COMUNE DI SANSEPOLCRO

RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITA'

(ai sensi del D.P.G.R.T. 53/R del 2011, del D.M. 14/01/2008, della O.P.C.M. 3519 del 2006 e 3274 del 2003, del D.P.R. 380/01 ed ai sensi dello strumento urbanistico comunale vigente)

Piano di recupero "*ex Opificio di Via Don Ivano Ricci* "

COMMITTENTE: STUDIO IDEA+

IL TECNICO: GEOL. CHELI GIAMPIERO

PREMESSA

Il presente rapporto, redatto su incarico dello Sudio Idea+, espone i risultati di un'indagine geologica di fattibilità, eseguita in un'area situata nei pressi del Convento dei Cappuccini, nel comune di Sansepolcro, per il piano di recupero dell'ex Opificio di Via Don Ivano Ricci.

Così come meglio indicato nelle cartografie di progetto redatte dallo Studio Idea+, a cui si rimanda per i dettagli, l'intervento comporta la demolizione dell'attuale opificio artigianale abbandonato e la realizzazione di un fabbricato pluripiano a destinazione residenziale.

Il confronto tra la cartografia tematica di supporto al PS comunale con le condizioni di campagna indica che allo stato attuale non si rilevano nuove condizioni di criticità ambientale e che quindi non sono intervenute modifiche rispetto al quadro conoscitivo di riferimento (assetto geomorfologico, idraulico e idrogeologico). In funzione di questo, ai sensi di quanto previsto dall'All. A del 53/R – Direttive per la formazione dei Piani Complessi di intervento e dei Piani Attuativi, le indagini di supporto al presente piano di recupero sono state predisposte anche nel rispetto delle condizioni di fattibilità contenute nello strumento di piano da cui derivano.

La definizione delle condizioni di pericolosità geologica, idraulica e sismica del sito è stata rielaborata secondo quanto previsto dall'All. A del DPGR 53/R.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO

L'area in esame si trova in sinistra idrografica rispetto al fiume Tevere a Nord dell'abitato di Sansepolcro. La zona corrisponde con l'inizio della fascia pedemontana con quota di circa di 350 metri s.l.m.

L'area in oggetto è individuata catastalmente nel Foglio n° 58 Particella n° 168.

Dal punto di vista morfologico l'area si trova tra due conoidi alluvionali nella fascia pedemontana caratterizzata dalla presenza di coltri detritiche eluvio-colluviali.

Attualmente non si notano evidenti segni di fenomeni gravitativi o dissesti in atto e la zona può essere considerata nel suo insieme stabile.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Nell'area oggetto di studio sono presenti depositi eluvio-colluviali, si tratta di accumuli generalmente eterogenei ed eterometrici, di materiali litoidi e non, in matrice limoso-sabbiosa e assetto disorganizzato, ovvero detriti caratterizzati da clasti centimetrici o decimetrici a spigoli vivi o subangolosi, massivi o mal stratificati in accumuli di modesti spessori, che mostrano possibilità di riattivazione in relazione al sistema morfoclimatico. (Olocene)

Per la determinazione delle caratteristiche litologiche stratrigrafiche e geometriche dei litotipi interessati sono state utilizzate le indagini a cui si rimanda per la descrizione.

CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE E IDRICHE SUPERFICIALI

Analizzando lo schema idrografico della zona in esame risulta in evidenza la presenza di alcuni fossi o canali torrentizi che scorrono in direzione prevalente NE-SO andando a confluire nel collettore del fiume Tevere,

L'assetto geomorfologico e stratigrafico conferiscono all'area una densità di drenaggio media con capacità di infiltrazione delle acque meteoriche più alta ove i terreni presentano concentrazioni dei termini argillosi più basse. Le acque quindi scendendo in profondità si vanno ad accumulare al tetto degli strati sedimentari poco permeabili presenti a vari livelli della successione litologica locale formando falde libere e/o debolmente in pressione.

Nella zona in esame le prime falde acquifere di una certa importanza sono a non meno di 10/15 metri dal piano di campagna come riscontrato dalle prove geoinvestigative (sondaggio S5 -VEL).

L'area non ricade all'interno di alcun ambito fluviale ed è esente dal rischio idraulico ai sensi della normativa vigente.

La zona ricade all’interno della pericolosità idraulica bassa poiché non vi sono notizie storiche di precedenti inondazioni ed è una situazione di alto morfologico rispetto alla piana alluvionale adiacente.

In considerazione della presenza di depositi pluvio- colluviali il grado di permeabilità risulta essere medio come anche il grado di vulnerabilità infatti la risorsa idrica presenta un grado di protezione medio, corrispondente per esempio ad acquiferi confinati, in pianura, con coperture impermeabili di spessore ridotto o acquiferi liberi con livello freatico mediamente profondo. In tali casi si assicurano tempi di arrivo in falda delle acque di percolazione compresi tra 15 e 60 giorni.

INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per l'individuazione dei parametri geotecnici-geomeccanici e per la determinazione della pericolosità geologica del terreno in questione, ci si è avvalsi sulle conoscenze geofisiche e geotecniche derivanti sia dalla campagna d'indagine svolta dal sottoscritto che dal progetto VEL - Regine Toscana, condotte nell'area di studio e in aree prossime all'area di studio consistenti in:

- progetto VEL: n. 1 sondaggio a carotaggio continuo (S5) e n.1 sismica a rifrazione (ST26)
- n.2 prove penetrometriche DPSH
- n.1 indagine sismica mediante tecnica di superficie M.A.S.W
- n.1 indagine sismica mediante tecnica dei rapporti spettrali H.V.S.R.

I dati emersi evidenziano la presenza di una coltre di riporto con spessore di 1.2 m caratterizzata da clasti eterometrici in matrice sabbioso-limosa.

Alla base si rinvengono depositi limo-sabbiosi e argillo-limosi a tratti sabbiosi con inclusi elementi arenacei.

A partire da - 15 metri sono stati individuate argille marnose e marne argillose con intercalazione di arenarie.

E' stata inoltra riscontrata la presenza di fluidi di circolazione a partire da - 12 m dal p.c..

I valori del parametro Vs30 ottenuto dalla prova sismica MASW sono risultati pari a **484 m/s** a cui si associa un sottosuolo di **categoria B.**
L'area in oggetto ricade in **categoria topografica T2.**

PRG VIGENTE

Facendo riferimento alla Carta della pericolosità geomorfologia del Piano strutturale del Comune di Sansepolcro il sito di intervento risulta classificato (L.R. 1/05 e DPGR 26/R):

- **pericolosità geomorfologica elevata (G.3)**: in questa classe di pericolosità ricadono quelle aree in cui sono presenti forme geomorfologiche areali in stato di quiescenza, cioè tutte quelle forme geomorfologiche che sono in uno stato di quiete temporanea con possibilità di riattivazione nell'attuale sistema morfoclimatico
- **pericolosita sismica elevata (S.3)**: aree in cui sono presenti fenomeni di instabilità quiescenti e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone potenzialmente franose o esposte a rischio frana per le quali non si escludono fenomeni di instabilità indotta dalla sollecitazione sismica; zone con possibile amplificazione sismica connesse a zone di bordo della valle e/o aree di raccordo con il versante; zone con possibile amplificazione per effetti stratigrafici; zone di contatti tra litotipi con caratteristiche fisicomeccaniche significativamente diverse; presenza di faglie e/o contatti tettonici,
- **pericolosità idraulica bassa (I.1**): aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni:
    a) non vi sono notizie storiche di inondazioni;
    b) sono in situazioni favorevoli di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

VALUTAZIONE DI PERICOLOSITA' TERRITORIALE

Per l'accertamento della fattibilità dell'intervento sono state raccolte le informazioni allo scopo di

- individuare le caratteristiche topografiche dell'area
- le caratteristiche geologiche e geomorfologiche
- i caratteri delle acque superficiali e sotterranee

Lo studio effettuato ha definito i lineamenti geomorfologici e la loro tendenza evolutiva, i caratteri stratigrafici e litologici, lo schema geolitologico dell'area, nonchè lo schema idrogeologico.

Poichè lo strumento urbanistico non contiene gli elaborati cartografici relativi alla carta di fattibilità, sono state eseguite in sede di progettazione preliminare dell'intervento di cui all'oggetto, le indagini atte a verificare la pericolosità specifica dell'area e la conseguente fattibilità delle opere previste sotto il profilo geologico geomorfologico e idraulico.

Gli studi effettuati a sensi della L.R. 1/05 e del DPGR 53/R hanno definito per l'area di studio le seguenti classi di pericolosità:

Pericolosità geologica

Ai sensi della DPGRT n. 53/R il sito corrisponde quindi alla classe **Pericolosità geologica media (G.2):** aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto;

Pericolosità idraulica

Ai sensi della DPGRT n. 53/R il sito corrisponde a **Pericolosità idraulica bassa (I.1)**: aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni:

a) non vi sono notizie storiche di inondazioni

b) sono in situazioni favorevoli di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

Pericolosità sismica locale

Aspetti sismici

A seguito dell'Ordinanza del Presidente dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, pubblicata sulla G.U. n. 105 dell'8 maggio 2003, il Comune di Sansepolcro è stato classificato sismico di zona 2 (corrispondente alla vecchia II Categoria). Alla Zona 2 associato un valore dell'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico, di cui alle Norme Tecniche, ag/g = 0,25 (con g = accelerazione di gravità).

Successivamente, ai sensi della deliberazione regionale n. 431 del 19/06/2006 "Riclassificazione sismica del territorio regionale – Attuazione del DM 14/09/2005 e dell'OPCM 3519 del 28/04/2006" , al territorio comunale è stata confermata la classe sismica 2.

L'entrata in vigore delle Norme Tecniche (DM 14/01/2008), con il passaggio dei criteri di progettazione dal metodo delle tensioni ammissibili a quello degli stati limite, che impone la valutazione delle possibilità amplificative del moto sismico per effetti litologici in termini di accelerazione al suolo, rende necessaria anche per il territorio di Sansepolcro una stima in questo senso.

Secondo le Norme, si riconoscono 5+2 categorie di suolo di fondazione A, B, C, D e E più due ulteriori classi S1 e S2, alle quali corrisponde una valore di fattore amplificativo S.

Secondo quanto evidenziato dalle indagini effettuate (vedi allegato MASW), la zona di intervento contempla la **categoria B** con un valore della **Vs30 pari a 484 m/s.**

MICROZONAZIONE SISMICA LIVELLO 1

Il nuovo regolamento 53/R/2011, stabilisce che le conoscenze del territorio dovranno permettere opportuni studi di *Microzonazione sismica* – MS, secondo le specifiche

tecniche definite negli ICMS – *Indirizzi e criteri per la micro zonazione sismica*, di cui si tratta anche nelle specifiche tecniche dell'ODPCM 3907/2010.

Per realizzare gli studi di MS, è stata effettuata la raccolta e l'archiviazione organizzata di tutti i dati pregressi provenienti dalle diverse fonti informative ufficiali. Tutti i parametri di base hanno consentito la costruzione del modello del sottosuolo quale risultato del processo iterativo e interattivo volto alla ricostruzione delle unita litologiche superficiali e delle loro geometrie, del loro rapporto con le unita del substrato e delle loro caratteristiche geometriche e geofisiche che rappresentano il prodotto di sintesi e lo strumento conoscitivo propedeutico alla redazione della carta di MS.

Tale processo ha consentito di garantire l'integrazione e la coerenza fra le diverse conoscenze e di produrre la Carta delle MOPS.

L'elaborato cartografico individua le geometrie delle microzone ove sulla base di osservazione geologiche e geomorfologiche e della valutazione dei dati litostratigrafici è prevedibile l'occorrenza di diversi tipi di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, etc.)

Gli ICMS individuano vari livelli di approfondimento con complessità e impegno crescenti a seconda dei diversi contesti ed obiettivi, passando dal livello 1 al livello 3:

1) le zone stabili: zone nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura (litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata) e pertanto gli scuotimenti attesi sono equivalenti a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base;

2) le zone stabili suscettibili di amplificazione sismica: zone in cui il moto sismico viene modificato a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e/o geomorfologiche del territorio;

3) le zone suscettibili di instabilità: zone suscettibili di attivazione dei fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, fagliazioni superficiali).

Tutti i parametri di base hanno consentito la costruzione del modello del sottosuolo e la produzione della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS).

E' stata effettuata la ricostruzione del modello geologico-tecnico dell'area, l'individuazione dei litotipi che posso costituire il substrato rigido (ovvero materiali caratterizzati da valori di velocità di propagazione delle onde di taglio S, significativamente maggiori di quelli relativi alle coperture localmente presenti), accompagnata da una stima approssimativa della loro profondità rispetto al piano di campagna.

In particolare i dati provenienti dal sondaggio S5 e dalla sismica a rifrazione ST26 (VEL) insieme ai dati forniti dalle due prove penetrometriche DPSH, dall'indagine sismica mediante tecnica di superficie M.A.S.W e dall'indagine sismica mediante tecnica dei rapporti spettrali H.V.S.R., hanno consentito la ricostruzione litostratigrafica locale dell'area di progetto, caratterizzata da depositi eluvio-colluviali e fluvio-lacustri limosi-argillosi che si spingono fino ad una profondità di 8 metri, impostate al di sopra delle arenarie del Monte Falterona evidenziando un significativo contrasto di impedenza sismica come confermato dall'indagine HVSR.

Per l'area di studio è stato definito la seguente condizione di pericolosità sismica dell'area:

- zone stabili suscettibili di amplificazione sismica: zone in cui il moto sismico viene modificato a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e/o geomorfologiche del territorio;

Pericolosità sismica (ai sensi del DPGRT 53/R)

La sintesi delle informazioni derivanti dalle cartografie geologiche, geomorfologiche e dalla carta delle Zone a Maggior Pericolosità Sismica locale, ha consentito di valutare le condizioni di pericolosità sismica della zona oggetto di Piano di recupero.

In particolare la zona risulta classificata a:

- **Pericolosità sismica locale media (S.2**): zone suscettibili di instabilità di versante inattiva e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S.3);

ANALISI DI STABILITA' DI PENDIO

L'analisi di stabilità di pendio è stata eseguita col metodo di Fellenius (vedi relazione di calcolo).

VALUTAZIONE DELLA FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

E' stata eseguita un'indagine geologica di fattibilità ai sensi del D.P.G.R.T. 53/R del 2011 e del D.M. 14/01/2008, in un'area situata nella parte Nord del territorio comunale di Sansepolcro, di supporto al progetto di Piano di Recupero Opificio di Via Don Ivano Ricci che comporta la demolizione dell'attuale opificio artigianale abbandonato e la realizzazione di un fabbricato pluripiano a destinazione residenziale. Dall'insieme dei rilievi, delle indagini svolte e dei dati di base di riferimento si deduce che l'intervento risulta compatibile con l'assetto geologico-morfologico, idraulico e sismico, nei limiti delle condizioni e delle prescrizioni riferite nella presente relazione.

Sono state eseguite in sede di progettazione preliminare dell'intervento di cui all'oggetto le indagini atte a verificare la pericolosità specifica dell'area e la conseguente fattibilità delle opere previste sotto il profilo geologico, sismico ed idraulico.

In particolare è stato effettuato uno studio di microzonazione sismica MS di Livello 1 che ha avuto come principale obiettivo di definire la microzonazione omogenea in prospettiva sismica, attraverso l'individuazione di microzone omogenee dal punto di vista del comportamento sismico (MOPS).

