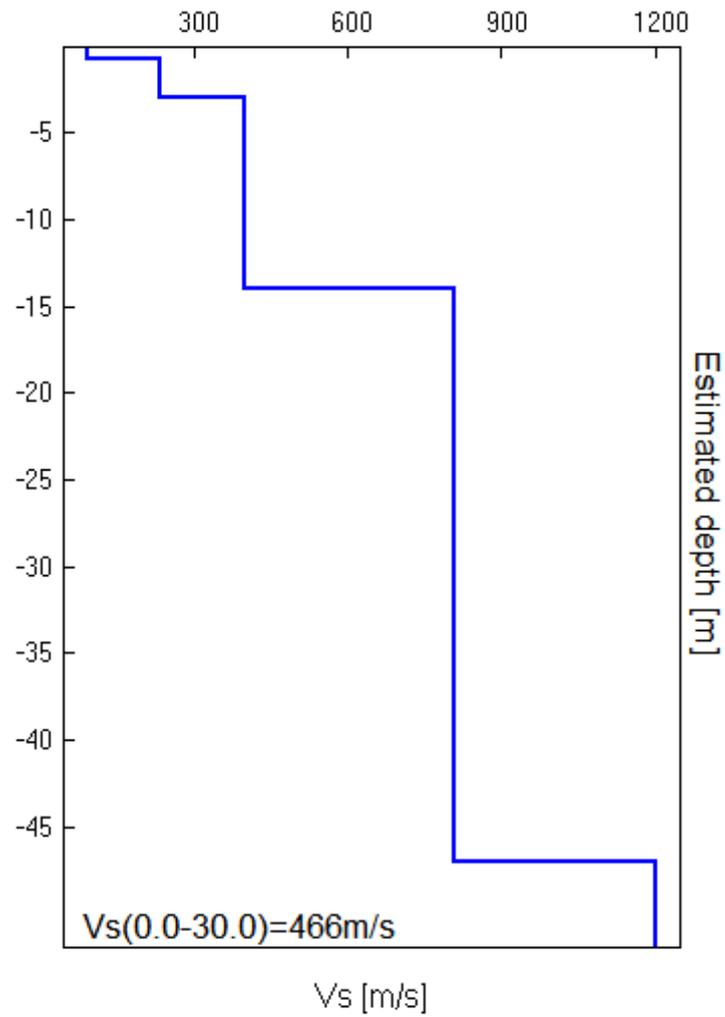
Max. H/V at 23.25 ± 0.84 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).





Bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.70	0.70	95	0.40
3.00	2.30	235	0.40
14.00	11.00	400	0.35
47.00	33.00	810	0.35
inf.	inf.	1200	0.35

Vs(0.0-30.0)=466m/s





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

Max. H/V at 23.25 ± 0.84 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	23.25 > 0.67	OK	
$n_c(f_0) > 200$	19181.3 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 559 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	14.75 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	41.25 Hz	OK	
$A_0 > 2$	6.19 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01785 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.41502 < 1.1625	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.929 < 1.58	OK	

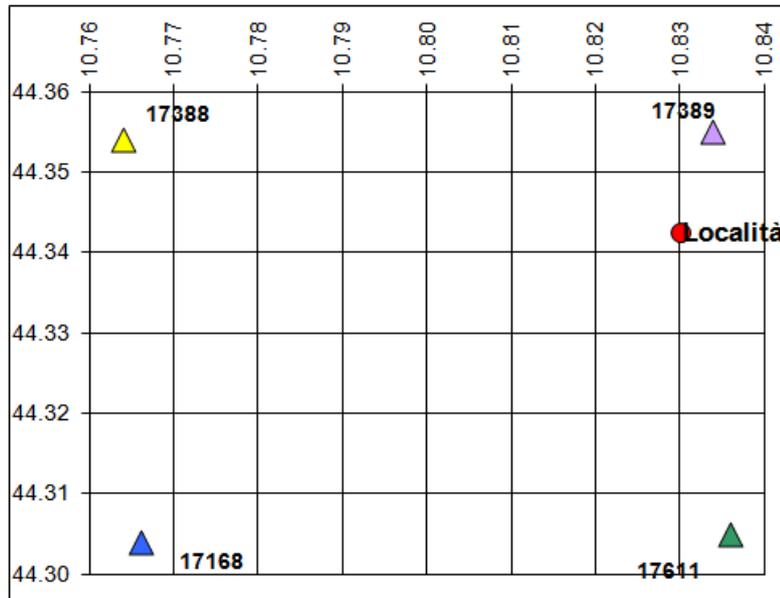
L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak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

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



Coordinate geografiche della località in esame				
	LON	LAT	Tolleranza	
	[°]	[°]	[°]	[km]
Località	10.8301	44.3427	0.0001	0.014

Coordinate geografiche dei 4 punti del reticolo				
ID	LON	LAT	DIST [°]	[km]
17389	10.834	44.355	0.013	1.410
17388	10.764	44.354	0.049	5.409
17611	10.836	44.305	0.038	4.217
17610	10.766	44.304	0.060	6.674



CARATTERISTICHE TERRENO

Topografia		T1
Coeff. topografico	S_T	1.0
Categoria suolo		B

VITA DELLA STRUTTURA

Vita nominale	V_N	50	[anni]
Classe d'uso	C_U	II	
Vita di riferimento	V_R	50	[anni]

PARAMETRI SISMICI

	SL	P _{VR}	T _R	a _g	F _o	T _C *	S	T _b	T _C	T _D	F _V
SLE	Operatività	81%	30	0.056	2.50	0.25	1.200	0.121	0.363	1.824	0.799
SLE	Danno	63%	50	0.070	2.49	0.26	1.200	0.125	0.374	1.879	0.889
SLU	Salv. Vita	10%	475	0.159	2.52	0.29	1.200	0.136	0.409	2.237	1.357
SLU	Collasso	5%	975	0.200	2.53	0.30	1.198	0.140	0.420	2.401	1.527



SPETTRI ELASTICI SLU

Tr = 475 anni (SLV)

Tr = 975 anni (SLC)