Gli studi effettuai ai sensi della L.R. 01/05 e DPGR53/R hanno definito per l'area di studio le seguenti classi:

Classe G.2 - Pericolosità Geologica media

Classe I.1 - Pericolosità Idraulica bassa

Classe S.2 - Pericolosità Sismica media

Le classi di fattibilità, definite tramite la sovrapposizione delle opere previste con le pericolosità precedentemente indicate, sono quindi risultate corrispondenti a:
Classe F.2 - con normali vincoli

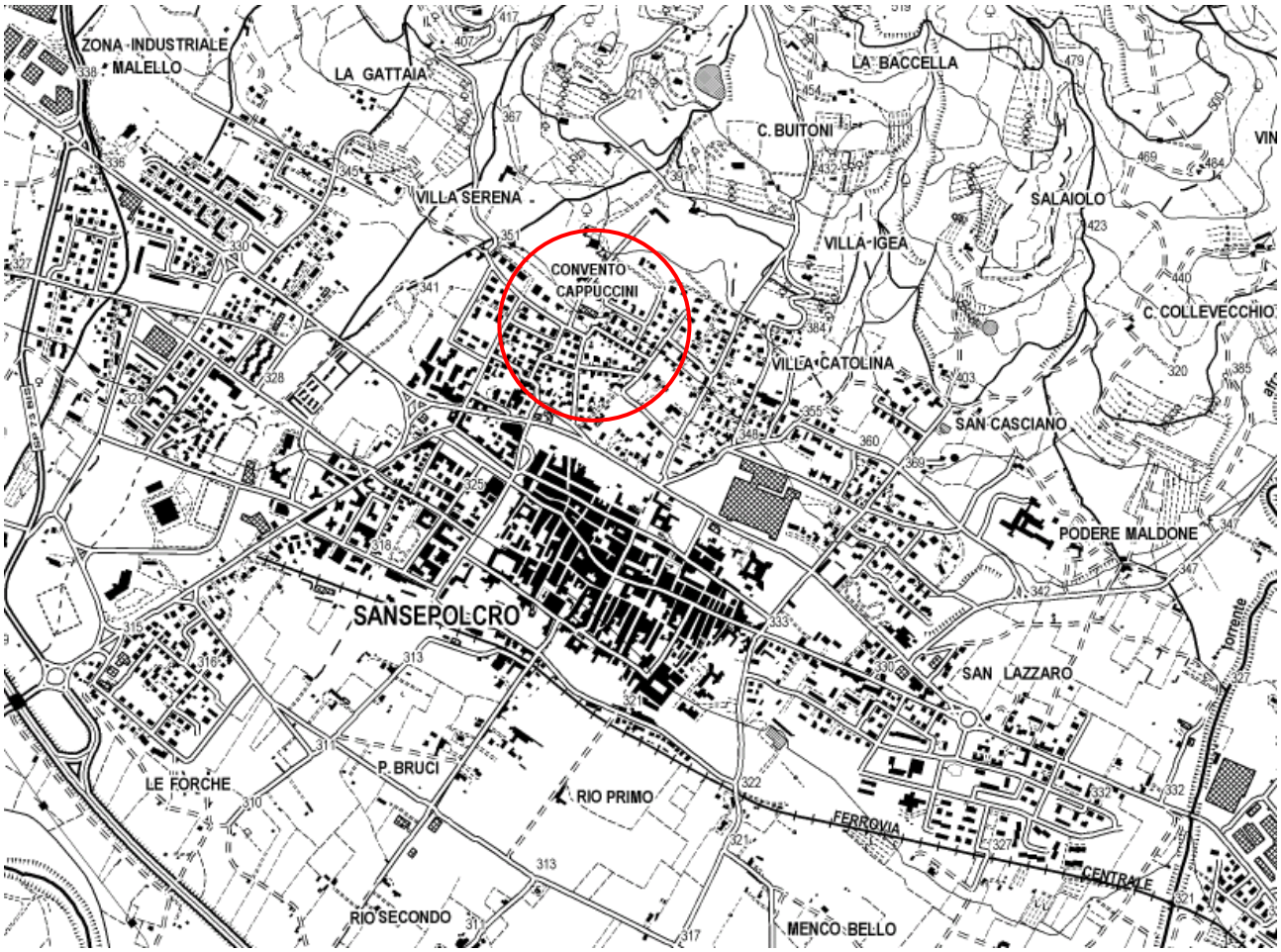
F.G: non sono state riscontrate problematiche geologiche e geomorfologiche tali da condizionare l'intervento
F.I: per l'intervento in oggetto non sono necessarie prescrizioni specifiche per la fase attuativa o per la valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.
F.S: per l'intervento in oggetto non sono necessarie prescrizioni specifiche per la fase attuativa o per la valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.
Non si ravvisa, per quanto di competenza geologica, alcuna controindicazione all'esecuzione del progetto, ma è necessaria che l'affidabilità dei strumenti progettuali previsionali sia verificata con un accurato monitoraggio del'opera in fase costruttiva che, può costituire uno strumento prezioso per la migliore conduzione dei lavori.
Rimango a disposizione per chiarimenti in merito alla presente relazione e/o per problematiche da valutarsi in fase esecutiva.

Sansepolcro, 26 Ottobre 2013

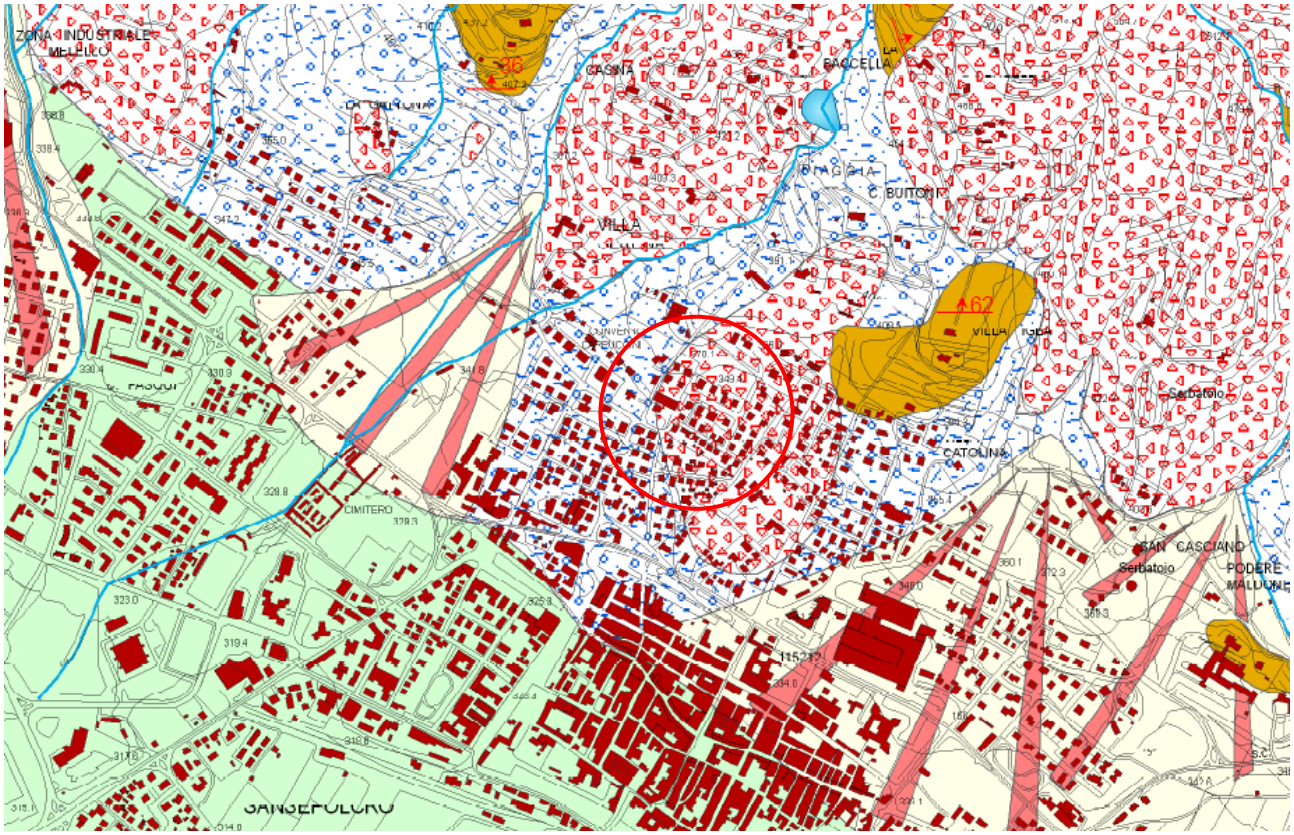
Dott. Cheli Giampiero Geologo

Allegati:

- corografia 1:25000
- carta geologica 1:10000
- catastale 1:2000
- carta indagini in situ
- carta della pericolosità idraulica
- carta della pericolosità geologica
- carta delle MOPS
- carta della fattibilità
- parametri sismici
- indagine sismica H.V.S.R. M.A.S.W.
- prove penetrometriche DPSH
- sondaggio S5 VEL
- sismica a rifrazione ST26 VEL
- analisi stabilità di pendio



Stralcio corografia 1:25000 con individuazione dell'area di studio



Stralcio carta geologica 1:10000 con individuazione dell'area di studio

Legenda

Depositi quaternari

- Depositi di frana
- Detrito di versante
- Depositi eluvio-colluviali
- Depositi alluvionali
- Depositi alluvionali terrazzati
- Conoide di deiezione

Unità tettoniche Liguri

- Formazione di Monte Morello
- Formazione di Monte Morello - litofacies di C. Nuova
- Formazione di Sillano
- Argille a Palombini
- Gabbri
- Peridotiti serpentinizzate

Unità tettoniche Toscane

- Arenarie del Monte Falterona
- Marne Varicolori di Villore
- Scaglia Toscana

Unità tettoniche Umbro - Marchigiano - Romagnole

Formazione Marnoso Arenacea Umbra

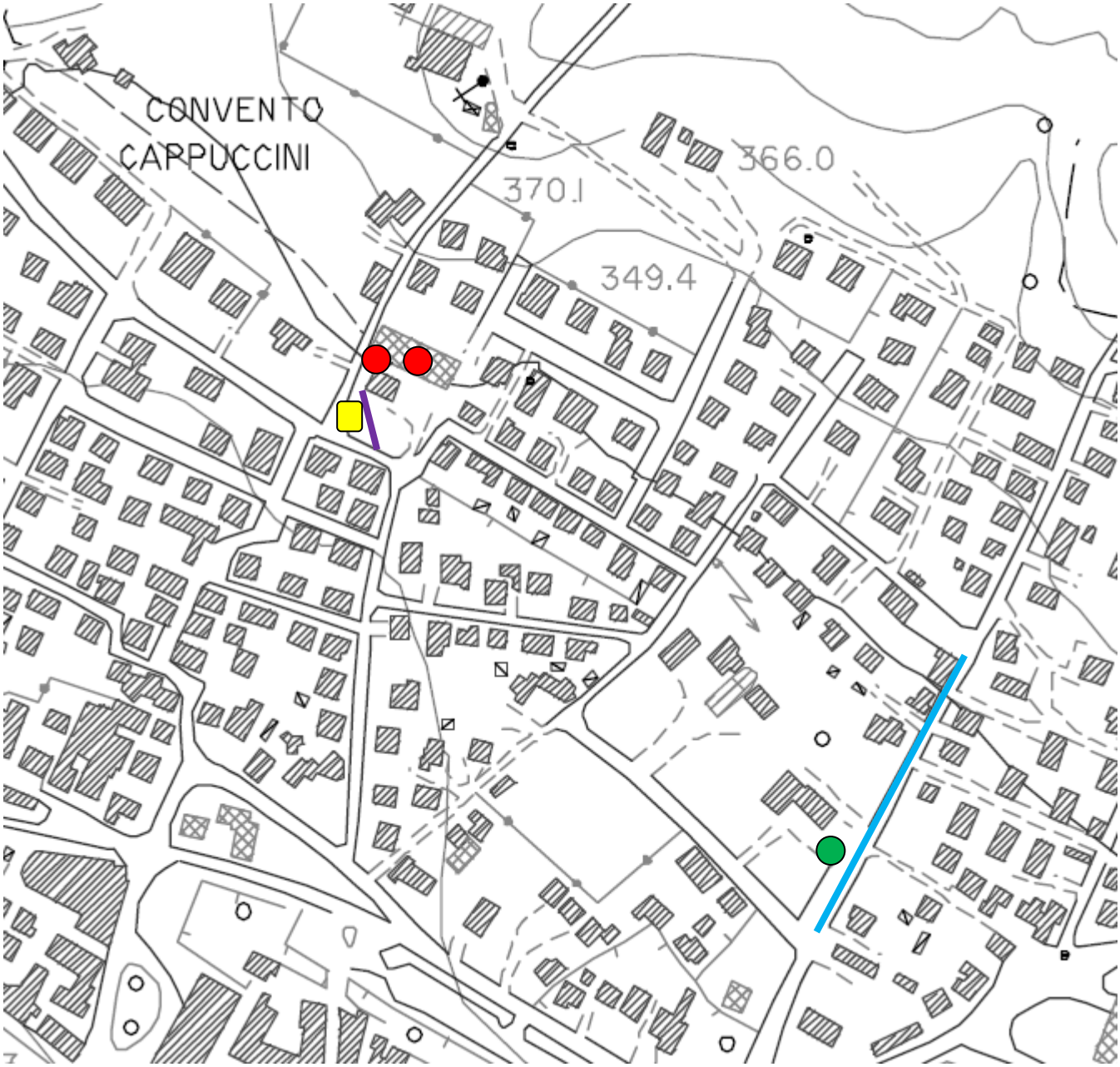
- Membro di Casa Spertaglia
- Membro di M. Casale
- Membro di Vesina

- Schlier
- Bisciaro

- Contatto stratigrafico
- Faglia certa
- Faglia diretta certa
- Faglia diretta incerta
- Faglia incerta
- Faglia sepolta
- Sovrascorrimento certo
- Sovrascorrimento incerto

- Stratificazione normale
- Stratificazione verticale
- Stratificazione rovescia

Planimetria catastale in scala 1:2000



stralcio carta delle indagini geognostiche in situ in scala 1:4000

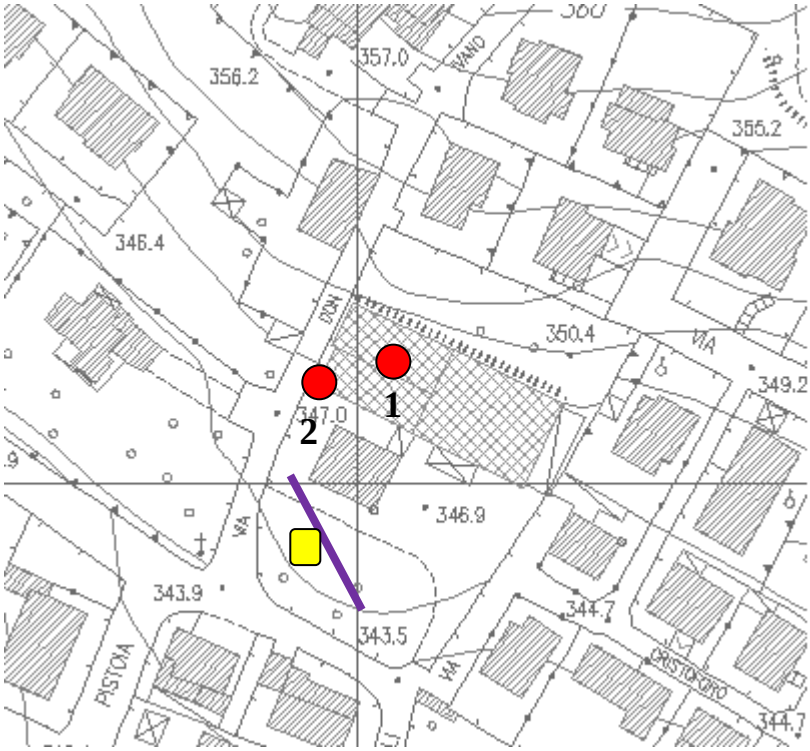
sondaggio (VEL)

sismica a rifrazione (VEL)

MASW

HVSR

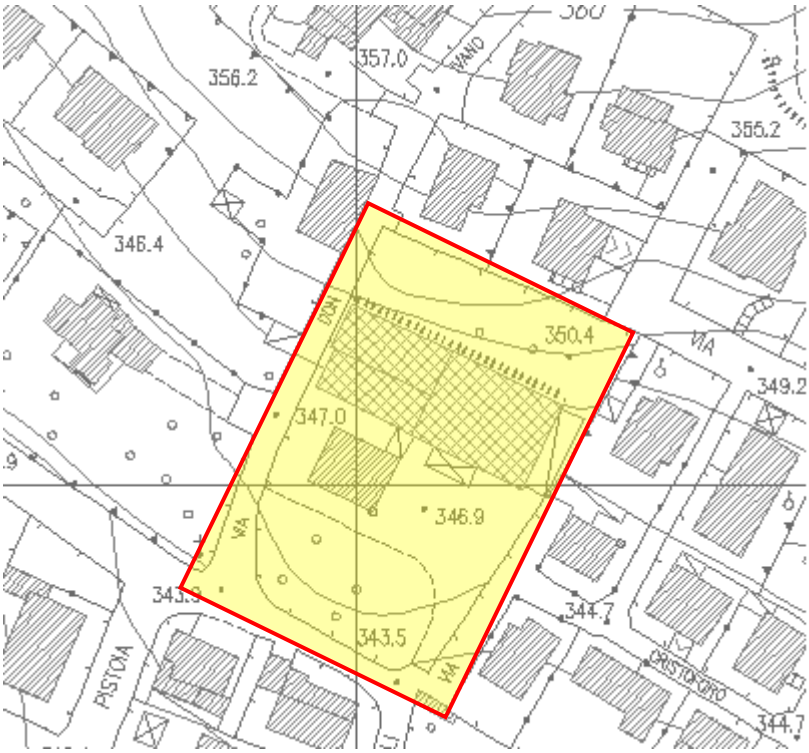
prova penetrometrica



dettaglio indagini

Carta della pericolosità idraulica scala 1 : 2.000 (limitatamente all'area di studio)

Pericolosità idraulica bassa (I.1)



Carta della pericolosità geologica scala 1 : 2.000 (limitatamente all'area di studio)

Pericolosità geologica media (G.2)

Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) scala 1 : 2.000 (limitatamente all'area di studio)

Zona 1

depositi eluvio -colluviali (spess. 2 m)

fluvio-lacustri limosi-argillosi (spess. 8 m)

arenarie del Monte Falterona (substrato coesivo stratificato)

Carta della fattibilità scala 1: 2.000 (limitatamente all'area di studio)

Fattibilità con normali vincoli (F2): geologica
Fattibilità con normali vincoli (F2): sismica
Fattibilità con normali vincoli (F2): idraulica

Parametri sismici

determinati con **GeoStru PS** http://www.geostru.com/geoapp

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Sito in esame.
latitudine: 43,577304 [°]
longitudine: 12,141389 [°]
Classe d'uso: II. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
Vita nominale: 50 [anni]
Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	20959	43,576730	12,109890	2538,2
Sito 2	20960	43,577530	12,178880	3020,2
Sito 3	20738	43,627530	12,177810	6308,0
Sito 4	20737	43,626720	12,108780	6089,9

Parametri sismici
Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T2
Periodo di riferimento: 50 anni
Coefficiente cu: 1

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,068	2,410	0,265

Danno (SLD)	63	50	0,089	2,367	0,269
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,226	2,368	0,295
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,290	2,393	0,311

Coefficienti Sismici

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,430	1,200	0,020	0,010	0,961	0,200
SLD	1,200	1,430	1,200	0,026	0,013	1,264	0,200
SLV	1,190	1,400	1,200	0,091	0,045	3,171	0,280
SLC	1,120	1,390	1,200	0,109	0,055	3,818	0,280

Aggiornamento Professionale Continuo
A.P.C.
CERTIFICATO
Dott. Geol. Ferrari Claudio
Triennio 2008-2010
Valido fino a gennaio 2014
Ordine dei Geologi
Umbria

Dott. Geologo Claudio Ferrari

INDAGINE GEOFISICA MEDIANTE TECNICA DEI RAPPORTI SPETTRALI H.V.S.R. ED INDAGINE GEOFISICA MEDIANTE TECNICA DI SUPERFICIE M.A.S.W. IN VIA DON IVANO RICCI, COMUNE DI SANSEPOLCRO (AR).

ORDINE DEI GEOLOGI
GEOLOGO
CLAUDIO FERRARI
ALBO
496
DELLA REGIONE

Committente

Dott. Geol. Giampiero Cheli

Via dei Mestieri 31 06049 Spoleto (PG) T (+ 39) 0743 225568 mob. (+ 39) 334 2517486
mail geofer@epap.sicurezzapostale.it claudio.ferrari@hotmail.it
C.F. FRRCLD82A28I921R P.I. 03054160548

INDICE

I. PREMESSA

II. INDAGINE GEOFISICA MEDIANTE TECNICA DEI RAPPORTI SPETTRALI H.V.S.R.

III. INDAGINE GEOFISICA MEDIANTE TECNICA DI SUPERFICIE M.A.S.W.

PREMESSA

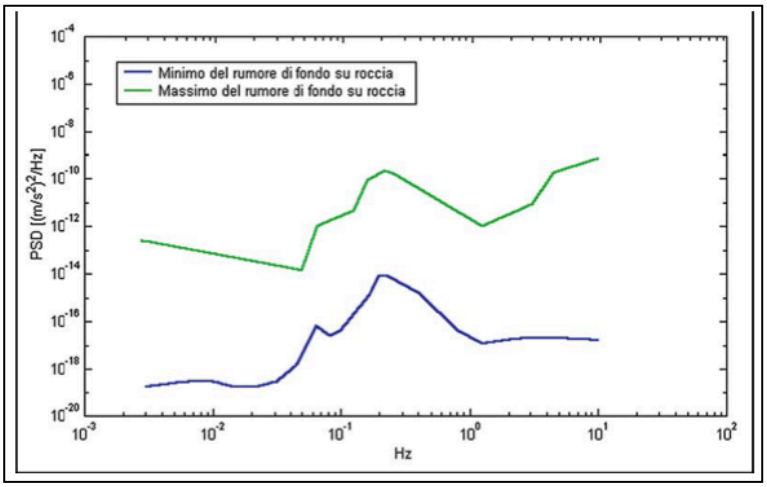
Su incarico del Dott. Geol. Giampiero Cheli, nel mese di Ottobre 2013, è stata eseguita una campagna di indagini geofisiche volta alla caratterizzazione sismo-stratigrafica nel Comune di Sansepolcro.

Nello specifico sono state eseguite una analisi dei microtremori H.V.S.R. secondo il metodo prescritto da Nakamura per la valutazione di eventuali frequenze di sito e dello spessore delle coperture (quando possibile) ed una prospezione sismica con tecnica di superficie M.A.S.W. per la determinazione della Vs30.

INDAGINE GEOFISICA MEDIANTE TECNICA DEI RAPPORTI SPETTRALI H.V.S.R.

La tecnica di **indagine sismica passiva HVSR (Horizzontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura)** è finalizzata all'individuazione delle frequenze caratteristiche di **risonanza di sito**. La tecnica dei rapporti spettrali (**HVSR**) trova la sua massima applicazione negli studi di microzonazione sismica poiché fornisce un parametro fondamentale (frequenza propria di risonanza di sito) per una corretta **progettazione di edifici antisismici**. L'utilizzo di algoritmi di calcolo finalizzati ad una modellizzazione sintetica dello **spettro H/V**, permette di correlare ogni picco spettrale con le discontinuità presenti nel sottosuolo (per esempio i cambi litologici). I dati che si possono ricavare sono spessori, profondità e velocità di propagazione delle onde di taglio. Il rumore sismico, generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica, è presente ovunque sulla superficie terreste. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo prossimo all'epicentro. I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato ad hoc, come ad esempio le esplosioni nella sismica attiva. Nelle zone in cui non è presente alcuna sorgente di rumore locale o in assenza di vento, lo spettro di frequenza del rumore di fondo, in un terreno roccioso e pianeggiante, ha l'andamento illustrato in figura 18, dove la curva blu rappresenta il rumore di fondo minimo, di riferimento mentre la curva verde rappresenta il "massimo" di tale rumore, e dove i picchi 0.14 e 0.07 Hz sono prodotti dalle onde

oceaniche sulle coste; il valore di PSD (Power Spectral Density, Andamento della Funzione di Densità Spettrale) viene confrontato con la banda di frequenze considerate (*Castellaro S., Mulargia F., Bianconi L., Passive Seismic Stratigraphy: A new efficient, fast and economic technique).*



Modelli standard del rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la Terra.

L'andamento temporale di un "rumore" x(t) è quello tipico dei segnali "aleatori" e non può essere previsto per mezzo di leggi fisiche, note le condizioni iniziali. La caratteristica fondamentale di un segnale aleatorio è proprio legata alla sua non riproducibilità. Se ripetiamo lo stesso esperimento usando un "insieme" di apparati sperimentali equivalenti tra loro (detti "elementi dell'insieme"), ciascun apparato ("elemento") produrrà un rumore x(t) con andamento temporale diverso. Tuttavia, anche se non è possibile prevedere l'andamento temporale del rumore generato da ciascun elemento, è comunque possibile caratterizzarne il comportamento d'insieme, introducendo opportuni parametri statistici. Tali componenti spettrali vengono attenuate relativamente poco anche dopo tragitti di migliaia di chilometri per effetto di guida d'onda. A questo rumore di fondo, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie, etc) e naturali, che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20 Hz, a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce (Davide Bassi, misura della funzione di densità spettrale, Power Spectral Density, di un segnale aleatorio).

Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito.

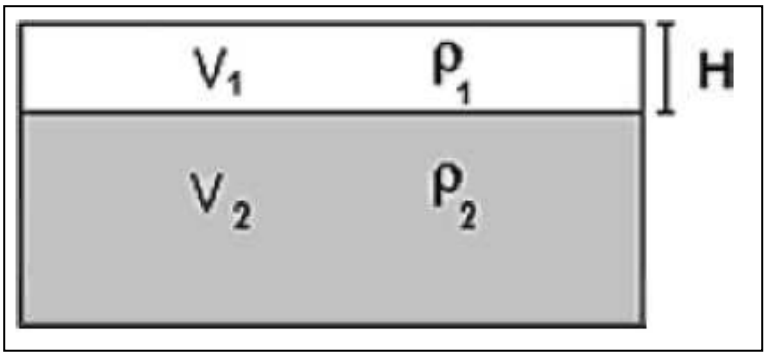
Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970).

La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo.

Inoltre, attraverso alcune metodologie (FK, SPAC) con l'impiego di opportuni algoritmi (es. Neighbourhood algorithm – Sambridge 1999), è possibile ottenere l'inversione delle curve dei rapporti H/V finalizzata alla determinazione dei profili di velocità delle onde S nel sottosuolo e quindi delle Vs30 richiesta dalle NTC08.

Le basi teoriche dell'H/V sono relativamente semplici in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato (1-D).

Consideriamo il sistema della figura 21 in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità (ρ1 ed ρ2) e le diverse velocità delle onde sismiche (V1 e V2). Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene (parzialmente) riflessa dall'interfaccia che separa i due strati.



Mezzo a 2 strati caratterizzati da densità ρ e velocità di propagazione V.

Così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (l) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato. La frequenza fondamentale di risonanza (fr) dello strato 1 relativa alle onde S (o P) è pari a:

$$fr = VSi/4H$$

I microtremori sono solo in parte costiuiti da onde di volume P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiale, in particolare da onde di Rayleigh. Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume, poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime e piche la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S.

Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1. Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle

frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione precedente.

L'inversione richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per:

- il contenuto in frequenza,
- la risposta strumentale,
- l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

La situazione, nel caso reale è spesso più complessa. Innanzitutto il modello di strato piano al di sopra del bedrock si applica molto raramente. Poi, la velocità aumenta con la profondità, possono esserci eterogeneità laterali importanti ed infine la topografia può non essere piana.

L'inversione di tremore a fini stratigrafici, nei casi reali, sfrutta quindi la tecnica del confronto degli spettri singoli e dei rapporti H/V misurati con quelli "sintetici", cioè con quelli calcolati rispettivamente al campo d'onde completo di un modello 1D, derivati con software di analisi sismica tipo EERA e/o PROSHAKE.

L'interpretazione è tanto più soddisfacente, ed il modello tanto più vicino alla realtà, quanto più i dati misurati e quelli sintetici sono vicini. Ciò avviene attraverso la stima di un parametro, **scostamento** (Misfit – M), che, varia solitamente tra 0 e 1 ove 0 rappresenta la perfetta corrispondenza del valore sperimentale con quello sintetico e 1 rappresenta uno scostamento notevole.

Il valore di M si calcola dalla relazione:

$$misfit = \sqrt{\sum_{i=0}^{n_F} \frac{(x_{di} - x_{ci})^2}{\sigma_i^2 n_F}},$$

dove *Xdi* è la velocità della curva di dati sperimentali alla frequenza fi, *Xci* è la velocità della curva calcolata alla frequenza fi, *sigma_i* è l'incertezza dei campioni di frequenza considerati e *nF* è il numero di campioni di frequenza considerati.

Nei casi particolari semplici (copertura + bedrock o bedrock like) le profondità z delle discontinuità sismiche sono state ricavate tramite la formula seguente:

$$V_i = V_0\left((z_n + 1)^\alpha - (z_0 + 1)^\alpha + 1\right),$$

dove *z0* è l'inizio dello strato considerato, *V0* è la velocità a *z0* e *alfa* è l'esponente power-law, generalmente variante tra 0 e 1.

Per calcolare la dispersion – curve, la funzione Vi(z) è discretizzata in un numero fisso di sublayers omogenei. Il loro numero è generalmente mantenuto il più basso possibile (tra 5 e 10) per evitare un aumento drastico del tempo di calcolo di inversione. Nei casi più complessi per calcolare la dispersion – curve si creano una serie di modelli teorici (costituiti da combinazioni di una successione di strati con spessore H, Vs, Vp e densità ro variabili) da confrontare con quello sperimentale, fino a considerare per buono il modello teorico più vicino alle curve sperimentali.

Per l'acquisizione dei microtremori (metodo dei rapporti spettrali H.V.S.R.) è stato impiegato un tromografo digitale della Micromed S.p.A. di Magliano Veneto mod. Tromino Engy 3G.

L'acquisizione è avvenuta con una finestra temporale di 20 min e frequenza pari a 128 Hz; lo strumento è dotato di n. 3 canali velocimetri e n. 3 canali accelerometrici.

Per le analisi dei dati acquisiti si è adottato il software prodotto dalla Micromed S.p.A. *Grilla* ed i dati sono stati elaborati sulla base di quanto prescritto nelle Linee Guida SESAME (2005).

Il documento che stabilisce le linee guida per l'esecuzione di indagini HVSR, redatto nell'ambito del progetto SESAME, indica una serie di criteri che la curva risultante dall'indagine e l'area circostante la frequenza di picco, o *f0*, dovrebbero soddisfare, noti come criteri SESAME.

Il fatto che i criteri siano soddisfatti non implica necessariamente che l'indagine sia stata effettuata correttamente; viceversa, quando i criteri non sono soddisfatti non significa che l'indagine sia da scartare a priori. In ogni caso, la verifica del rispetto di questi criteri si rivela spesso utile per determinare se l'indagine è rilevante dal punto di vista geofisico o se ci sia la necessità di approfondire ulteriormente la situazione.

I criteri SESAME, come riportati nel documento ufficiale, sono elencati nel prospetto seguente:

Criteria for a reliable H/V curve

i) $f_0 > 10 / l_w$

and

ii) $n_c (f_0) > 200$

and

iii) $\sigma_A(f)<2$ for $0.5f_0<f<2f_0$ if $f0>0.5Hz$

or $\sigma_A(f)<3$ for $0.5f_0<f<2f_0$ if $f0<0.5Hz$

Criteria for a clear H/V peak

(at least 5 out of 6 criteria fulfilled)

i) $\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$

ii) $\exists f^+ \in [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$

iii) $A_0 > 2$

iv) $f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$

v) $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$

vi) $\sigma_A(f_0) < \theta (f_0)$

- l_w = window length
- n_w = number of windows selected for the average H/V curve
- $n_c = l_w \cdot n_w \cdot f_0$ = number of significant cycles
- f = current frequency
- f_{sensor} = sensor cut-off frequency
- f_0 = H/V peak frequency
- σ_f = standard deviation of H/V peak frequency ($f_0 \pm \sigma_f$)
- $\varepsilon (f_0)$ = threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
- A_0 = H/V peak amplitude at frequency f_0
- $A_{H/V} (f)$ = H/V curve amplitude at frequency f
- f^- = frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
- f^+ = frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
- $\sigma_A (f)$ = "standard deviation" of $A_{H/V} (f)$, $\sigma_A (f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
- $\sigma_{logH/V} (f)$ = standard deviation of the $\log A_{H/V}(f)$ curve, $\sigma_{logH/V} (f)$ is an absolute value which should be added to or subtracted from the mean $\log A_{H/V}(f)$ curve
- $\theta (f_0)$ = threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$
- $V_{s,av}$ = average S-wave velocity of the total deposits
- $V_{s,surf}$ = S-wave velocity of the surface layer
- h = depth to bedrock
- h_{min} = lower-bound estimate of h

Threshold Values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Frequency 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	0.20 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta (f_0)$ for $\sigma_A (f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta (f_0)$ for $\sigma_{logH/V} (f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Criteri SESAME 2005 per la valutazione della significatività del picco ottenuto.

1) I primi 3 criteri della tabella SESAME (2005) dicono se la registrazione sia stata condotta per un tempo sufficientemente lungo rispetto alla frequenza del picco considerata. E' opportuno che questi 3 criteri siano tutti soddisfatti; se cosi non fosse, tipicamente è necessario rianalizzare la registrazione aumentando il parametro WINDOW SIZE.

2) I secondi 6 criteri della tabella SESAME (2005) dicono se il picco e significativo da un punto di vista statistico. E' bene che ne siano soddisfatti il maggior numero possibile ma si ricorda che eventuali NO su tutte le righe non implicano necessariamente che la registrazione sia stata effettuata male ma implicano che non ci sono picchi significativi. Una registrazione su roccia sana darebbe NO su tutti questi criteri.

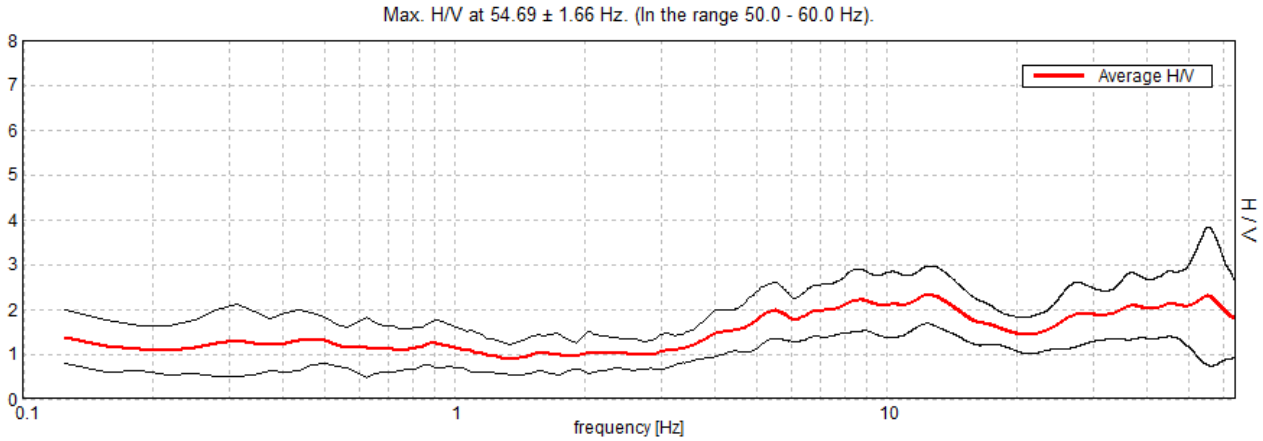
Si riporta di seguito il tabulato di elaborazione del software *Grilla*.

SANSEPOLCRO, VIA RICCI

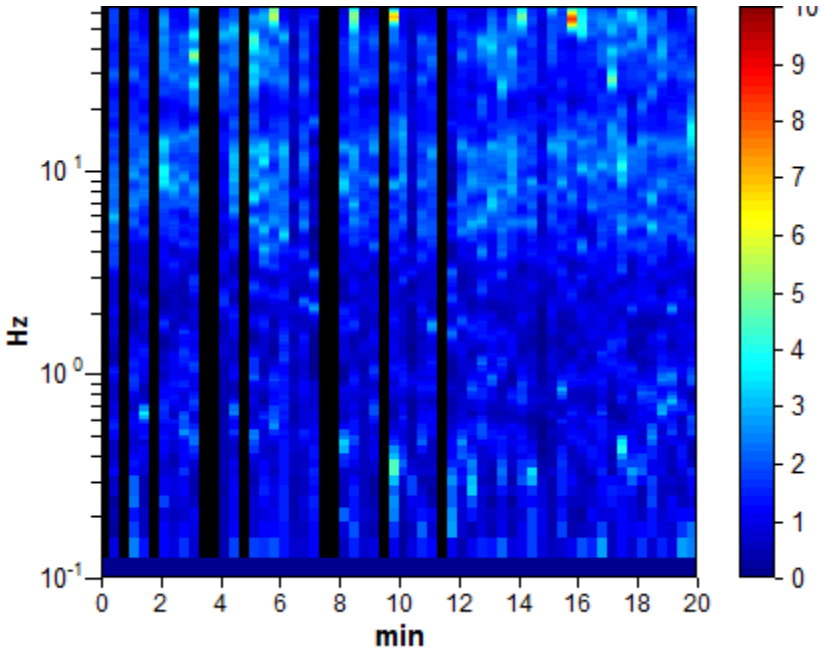
Strumento: TE3-0013/01-13
Inizio registrazione: 25/10/13 09:33:58 Fine registrazione: 25/10/13 09:53:58
Tipo di lisciamento: Triangular window
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 83% tracciato (selezione manuale)
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

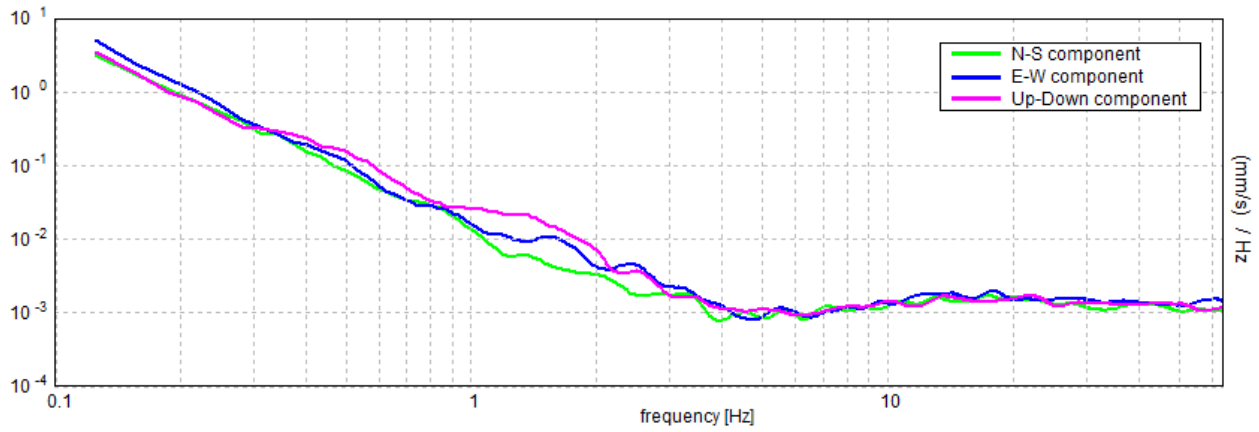
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



SERIE TEMPORALE H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



LINEE GUIDA SESAME (2005)

Picco H/V a 54.69 ± 1.66 Hz (nell'intervallo 50.0 - 60.0 Hz).

f0 > 10 / Lw: 54.69 > 0.50 [OK]
nc(f0) > 200: 54687.5 > 200 [OK]
sA(f) < 2 for 0.5f0 < f < 2f0 if f0 > 0.5Hz
sA(f) < 3 for 0.5f0 < f < 2f0 if f0 < 0.5Hz Superato 0 volte su 1174 [OK]

.....

-1.0 Hz [NO]
Esiste f+ in [f0, 4f0] | A_H/V(f+) < A0 / 2: -1.0 Hz [NO]
A0 > 2: 2.30 > 2 [OK]
f_picco[A_H/V(f) ± sA(f)] = f0 ± 5%: |0.03034| < 0.05 [OK]
sf < e(f0): 1.65915 < 2.73438 [OK]
sA(f0) < q(f0): 1.5331 < 1.58 [OK]

35

INDAGINE GEOFISICA MEDIANTE TECNICA DI SUPERFICIE M.A.S.W.

MASW è l'acronimo di **Multi-channel Analysis of Surface Waves (Analisi Multi-canale di Onde di Superficie)**. Ciò indica che il fenomeno che si analizza è la propagazione delle onde di superficie. Più specificatamente si analizza la **dispersione** delle onde di superficie (cioè il fatto che frequenze diverse - cioè lunghezze d'onda diverse - viaggiano a velocità diversa). Il principio base è piuttosto semplice: le varie componenti (frequenze) del segnale (cioè del segnale sismico che si propaga) viaggiano ad una velocità che dipende dalle caratteristiche del mezzo. Più specificatamente: le lunghezze d'onda più ampie (cioè le frequenze più basse) sono influenzate dalla parte più profonda (in altri termini **sentono** gli strati più profondi), mentre le piccole lunghezze d'onda (le frequenze più alte) dipendono dalle caratteristiche della parte più superficiale. Poiché tipicamente la velocità delle onde sismiche aumenta con la profondità, ciò si rifletterà nel fatto che le frequenze più basse (delle onde di superficie) viaggeranno ad una velocità maggiore rispetto le frequenze più alte. Quindi la tipica curva di dispersione si presenta secondo un **trend** del genere riportato nella seguente figura (nella quale sono riportate le curve di dispersione sia delle onde di Rayleigh che di Love per un tipico modello). Tradizionalmente le **MASW** sono effettuate tramite analisi delle onde di Rayleigh (che vengono registrate tramite i comuni geofoni a componente verticale - quelli usati per la comune rifrazione in onde compressionali - e considerando una comunissima sorgente ad impatto verticale, cioè la classica martellata).

Questo avviene per almeno 2 motivi:

1. tali geofoni (e tale modalità di acquisizione) sono sicuramente i più semplici e comuni.
2. la propagazione e dispersione delle onde di Rayleigh si verifica senza problemi anche in caso di canali a bassa velocità (inversioni di velocità) che, come sappiamo, risultano invisibili per la rifrazione (i cui risultati vengono anzi inficiati dalla presenza di inversioni di velocità!).

D'altro canto sfruttare la dispersione delle onde di Love (assieme a quella delle onde di Rayleigh) rappresenta una nuova interessantissima frontiera per la analisi **MASW** (vedi manuale **winMASW** per ulteriori informazioni) (si ricorda qui come l'utilizzo delle onde di Love si possibile solo con la tecnica **MASW** e non in passiva con la **ReMi**). Pertanto poiché la dispersione delle onde di superficie dipende dalle caratteristiche del sottosuolo (dalle sue variazioni verticali), dalla determinazione delle curve di dispersione è possibile ricavare le caratteristiche del mezzo (i parametri fondamentali sono la velocità delle onde di taglio e lo spessore degli strati).

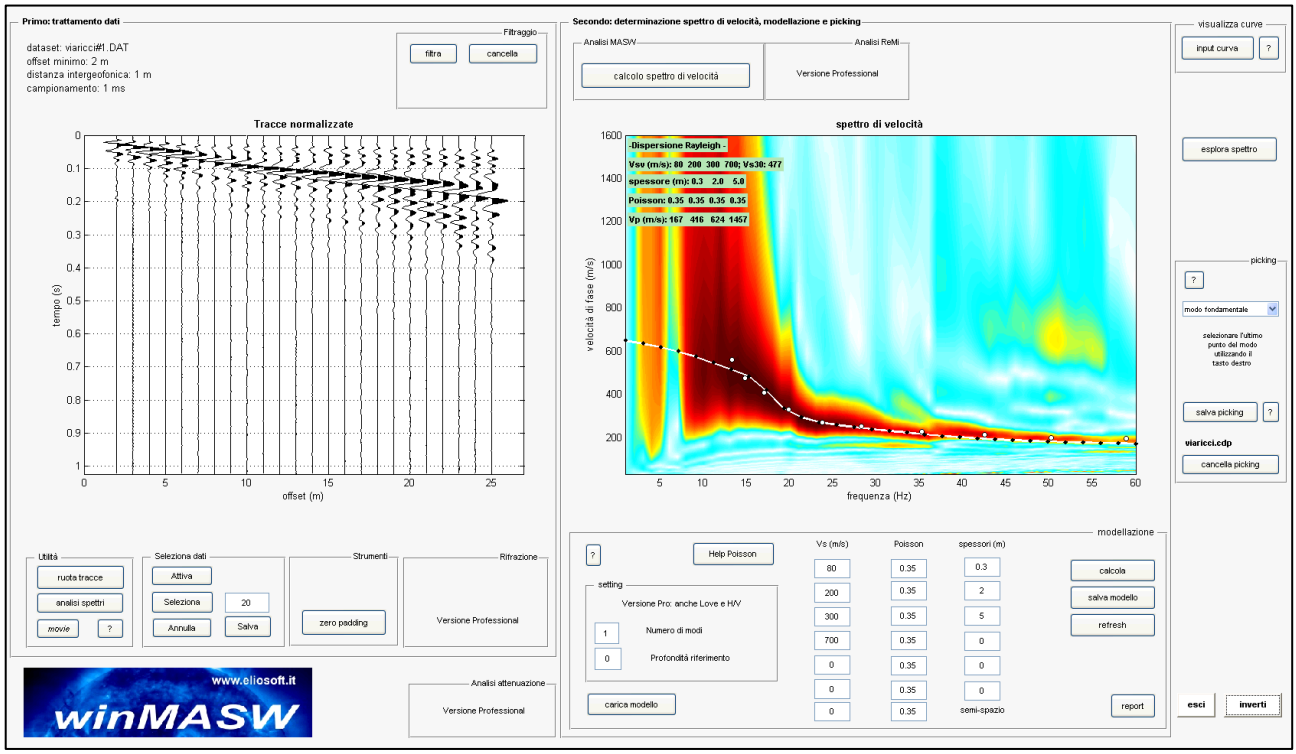
Per l'acquisizione della linea sismica di superficie è stato impiegato un sismografo della P.A.S.I. s.r.l. di Torino mod. 16S24U a 24 canali.

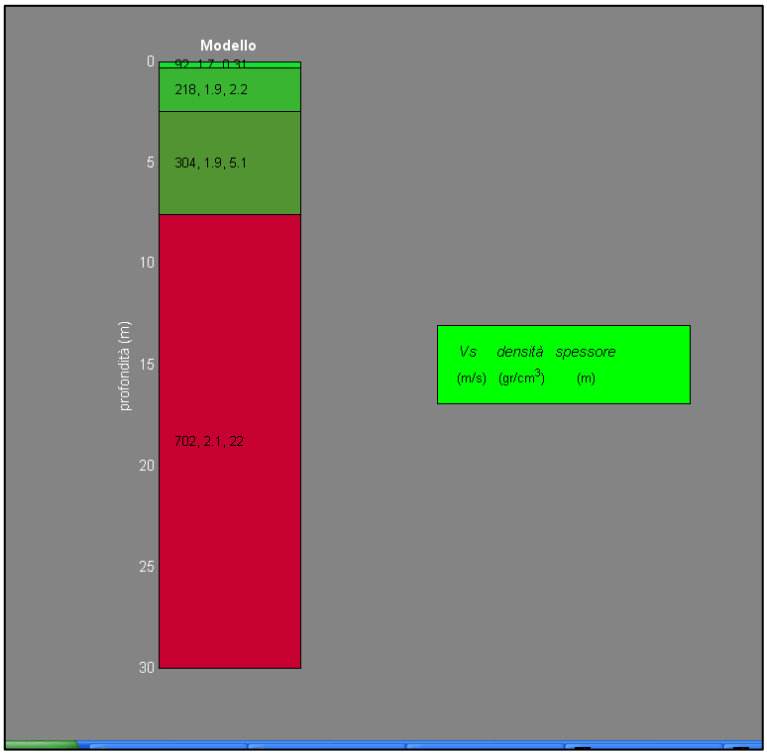
L'acquisizione delle onde di Rayleigh è avvenuta tramite uno stendimento sismico a 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4.5 Hz distanziati ognuno di 1.0 m per una lunghezza complessiva dello stendimento pari a 23 m.

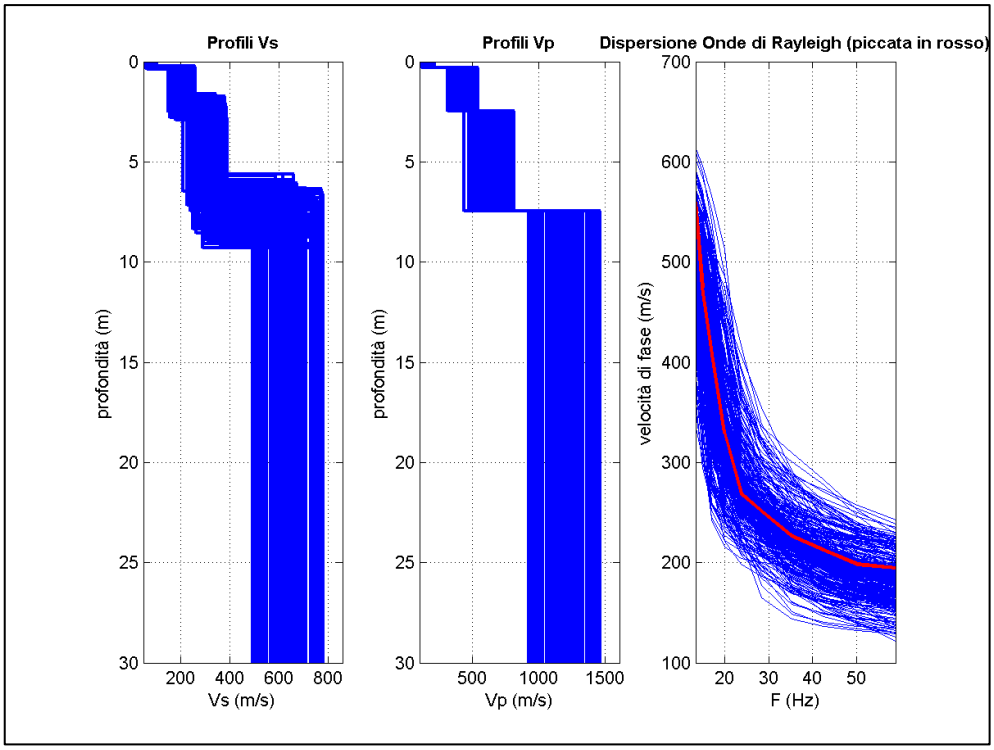
Nell'ambito della fase di acquisizione sono stati effettuati n. 3 shot (tiri, energizzazioni mediante mazza di battuta del peso di 8 Kg) esternamente al profilo con offset di 2, 5 e 10 m dal geofono G24.

Per le analisi dei dati acquisiti si è adottato il software prodotto dalla Eliosoft *winMASW* Standard ed i dati *MASW* sono stati elaborati per ricostruire il profilo verticale della velocità equivalente delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità (Vs30).

Si riporta di seguito il tabulato di elaborazione del software *winMASW* Standard.

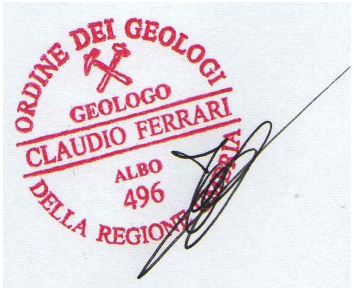






Si rilascia per gli usi consentiti.

Spoleto, addì 25 Ottobre 2013.



Risultati winMASW Standard: principali dati

Per ulteriori dati risultanti delle analisi svolte vedi il file "winMASW_report.txt".

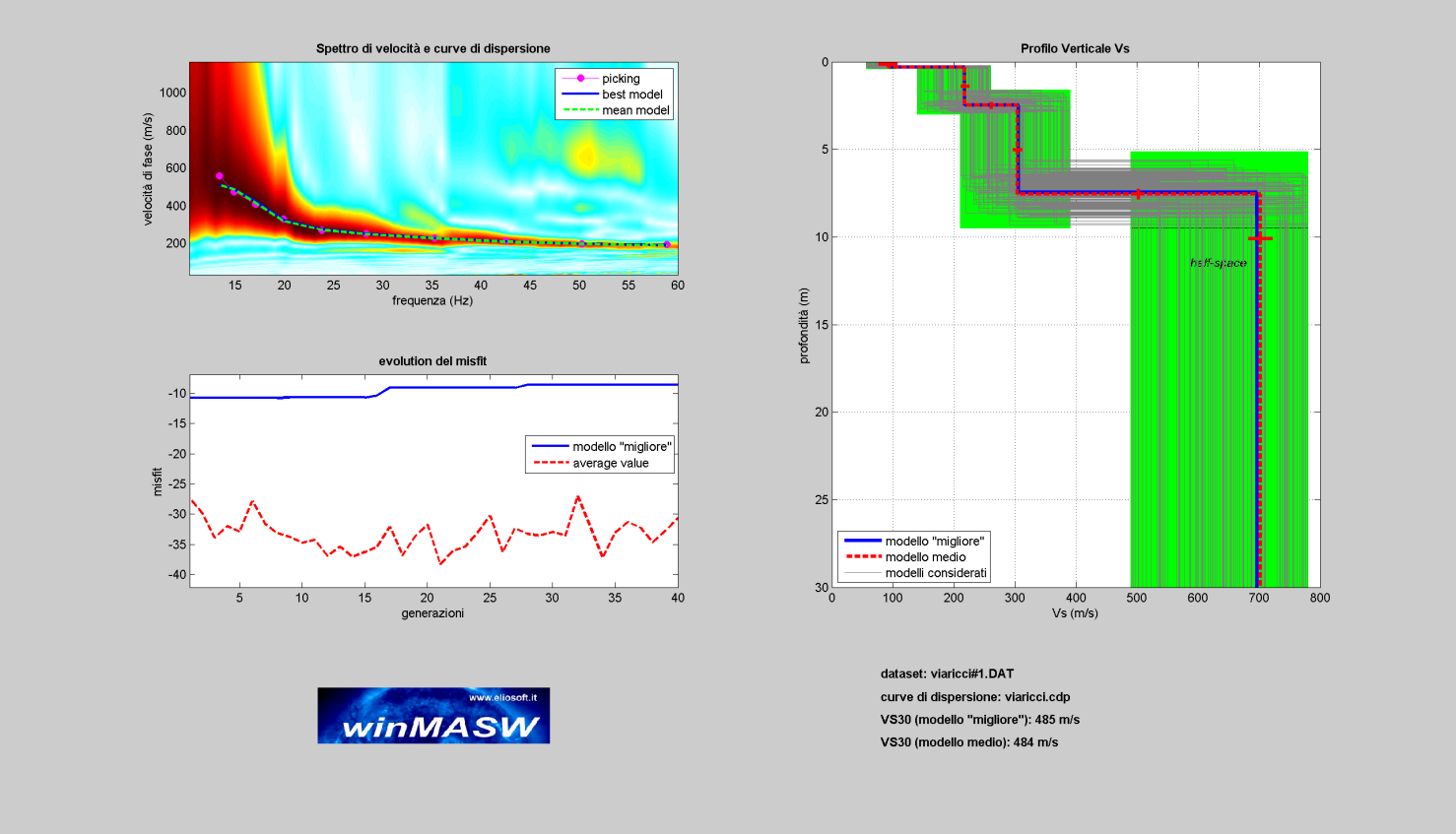
www.eliosoft.it

Data: 25 10 2013

Ora: 16 21

Dataset: viaricci#1.DAT

Curva analizzata: viaricci.cdp



Modello medio

Vs (m/s): 92, 218, 304, 702

Deviazioni Standard (m/s): 15, 7, 8, 20

Spessori (m): 0.3, 2.2, 5.1

Deviazioni Standard (m): 0.0, 0.2, 0.3

Tipo di analisi: onde di Rayleigh

Stima approssimativa di Vp, densità e moduli elastici (VEDI MANUALE)

Stima VP (m/s): 192, 454, 633, 1313

Stima densità (gr/cm3): 1.66, 1.86, 1.94, 2.12

Stima modulo di Poisson: 0.35, 0.35, 0.35, 0.30

Stima modulo di taglio (MPa): 14, 89, 180, 1045

Stima modulo di compressione (MPa): 42, 266, 539, 2262

Stima modulo di Young (MPa): 38, 239, 485, 2716

Stima modulo di Lamé (MPa): 33, 207, 419, 1565

Vs30 (m/s): 484

ATTENZIONE

La classificazione del terreno è di pertinenza dell'utente che ne deve valutare la tipologia sulla base della normativa e del profilo verticale Vs.

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008):

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi,caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30> 250 kPa nei terreni a grana fina).

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).

D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).

E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s).

S1 - Depositi di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori 100 m/s (ovvero 10 < cuS30 < 20 kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

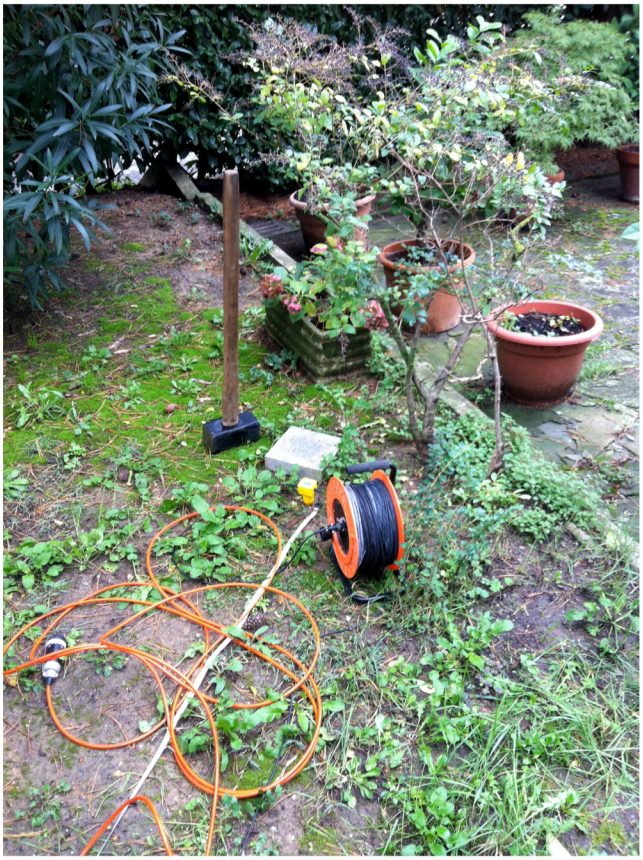
S2 - Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

winMASW Standard

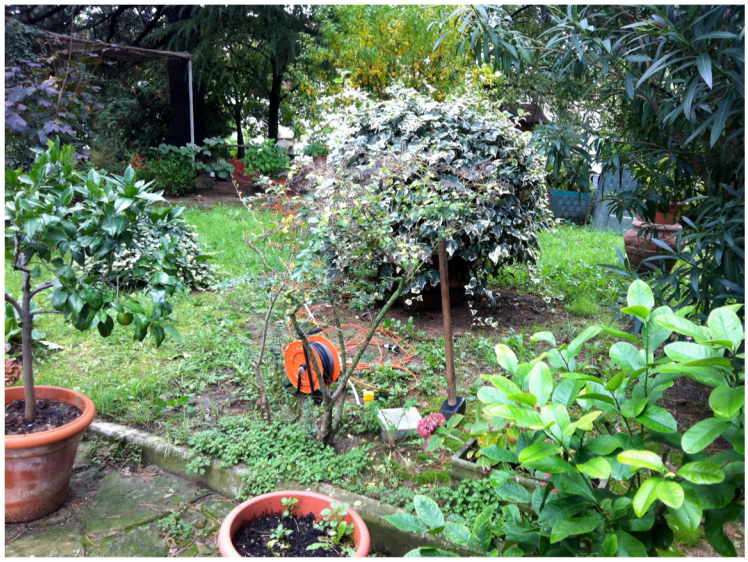
Software per la determinazione dello spettro di velocità, la modellazione, l'inversione delle curve di dispersione e l'analisi delle curve di attenuzione per la stima dei fattori di qualità Q secondo il metodo MASW - Multichannel Analysis of Surface Waves

www.eliosoft.it

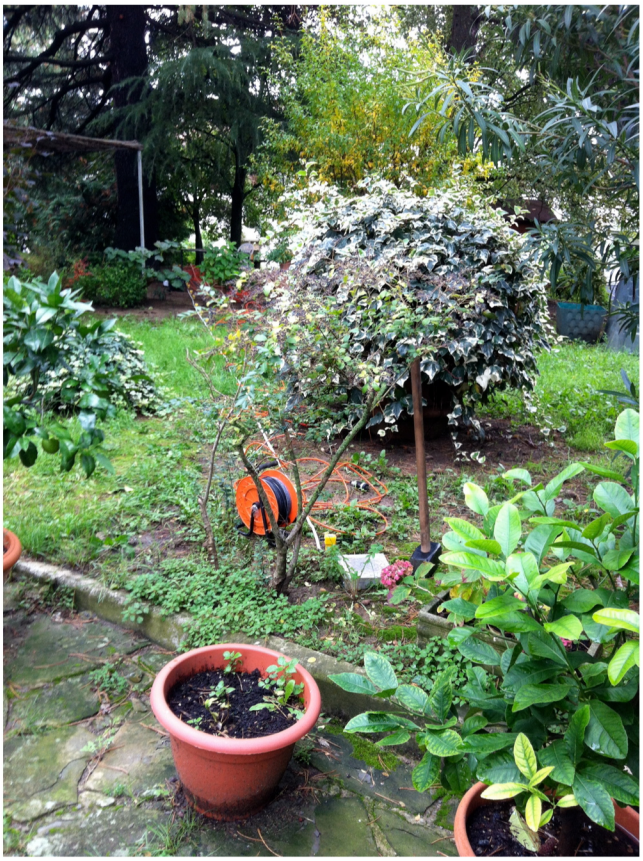
1254



1255



1256



1257

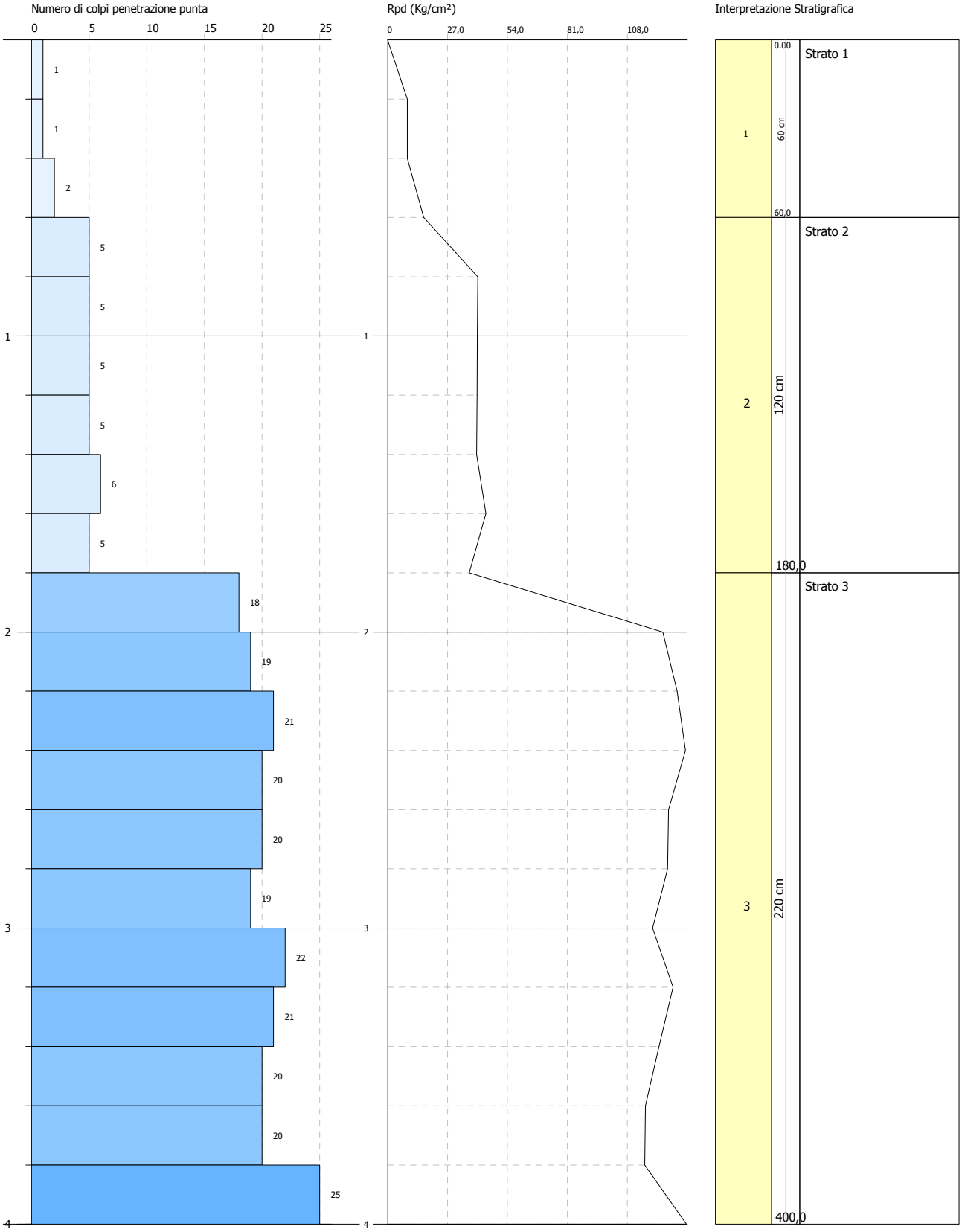
GEOSTRU Software
Via Lungo Ferrovia 22
Tel 0039 0964 911624 FAX 0039 0964 992341 geostru@geostru.com

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

Committente: Dott. Geol. Giampiero Cheli
Cantiere: Via Don Ivano Ricci
Località: Sansepolcro (AR)

Data: 25/10/2013

Scala 1:19



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
Strato 1	1,04	0,60	Terzaghi-Peck	0,07
Strato 2	4,05	1,80	Terzaghi-Peck	0,25
Strato 3	16,01	4,00	Terzaghi-Peck	1,08

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato 1	1,04	0,60	Robertson (1983)	2,08
Strato 2	4,05	1,80	Robertson (1983)	8,10
Strato 3	16,01	4,00	Robertson (1983)	32,02

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm²)
Strato 1	1,04	0,60	Stroud e Butler (1975)	4,77
Strato 2	4,05	1,80	Stroud e Butler (1975)	18,58
Strato 3	16,01	4,00	Stroud e Butler (1975)	73,45

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm²)
Strato 1	1,04	0,60	Apollonia	10,40
Strato 2	4,05	1,80	Apollonia	40,50
Strato 3	16,01	4,00	Apollonia	160,10

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	1,04	0,60	Classificaz. A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
Strato 2	4,05	1,80	Classificaz. A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato 3	16,01	4,00	Classificaz. A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato 1	1,04	0,60	Meyerhof ed altri	1,48
Strato 2	4,05	1,80	Meyerhof ed altri	1,70
Strato 3	16,01	4,00	Meyerhof ed altri	2,08

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato 1	1,04	0,60	Meyerhof ed altri	1,84
Strato 2	4,05	1,80	Meyerhof ed altri	1,87
Strato 3	16,01	4,00	Meyerhof ed altri	--

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	1,04	0,60	1,04	Gibbs & Holtz 1957	24,9
Strato 2	4,05	1,80	4,05	Gibbs & Holtz 1957	45,58

Strato 3	16,01	4,00	16,01	Gibbs & Holtz 1957	79,8

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	1,04	0,60	1,04	Sowers (1961)	28,29
Strato 2	4,05	1,80	4,05	Sowers (1961)	29,13
Strato 3	16,01	4,00	16,01	Sowers (1961)	32,48

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm^2)
Strato 1	1,04	0,60	1,04	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato 2	4,05	1,80	4,05	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato 3	16,01	4,00	16,01	Bowles (1982) Sabbia Media	155,05

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm^2)
Strato 1	1,04	0,60	1,04	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	29,60
Strato 2	4,05	1,80	4,05	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	35,78
Strato 3	16,01	4,00	16,01	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	60,35

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	1,04	0,60	1,04	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
Strato 2	4,05	1,80	4,05	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
Strato 3	16,01	4,00	16,01	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m^3)
Strato 1	1,04	0,60	1,04	Meyerhof ed altri	1,35
Strato 2	4,05	1,80	4,05	Meyerhof ed altri	1,50
Strato 3	16,01	4,00	16,01	Meyerhof ed altri	1,91

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m^3)
Strato 1	1,04	0,60	1,04	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,86
Strato 2	4,05	1,80	4,05	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,88
Strato 3	16,01	4,00	16,01	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,96

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	1,04	0,60	1,04	(A.G.I.)	0,35
Strato 2	4,05	1,80	4,05	(A.G.I.)	0,35
Strato 3	16,01	4,00	16,01	(A.G.I.)	0,32

Modulo di deformazione a taglio dinamico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	1,04	0,60	1,04	Ohsaki (Sabbie pulite)	67,44
Strato 2	4,05	1,80	4,05	Ohsaki (Sabbie pulite)	242,06
Strato 3	16,01	4,00	16,01	Ohsaki (Sabbie pulite)	881,13

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	1,04	0,60	1,04	Ohta & Goto (1978) Limi	54,595
Strato 2	4,05	1,80	4,05	Ohta & Goto (1978) Limi	90,26
Strato 3	16,01	4,00	16,01	Ohta & Goto (1978) Limi	135,745

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm³)
Strato 1	1,04	0,60	1,04	Navfac 1971-1982	0,03
Strato 2	4,05	1,80	4,05	Navfac 1971-1982	0,76
Strato 3	16,01	4,00	16,01	Navfac 1971-1982	3,32

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato 1	1,04	0,60	1,04	Robertson 1983	2,08
Strato 2	4,05	1,80	4,05	Robertson 1983	8,10
Strato 3	16,01	4,00	16,01	Robertson 1983	32,02

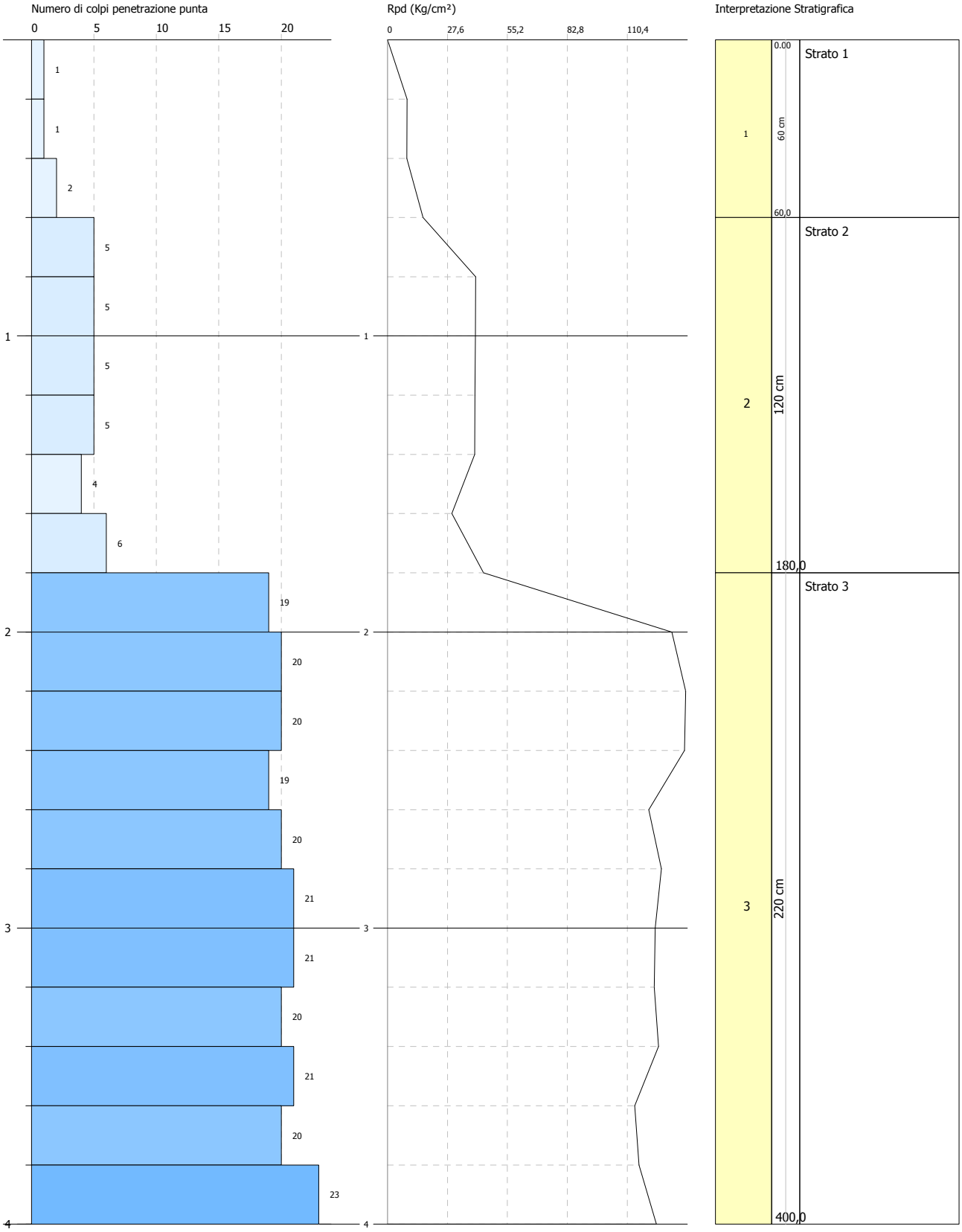
GEOSTRU Software
Via Lungo Ferrovia 22
Tel 0039 0964 911624 FAX 0039 0964 992341 geostru@geostru.com

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

Committente: Dott. Geol. Giampiero Cheli
Cantiere: Via Don Ivano Ricci
Località: Sansepolcro (AR)

Data: 25/10/2013

Scala 1:19



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
Strato 1	1,96	0,60	Terzaghi-Peck	0,12
Strato 2	7,35	1,80	Terzaghi-Peck	0,46
Strato 3	29,93	4,00	Terzaghi-Peck	2,02

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato 1	1,96	0,60	Robertson (1983)	3,92
Strato 2	7,35	1,80	Robertson (1983)	14,70
Strato 3	29,93	4,00	Robertson (1983)	59,86

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm²)
Strato 1	1,96	0,60	Stroud e Butler (1975)	8,99
Strato 2	7,35	1,80	Stroud e Butler (1975)	33,72
Strato 3	29,93	4,00	Stroud e Butler (1975)	137,32

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm²)
Strato 1	1,96	0,60	Apollonia	19,60
Strato 2	7,35	1,80	Apollonia	73,50
Strato 3	29,93	4,00	Apollonia	299,30

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	1,96	0,60	Classificaz. A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
Strato 2	7,35	1,80	Classificaz. A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato 3	29,93	4,00	Classificaz. A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato 1	1,96	0,60	Meyerhof ed altri	1,56
Strato 2	7,35	1,80	Meyerhof ed altri	1,87
Strato 3	29,93	4,00	Meyerhof ed altri	2,16

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato 1	1,96	0,60	Meyerhof ed altri	1,85
Strato 2	7,35	1,80	Meyerhof ed altri	1,90
Strato 3	29,93	4,00	Meyerhof ed altri	2,37

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	1,96	0,60	1,96	Gibbs & Holtz 1957	34,18
Strato 2	7,35	1,80	7,35	Gibbs & Holtz 1957	61,24

Strato 3	29,93	4,00	29,93	Gibbs & Holtz 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	1,96	0,60	1,96	Sowers (1961)	28,55
Strato 2	7,35	1,80	7,35	Sowers (1961)	30,06
Strato 3	29,93	4,00	29,93	Sowers (1961)	36,38

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	1,96	0,60	1,96	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato 2	7,35	1,80	7,35	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato 3	29,93	4,00	29,93	Bowles (1982) Sabbia Media	224,65

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	1,96	0,60	1,96	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	31,49
Strato 2	7,35	1,80	7,35	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	42,56
Strato 3	29,93	4,00	29,93	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	88,94

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	1,96	0,60	1,96	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
Strato 2	7,35	1,80	7,35	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
Strato 3	29,93	4,00	29,93	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	1,96	0,60	1,96	Meyerhof ed altri	1,40
Strato 2	7,35	1,80	7,35	Meyerhof ed altri	1,63
Strato 3	29,93	4,00	29,93	Meyerhof ed altri	2,14

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	1,96	0,60	1,96	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,87
Strato 2	7,35	1,80	7,35	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,90
Strato 3	29,93	4,00	29,93	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	1,96	0,60	1,96	(A.G.I.)	0,35
Strato 2	7,35	1,80	7,35	(A.G.I.)	0,34
Strato 3	29,93	4,00	29,93	(A.G.I.)	0,3

Modulo di deformazione a taglio dinamico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	1,96	0,60	1,96	Ohsaki (Sabbie pulite)	122,36
Strato 2	7,35	1,80	7,35	Ohsaki (Sabbie pulite)	423,86
Strato 3	29,93	4,00	29,93	Ohsaki (Sabbie pulite)	1586,55

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	1,96	0,60	1,96	Ohta & Goto (1978) Limi	60,921
Strato 2	7,35	1,80	7,35	Ohta & Goto (1978) Limi	100,062
Strato 3	29,93	4,00	29,93	Ohta & Goto (1978) Limi	151,262

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm³)
Strato 1	1,96	0,60	1,96	Navfac 1971-1982	0,26
Strato 2	7,35	1,80	7,35	Navfac 1971-1982	1,52
Strato 3	29,93	4,00	29,93	Navfac 1971-1982	5,60

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato 1	1,96	0,60	1,96	Robertson 1983	3,92
Strato 2	7,35	1,80	7,35	Robertson 1983	14,70
Strato 3	29,93	4,00	29,93	Robertson 1983	59,86

L. R. 56/97: PROGRAMMA VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI LOCALI

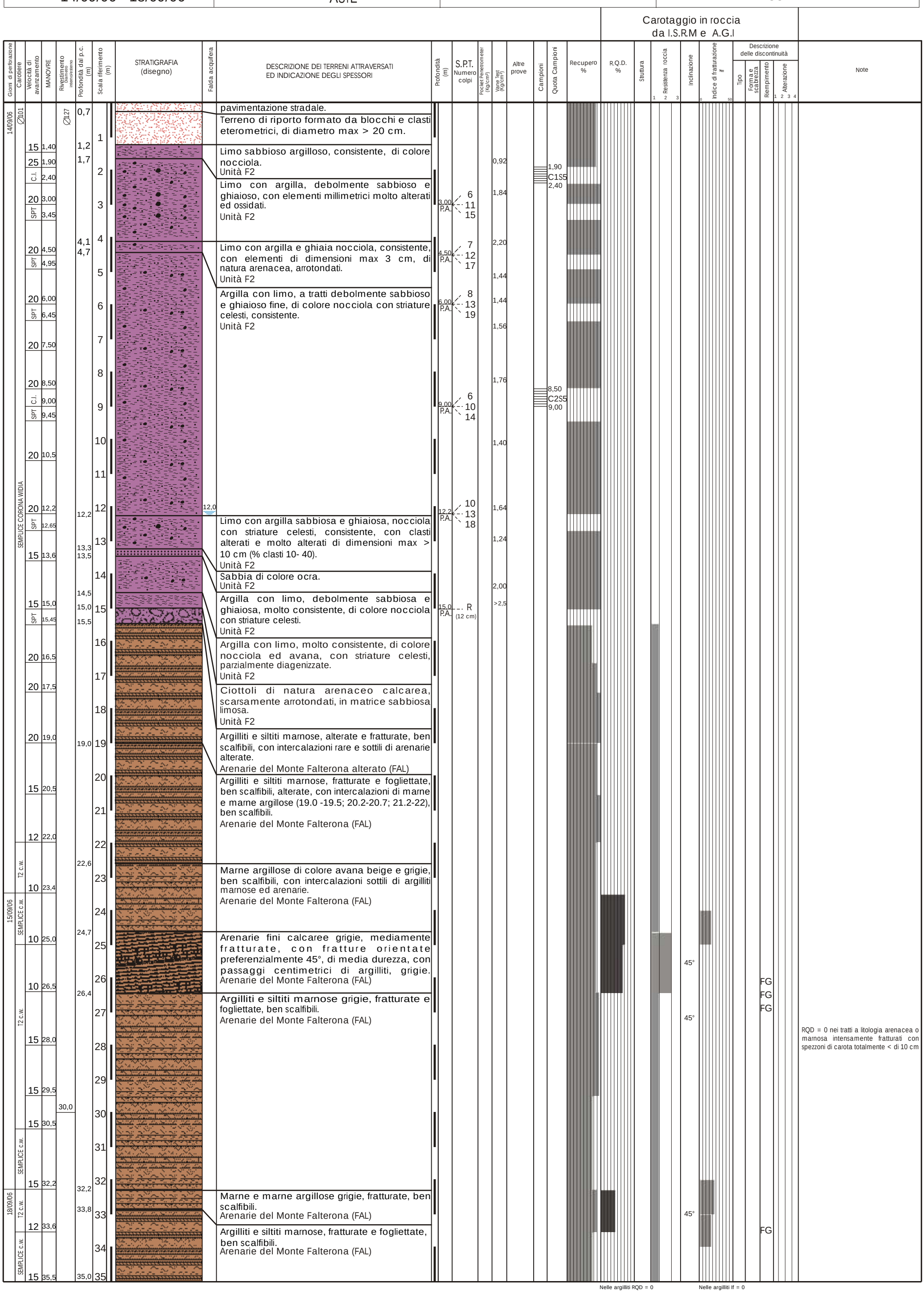
REGIONE TOSCANA - DIREZIONE GENERALE POLITICHE TERRITORIALI E AMBIENTALI - SERVIZIO SISMICO REGIONALE

PROVINCIA DI AREZZO — COMUNE DI SANSEPOLCRO

CANTIERE	SONDAGGIO N.	GEOLOGO INCARICATO PER L' ASSISTENZA AL SONDAGGIO	GEOLOGO DELL' IMPRESA	SONDATORE - IMPRESA ESECUTRICE
ASILO NIDO IL CUCCIOLO	S 5	FRANCESCO VANNINI	DARIO SENESI	SOILTEST - Sig. Ciocca G.

QUOTA ASS. P.C.	COORDINATE X Y	TIPO DI SONDA (marca, modello, coppia motrice)	TIPO DI FLUIDO	STRUMENTAZIONE IN FORO E SUA PROFONDITA'
339	1753845 4829356	COMACCHIO C600 - 1200	ACQUA	PVC F 8 mm - 35 m

DATA INIZIO/FINE	METODO DI PERFORAZIONE (aste o wire line)	CASSE CATALOGATRICI N.	PROFONDITA' RAGGIUNTA
14/09/06 - 18/09/06	ASTE	7	35 m



RILEVAMENTO DELLA FALDA

Durante la perforazione

Data	Ora	Livello	Rivestimento	Profondità sondaggio
14-set-06	17.00	0,3	21	23,4
15-set-06	8.00	11,8	21	23,4
15-set-06	17.00	0,5	30	32,2
18-set-06	8.00	12,2	30	32,2

NOTE

CAMPIONI INDISTURBATI

Shelby — Denison

Osterberg — Percussione

Mazier — Disturbato

NOTE

Velocità di avanzamento:
B = bassa
M = media
A = alta
C = continua
D = discontinua

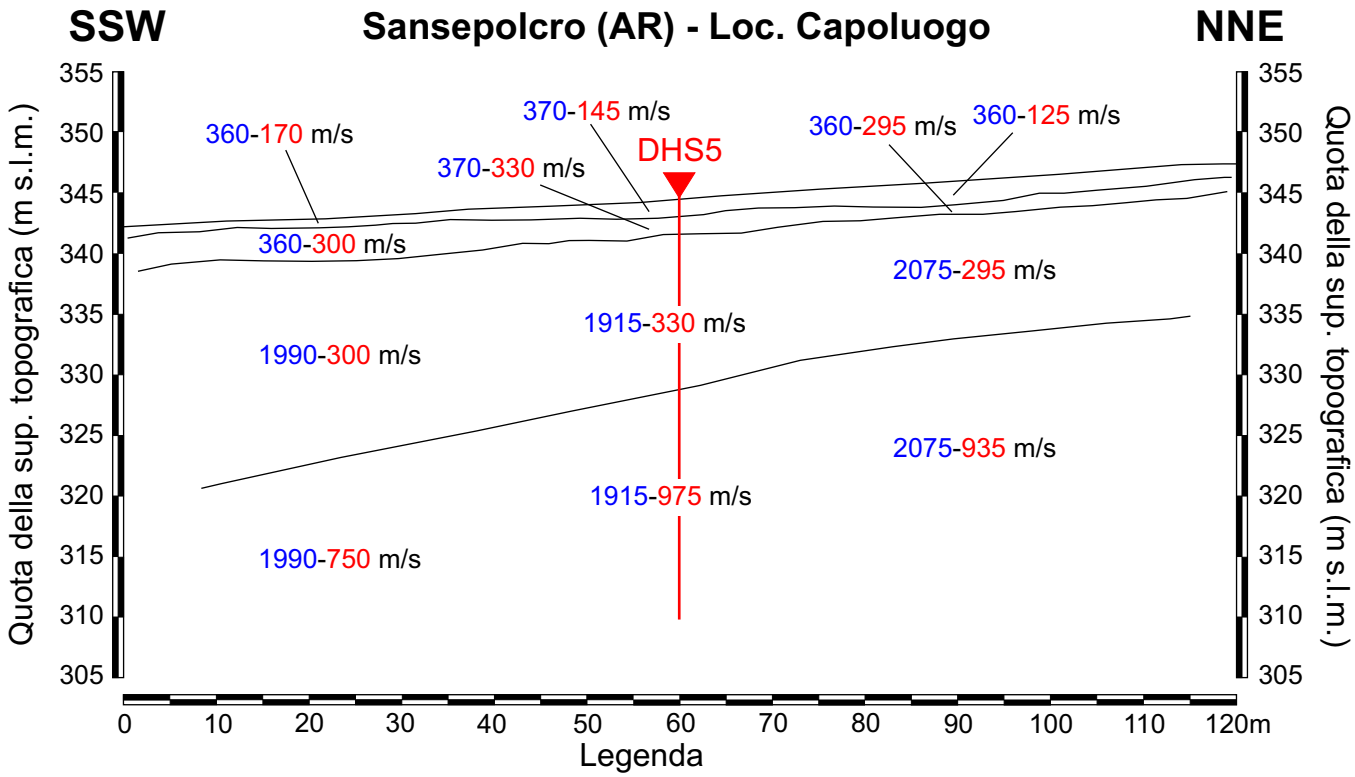
Carotiere:
Perorazione a carotaggio continuo
S = semplice
D = doppio
c.d. = corona diamantata
c.w. = Corona widia

Perforazione a distruzione di nucleo
tr = tricono
s = scalpello a n. lame
M = martello ad aria comp. A fondo foro

Dir. Gen. delle Politiche Territoriali e Ambientali **SERVIZIO SISMICO REGIONALE**	COMMITTENTE: Regione Toscana	DATA CONSEGNA: ottobre 2005	RIELABORAZIONE E REVISIONE DATI: Vittorio D'Intinosante-SSR (02/2008)
	DITTA ESECUTRICE: Methodo S.r.l.	PROGRAMMA: VEL	REVISIONE ESEGUITA: conferma della versione fornita dalla Ditta

STESA SISMICA A RIFRAZIONE St26 - ONDE P ed SH

Sansepolcro (AR) - Loc. Capoluogo



Legenda

360 m/s Velocità sismica onde P in metri al secondo

170 m/s Velocità sismica onde SH in metri al secondo

DHS4 Ubicazione prova down-hole in onde P ed SH

NOTE: L'elaborazione delle dromocrone porta a due sezioni sismostratigrafiche, in onde P ed in onde SH, congruenti. Pertanto viene utilizzata un'unica sezione grafica, valida per entrambe le energizzazioni. Nella sezione vengono rappresentati i sismostrati individuati, indicando le rispettive velocità di propagazione delle onde P (in blu) e delle onde SH (in rosso). Lungo la sezione è indicato il punto di realizzazione delle indagini geofisiche in foro (prove down-hole in onde P ed SH), con relativa profondità. In particolare, la prova down-hole DHS5 è ubicata 13m a W della stesa sismica. Buona la corrispondenza in termini sismostratigrafici con le stese sismiche St22, ubicata a Nord nella medesima direzione ad una distanza di circa 70m, con la stesa sismica St28, realizzata circa 80m a SE, con la stesa St4, ubicata 600m ad W, ed infine con il DHS1, posto 180m a S.

VALIDAZIONE DATI: La ricostruzione della sezione, elaborata nella fase di omogeneizzazione, considerando il quadro geologico di riferimento, ha confermato, per quanto attiene alla sezione sismostratigrafica, la versione fornita dalla Ditta esecutrice dell'indagine. Pertanto, in questo caso si è provveduto soltanto all' omogeneizzazione del formato grafico della sezione.

Normative di riferimento

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. 16 Gennaio 1996
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)

Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a **1.10**.
Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.
In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.
Nella descrizione dei metodi di calcolo si adotterà la seguente simbologia:

l	lunghezza della base della striscia
⇨	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
b	larghezza della striscia b=l x cos(⇨)
←	angolo di attrito lungo la base della striscia
c	coesione lungo la base della striscia
→	peso di volume del terreno
u	pressione neutra
W	peso della striscia
N	sforzo normale alla base della striscia
T	sforzo di taglio alla base della striscia
$\mathbf{E_s}$, $\mathbf{E_d}$	forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
$\mathbf{X_s}$, $\mathbf{X_d}$	forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
$\mathbf{E_a}$, $\mathbf{E_b}$	forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
⇆**X**	variazione delle forze tangenziali sulla striscia ⇆$\mathbf{X = X_d - X_s}$
⇆**E**	variazione delle forze normali sulla striscia ⇆$\mathbf{E = E_d - E_s}$

<u>Metodo di Fellenius (metodo svedese)</u>

Il coefficiente di sicurezza fornito da **Fellenius** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_i \left(\frac{c_i\, b_i}{\cos \Rightarrow_i} + [W_i \cos \Rightarrow_i - u_i\, l_i] tg \leftarrow_i \right)}{\sum_i W_i \sin \Rightarrow_i}$$

dove **n** è il numero delle strisce considerate, $\mathbf{b_i}$ e $\Rightarrow_\mathbf{i}$ sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia $\mathbf{i_{esima}}$ rispetto all'orizzontale, $\mathbf{W_i}$ è il peso della striscia $\mathbf{i_{esima}}$ e $\mathbf{c_i}$ e $\leftarrow_\mathbf{i}$ sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.
Inoltre $\mathbf{u_i}$ ed $\mathbf{l_i}$ rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ($\mathbf{l_i = b_i/\cos \Rightarrow_i}$).
Quindi, assunto un cerchio di tentativo lo si suddivide in **n** strisce e dalla formula precedente si ricava **F**. Questo procedimento viene eseguito per il numero di centri prefissato e viene assunto come coefficiente di sicurezza del pendio il minimo dei coefficienti così determinati.

Descrizione terreno

Simbologia adottata

Nr. Indice del terreno
Descrizione Descrizione terreno
→ Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\rightarrow_w$ Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
← Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
c Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cmq
$\leftarrow_u$ Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
c_u Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cmq

Nr.	**Descrizione**	**→**	**$\rightarrow_w$**	**←'**	**c'**	**$\leftarrow_u$**	**c_u**
1	Terreno 1	1800	1850	24.00	0,050	26.00	0,150
2	Terreno 2	1900	2000	27.00	0,100	28.00	0,300

Profilo del piano campagna

Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.
Nr. Identificativo del punto
X Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y Ordinata del punto del profilo espressa in m

Nr.	**X [m]**	**Y [m]**
1	0,00	1,00
2	1,00	1,00
3	1,90	1,50
4	5,50	3,50
5	8,00	3,50

Descrizione stratigrafia

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° **1** costituito da terreno n° 2 (Terreno 2)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

N°	**X[m]**	**Y[m]**
1	1,90	1,50
2	1,00	1,00
3	0,00	1,00
4	0,00	0,00
5	8,00	0,00
6	8,00	1,50

Strato N° **2** costituito da terreno n° 1 (Terreno 1)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

N°	X[m]	Y[m]
1	8,00	1,50
2	8,00	3,50
3	5,50	3,50
4	1,90	1,50

Risultati analisi

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo :
Metodo di FELLENIUS (F)

Impostazioni analisi
Normativa :
Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

Coefficienti di partecipazione caso statico

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	*Effetto*		*A1*	*A2*
Permanenti	Favorevole	$\rightarrow_{Gfav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\rightarrow_{Gsfav}$	1,30	1,00
Variabili	Favorevole	$\rightarrow_{Qfav}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\rightarrow_{Qsfav}$	1,50	1,30

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		*M1*	*M2*
Tangente dell'angolo di attrito	$\rightarrow_{tan\leftarrow'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$\rightarrow_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	$\rightarrow_{cu}$	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	$\rightarrow_{qu}$	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	$\rightarrow_{\rightarrow}$	1,00	1,00

Coefficienti di partecipazione caso sismico

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	*Effetto*		*A1*	*A2*
Permanenti	Favorevole	$\rightarrow_{Gfav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\rightarrow_{Gsfav}$	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	$\rightarrow_{Qfav}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\rightarrow_{Qsfav}$	1,00	1,00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		*M1*	*M2*
Tangente dell'angolo di attrito	$\rightarrow_{tan\leftarrow'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$\rightarrow_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	$\rightarrow_{cu}$	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	$\rightarrow_{qu}$	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	$\rightarrow_{\rightarrow}$	1,00	1,00

Sisma

Accelerazione al suolo a_g =	2.260 [m/s^2]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss)	1.18
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.20
Coefficiente riduzione ($\Leftarrow_s$)	0.28
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\Leftarrow_s*St*S)$ = 9.15
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h$ = 4.57
Coefficiente di sicurezza richiesto	1.10

Le superfici sono state analizzate per i casi: [PC] [A2M2]
Sisma verticale: verso il basso - verso l'alto
Analisi condotta in termini di tensioni efficaci

Impostazioni delle superfici di rottura

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia [m]:	X_0 = 1,20	Y_0 = 4,00
Passo maglia [m]:	dX = 0,28	dY = 0,28
Numero passi :	Nx = 20	Ny = 20
Raggio [m]:	R = 4,00	

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:
- lunghezza di corda inferiore a 1,00 m
- freccia inferiore a 0,50 m
- volume inferiore a 2,00 mc

Numero di superfici analizzate	260
Coefficiente di sicurezza minimo	1.518
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	**Nr. superfici**	**FS_{min}**	**S_{min}**	**FS_{max}**	**S_{max}**
FELLENIUS	260	1.518	1	3.112	260

Caratteristiche delle superfici analizzate

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N°	numero d'ordine della superficie cerchio
C_x	ascissa x del centro [m]
C_y	ordinata y del centro [m]
R	raggio del cerchio espresso in m
x_v, y_v	ascissa e ordinata del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m
x_m, y_m	ascissa e ordinata del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m
V	volume interessato dalla superficie espresso [cmq]
C_s	coefficiente di sicurezza
caso	caso di calcolo

N°	C_x	C_y	R	x_v	y_v	x_m	y_m	V	C_s	caso
1	3,16	5,68	4,00	2,37	1,76	6,51	3,50	2,99	1.518 (F)	[A2M2]
2	2,88	5,68	4,00	2,30	1,72	6,23	3,50	2,50	1.523 (F)	[A2M2]
3	3,44	5,68	4,00	2,45	1,80	6,79	3,50	3,47	1.546 (F)	[A2M2]
4	3,16	5,68	4,00	2,37	1,76	6,51	3,50	2,99	1.569 (F)	[A2M2]
5	2,88	5,68	4,00	2,30	1,72	6,23	3,50	2,50	1.580 (F)	[A2M2]
6	3,44	5,68	4,00	2,45	1,80	6,79	3,50	3,47	1.592 (F)	[A2M2]
7	3,72	5,68	4,00	2,54	1,86	7,07	3,50	3,94	1.599 (F)	[A2M2]
8	3,72	5,68	4,00	2,54	1,86	7,07	3,50	3,94	1.642 (F)	[A2M2]
9	4,00	5,68	4,00	2,65	1,92	7,35	3,50	4,39	1.674 (F)	[A2M2]
10	2,88	5,40	4,00	1,93	1,52	6,40	3,50	3,67	1.676 (F)	[A2M2]
11	3,44	5,96	4,00	2,82	2,01	6,59	3,50	2,33	1.678 (F)	[A2M2]
12	2,60	5,40	4,00	1,85	1,47	6,12	3,50	3,11	1.684 (F)	[A2M2]
13	3,16	5,40	4,00	2,02	1,57	6,68	3,50	4,22	1.687 (F)	[A2M2]
14	2,32	4,84	4,00	1,07	1,04	6,09	3,50	5,08	1.697 (F)	[A2M2]
15	2,60	4,84	4,00	1,18	1,10	6,37	3,50	5,76	1.705 (F)	[A2M2]
16	2,60	5,12	4,00	1,50	1,28	6,26	3,50	4,37	1.710 (F)	[A2M2]
17	3,72	5,96	4,00	2,89	2,05	6,87	3,50	2,74	1.712 (F)	[A2M2]
18	4,00	5,68	4,00	2,65	1,92	7,35	3,50	4,39	1.713 (F)	[A2M2]
19	2,32	5,12	4,00	1,41	1,23	5,98	3,50	3,74	1.724 (F)	[A2M2]
20	3,44	5,40	4,00	2,12	1,62	6,96	3,50	4,75	1.725 (F)	[A2M2]
21	2,60	4,56	4,00	0,78	1,00	6,46	3,50	7,26	1.727 (F)	[A2M2]
22	2,88	5,12	4,00	1,60	1,33	6,54	3,50	4,99	1.729 (F)	[A2M2]
23	2,32	5,40	4,00	1,78	1,44	5,84	3,50	2,54	1.733 (F)	[A2M2]
24	2,04	4,84	4,00	0,92	1,00	5,81	3,50	4,38	1.735 (F)	[A2M2]
25	3,44	5,96	4,00	2,82	2,01	6,59	3,50	2,33	1.738 (F)	[A2M2]
26	2,88	4,84	4,00	1,30	1,17	6,65	3,50	6,42	1.738 (F)	[A2M2]
27	2,88	5,40	4,00	1,93	1,52	6,40	3,50	3,67	1.740 (F)	[A2M2]
28	2,32	4,56	4,00	0,50	1,00	6,18	3,50	6,56	1.740 (F)	[A2M2]
29	3,16	5,40	4,00	2,02	1,57	6,68	3,50	4,22	1.745 (F)	[A2M2]
30	2,88	4,56	4,00	1,03	1,02	6,74	3,50	7,96	1.749 (F)	[A2M2]
31	2,60	5,40	4,00	1,85	1,47	6,12	3,50	3,11	1.754 (F)	[A2M2]
32	2,32	4,84	4,00	1,07	1,04	6,09	3,50	5,08	1.761 (F)	[A2M2]
33	2,60	4,84	4,00	1,18	1,10	6,37	3,50	5,76	1.764 (F)	[A2M2]
34	3,72	5,96	4,00	2,89	2,05	6,87	3,50	2,74	1.766 (F)	[A2M2]

35	4,28	5,68	4,00	2,76	1,98	7,63	3,50	4,82	1.770 (F) [A2M2]
36	3,16	5,12	4,00	1,71	1,39	6,82	3,50	5,58	1.774 (F) [A2M2]
37	2,60	5,12	4,00	1,50	1,28	6,26	3,50	4,37	1.775 (F) [A2M2]
38	4,00	5,96	4,00	2,97	2,09	7,15	3,50	3,14	1.777 (F) [A2M2]
39	3,44	5,40	4,00	2,12	1,62	6,96	3,50	4,75	1.778 (F) [A2M2]
40	2,60	4,56	4,00	0,78	1,00	6,46	3,50	7,26	1.783 (F) [A2M2]
41	3,72	5,40	4,00	2,23	1,69	7,24	3,50	5,27	1.785 (F) [A2M2]
42	2,60	4,28	4,00	0,31	1,00	6,52	3,50	8,91	1.789 (F) [A2M2]
43	2,88	5,12	4,00	1,60	1,33	6,54	3,50	4,99	1.790 (F) [A2M2]
44	2,04	5,12	4,00	1,33	1,18	5,70	3,50	3,10	1.790 (F) [A2M2]
45	3,16	4,84	4,00	1,42	1,24	6,93	3,50	7,07	1.792 (F) [A2M2]
46	2,04	4,56	4,00	0,22	1,00	5,90	3,50	5,86	1.794 (F) [A2M2]
47	2,88	4,84	4,00	1,30	1,17	6,65	3,50	6,42	1.794 (F) [A2M2]
48	2,32	5,12	4,00	1,41	1,23	5,98	3,50	3,74	1.795 (F) [A2M2]
49	2,88	4,56	4,00	1,03	1,02	6,74	3,50	7,96	1.801 (F) [A2M2]
50	2,32	4,56	4,00	0,50	1,00	6,18	3,50	6,56	1.802 (F) [A2M2]
51	2,32	4,28	4,00	0,03	1,00	6,24	3,50	8,21	1.802 (F) [A2M2]
52	2,88	4,28	4,00	0,59	1,00	6,80	3,50	9,61	1.804 (F) [A2M2]
53	2,04	4,84	4,00	0,92	1,00	5,81	3,50	4,38	1.806 (F) [A2M2]
54	4,28	5,68	4,00	2,76	1,98	7,63	3,50	4,82	1.806 (F) [A2M2]
55	3,16	4,56	4,00	1,17	1,09	7,02	3,50	8,65	1.811 (F) [A2M2]
56	2,32	5,40	4,00	1,78	1,44	5,84	3,50	2,54	1.811 (F) [A2M2]
57	4,00	5,96	4,00	2,97	2,09	7,15	3,50	3,14	1.826 (F) [A2M2]
58	3,16	5,12	4,00	1,71	1,39	6,82	3,50	5,58	1.831 (F) [A2M2]
59	3,72	5,40	4,00	2,23	1,69	7,24	3,50	5,27	1.834 (F) [A2M2]
60	3,44	5,12	4,00	1,83	1,46	7,10	3,50	6,16	1.840 (F) [A2M2]
61	2,60	4,28	4,00	0,31	1,00	6,52	3,50	8,91	1.843 (F) [A2M2]
62	3,16	4,28	4,00	0,87	1,00	7,08	3,50	10,32	1.845 (F) [A2M2]
63	3,16	4,84	4,00	1,42	1,24	6,93	3,50	7,07	1.846 (F) [A2M2]
64	2,88	4,28	4,00	0,59	1,00	6,80	3,50	9,61	1.855 (F) [A2M2]
65	2,32	4,28	4,00	0,03	1,00	6,24	3,50	8,21	1.860 (F) [A2M2]
66	3,16	4,56	4,00	1,17	1,09	7,02	3,50	8,65	1.860 (F) [A2M2]
67	2,04	4,56	4,00	0,22	1,00	5,90	3,50	5,86	1.862 (F) [A2M2]
68	3,44	4,84	4,00	1,56	1,31	7,21	3,50	7,69	1.865 (F) [A2M2]
69	1,76	4,84	4,00	0,64	1,00	5,53	3,50	3,69	1.865 (F) [A2M2]
70	4,00	5,40	4,00	2,36	1,75	7,52	3,50	5,77	1.868 (F) [A2M2]
71	4,28	5,96	4,00	3,07	2,15	7,43	3,50	3,53	1.868 (F) [A2M2]
72	2,04	5,12	4,00	1,33	1,18	5,70	3,50	3,10	1.871 (F) [A2M2]
73	2,88	4,00	4,00	0,23	1,00	6,85	3,50	11,39	1.874 (F) [A2M2]
74	4,56	5,68	4,00	2,89	2,05	7,91	3,50	5,24	1.886 (F) [A2M2]
75	3,44	4,56	4,00	1,31	1,17	7,30	3,50	9,31	1.888 (F) [A2M2]
76	3,16	4,28	4,00	0,87	1,00	7,08	3,50	10,32	1.892 (F) [A2M2]
77	3,44	5,12	4,00	1,83	1,46	7,10	3,50	6,16	1.895 (F) [A2M2]
78	3,16	5,68	4,00	2,37	1,76	6,51	3,50	2,99	1.897 (F) [PC]
79	2,88	5,68	4,00	2,30	1,72	6,23	3,50	2,50	1.903 (F) [PC]
80	3,16	4,00	4,00	0,51	1,00	7,13	3,50	12,09	1.911 (F) [A2M2]
81	4,28	5,96	4,00	3,07	2,15	7,43	3,50	3,53	1.914 (F) [A2M2]
82	4,00	5,40	4,00	2,36	1,75	7,52	3,50	5,77	1.914 (F) [A2M2]
83	3,44	4,84	4,00	1,56	1,31	7,21	3,50	7,69	1.916 (F) [A2M2]
84	3,44	4,28	4,00	1,08	1,05	7,36	3,50	11,02	1.918 (F) [A2M2]
85	3,72	5,12	4,00	1,95	1,53	7,38	3,50	6,73	1.919 (F) [A2M2]

86	4,56	5,68	4,00	2,89	2,05	7,91	3,50	5,24	1.919 (F) [A2M2]
87	2,88	4,00	4,00	0,23	1,00	6,85	3,50	11,39	1.923 (F) [A2M2]
88	3,44	5,68	4,00	2,45	1,80	6,79	3,50	3,47	1.932 (F) [PC]
89	1,76	5,12	4,00	1,27	1,15	5,39	3,44	2,45	1.933 (F) [A2M2]
90	3,44	4,56	4,00	1,31	1,17	7,30	3,50	9,31	1.936 (F) [A2M2]
91	1,76	4,84	4,00	0,64	1,00	5,53	3,50	3,69	1.949 (F) [A2M2]
92	3,72	4,84	4,00	1,70	1,39	7,49	3,50	8,29	1.955 (F) [A2M2]
93	3,16	4,00	4,00	0,51	1,00	7,13	3,50	12,09	1.957 (F) [A2M2]
94	3,16	5,68	4,00	2,37	1,76	6,51	3,50	2,99	1.961 (F) [PC]
95	3,44	4,28	4,00	1,08	1,05	7,36	3,50	11,02	1.963 (F) [A2M2]
96	4,28	5,40	4,00	2,49	1,83	7,80	3,50	6,24	1.971 (F) [A2M2]
97	3,72	5,12	4,00	1,95	1,53	7,38	3,50	6,73	1.971 (F) [A2M2]
98	3,44	4,00	4,00	0,79	1,00	7,41	3,50	12,80	1.972 (F) [A2M2]
99	2,88	5,68	4,00	2,30	1,72	6,23	3,50	2,50	1.976 (F) [PC]
100	3,72	4,56	4,00	1,46	1,26	7,58	3,50	9,95	1.982 (F) [A2M2]
101	4,56	5,96	4,00	3,17	2,21	7,71	3,50	3,90	1.986 (F) [A2M2]
102	3,44	5,68	4,00	2,45	1,80	6,79	3,50	3,47	1.990 (F) [PC]
103	3,72	5,68	4,00	2,54	1,86	7,07	3,50	3,94	1.999 (F) [PC]
104	3,72	4,84	4,00	1,70	1,39	7,49	3,50	8,29	2.005 (F) [A2M2]
105	4,00	5,12	4,00	2,09	1,61	7,66	3,50	7,27	2.009 (F) [A2M2]
106	4,28	5,40	4,00	2,49	1,83	7,80	3,50	6,24	2.014 (F) [A2M2]
107	3,44	4,00	4,00	0,79	1,00	7,41	3,50	12,80	2.016 (F) [A2M2]
108	3,72	4,28	4,00	1,25	1,14	7,64	3,50	11,69	2.016 (F) [A2M2]
109	4,56	5,96	4,00	3,17	2,21	7,71	3,50	3,90	2.027 (F) [A2M2]
110	1,76	5,12	4,00	1,27	1,15	5,39	3,44	2,45	2.027 (F) [A2M2]
111	3,72	4,56	4,00	1,46	1,26	7,58	3,50	9,95	2.029 (F) [A2M2]
112	4,28	6,24	4,00	3,41	2,34	7,19	3,50	2,39	2.040 (F) [A2M2]
113	3,72	5,68	4,00	2,54	1,86	7,07	3,50	3,94	2.052 (F) [PC]
114	4,00	5,12	4,00	2,09	1,61	7,66	3,50	7,27	2.058 (F) [A2M2]
115	3,72	4,28	4,00	1,25	1,14	7,64	3,50	11,69	2.060 (F) [A2M2]
116	3,72	4,00	4,00	1,05	1,03	7,69	3,50	13,50	2.061 (F) [A2M2]
117	4,00	4,84	4,00	1,85	1,47	7,77	3,50	8,87	2.063 (F) [A2M2]
118	1,48	4,84	4,00	0,36	1,00	5,18	3,32	3,01	2.067 (F) [A2M2]
119	4,00	5,68	4,00	2,65	1,92	7,35	3,50	4,39	2.093 (F) [PC]
120	4,00	4,56	4,00	1,62	1,34	7,86	3,50	10,56	2.093 (F) [A2M2]
121	2,88	5,40	4,00	1,93	1,52	6,40	3,50	3,67	2.095 (F) [PC]
122	3,44	5,96	4,00	2,82	2,01	6,59	3,50	2,33	2.098 (F) [PC]
123	4,28	6,24	4,00	3,41	2,34	7,19	3,50	2,39	2.100 (F) [A2M2]
124	3,72	4,00	4,00	1,05	1,03	7,69	3,50	13,50	2.103 (F) [A2M2]
125	2,60	5,40	4,00	1,85	1,47	6,12	3,50	3,11	2.106 (F) [PC]
126	3,16	5,40	4,00	2,02	1,57	6,68	3,50	4,22	2.109 (F) [PC]
127	4,00	4,84	4,00	1,85	1,47	7,77	3,50	8,87	2.111 (F) [A2M2]
128	4,28	5,12	4,00	2,23	1,68	7,94	3,50	7,78	2.119 (F) [A2M2]
129	2,32	4,84	4,00	1,07	1,04	6,09	3,50	5,08	2.121 (F) [PC]
130	4,84	5,96	4,00	3,29	2,27	7,99	3,50	4,25	2.130 (F) [A2M2]
131	2,60	4,84	4,00	1,18	1,10	6,37	3,50	5,76	2.131 (F) [PC]
132	4,00	4,28	4,00	1,41	1,23	7,92	3,50	12,33	2.133 (F) [A2M2]
133	2,60	5,12	4,00	1,50	1,28	6,26	3,50	4,37	2.137 (F) [PC]
134	4,00	4,56	4,00	1,62	1,34	7,86	3,50	10,56	2.138 (F) [A2M2]
135	3,72	5,96	4,00	2,89	2,05	6,87	3,50	2,74	2.140 (F) [PC]
136	4,00	5,68	4,00	2,65	1,92	7,35	3,50	4,39	2.142 (F) [PC]

137	2,32	5,12	4,00	1,41	1,23	5,98	3,50	3,74	2.155 (F)	[PC]
138	3,44	5,40	4,00	2,12	1,62	6,96	3,50	4,75	2.156 (F)	[PC]
139	4,56	6,24	4,00	3,49	2,38	7,47	3,50	2,71	2.156 (F)	[A2M2]
140	2,60	4,56	4,00	0,78	1,00	6,46	3,50	7,26	2.159 (F)	[PC]
141	2,88	5,12	4,00	1,60	1,33	6,54	3,50	4,99	2.161 (F)	[PC]
142	4,28	5,12	4,00	2,23	1,68	7,94	3,50	7,78	2.165 (F)	[A2M2]
143	2,32	5,40	4,00	1,78	1,44	5,84	3,50	2,54	2.166 (F)	[PC]
144	1,48	4,84	4,00	0,36	1,00	5,18	3,32	3,01	2.167 (F)	[A2M2]
145	4,84	5,96	4,00	3,29	2,27	7,99	3,50	4,25	2.168 (F)	[A2M2]
146	2,04	4,84	4,00	0,92	1,00	5,81	3,50	4,38	2.169 (F)	[PC]
147	3,44	5,96	4,00	2,82	2,01	6,59	3,50	2,33	2.173 (F)	[PC]
148	2,88	4,84	4,00	1,30	1,17	6,65	3,50	6,42	2.173 (F)	[PC]
149	2,88	5,40	4,00	1,93	1,52	6,40	3,50	3,67	2.175 (F)	[PC]
150	2,32	4,56	4,00	0,50	1,00	6,18	3,50	6,56	2.175 (F)	[PC]
151	4,00	4,28	4,00	1,41	1,23	7,92	3,50	12,33	2.176 (F)	[A2M2]
152	3,16	5,40	4,00	2,02	1,57	6,68	3,50	4,22	2.181 (F)	[PC]
153	4,00	4,00	4,00	1,22	1,12	7,97	3,50	14,17	2.183 (F)	[A2M2]
154	2,88	4,56	4,00	1,03	1,02	6,74	3,50	7,96	2.187 (F)	[PC]
155	2,60	5,40	4,00	1,85	1,47	6,12	3,50	3,11	2.193 (F)	[PC]
156	2,32	4,84	4,00	1,07	1,04	6,09	3,50	5,08	2.201 (F)	[PC]
157	2,60	4,84	4,00	1,18	1,10	6,37	3,50	5,76	2.205 (F)	[PC]
158	3,72	5,96	4,00	2,89	2,05	6,87	3,50	2,74	2.207 (F)	[PC]
159	4,56	6,24	4,00	3,49	2,38	7,47	3,50	2,71	2.211 (F)	[A2M2]
160	4,28	5,68	4,00	2,76	1,98	7,63	3,50	4,82	2.212 (F)	[PC]
161	3,16	5,12	4,00	1,71	1,39	6,82	3,50	5,58	2.217 (F)	[PC]
162	2,60	5,12	4,00	1,50	1,28	6,26	3,50	4,37	2.219 (F)	[PC]
163	4,00	5,96	4,00	2,97	2,09	7,15	3,50	3,14	2.221 (F)	[PC]
164	3,44	5,40	4,00	2,12	1,62	6,96	3,50	4,75	2.223 (F)	[PC]
165	4,00	4,00	4,00	1,22	1,12	7,97	3,50	14,17	2.224 (F)	[A2M2]
166	2,60	4,56	4,00	0,78	1,00	6,46	3,50	7,26	2.229 (F)	[PC]
167	3,72	5,40	4,00	2,23	1,69	7,24	3,50	5,27	2.231 (F)	[PC]
168	2,60	4,28	4,00	0,31	1,00	6,52	3,50	8,91	2.236 (F)	[PC]
169	2,88	5,12	4,00	1,60	1,33	6,54	3,50	4,99	2.237 (F)	[PC]
170	2,04	5,12	4,00	1,33	1,18	5,70	3,50	3,10	2.238 (F)	[PC]
171	3,16	4,84	4,00	1,42	1,24	6,93	3,50	7,07	2.241 (F)	[PC]
172	2,04	4,56	4,00	0,22	1,00	5,90	3,50	5,86	2.242 (F)	[PC]
173	2,88	4,84	4,00	1,30	1,17	6,65	3,50	6,42	2.243 (F)	[PC]
174	2,32	5,12	4,00	1,41	1,23	5,98	3,50	3,74	2.244 (F)	[PC]
175	2,88	4,56	4,00	1,03	1,02	6,74	3,50	7,96	2.251 (F)	[PC]
176	2,32	4,56	4,00	0,50	1,00	6,18	3,50	6,56	2.252 (F)	[PC]
177	2,32	4,28	4,00	0,03	1,00	6,24	3,50	8,21	2.252 (F)	[PC]
178	2,88	4,28	4,00	0,59	1,00	6,80	3,50	9,61	2.255 (F)	[PC]
179	2,04	4,84	4,00	0,92	1,00	5,81	3,50	4,38	2.257 (F)	[PC]
180	4,28	5,68	4,00	2,76	1,98	7,63	3,50	4,82	2.257 (F)	[PC]
181	3,16	4,56	4,00	1,17	1,09	7,02	3,50	8,65	2.263 (F)	[PC]
182	2,32	5,40	4,00	1,78	1,44	5,84	3,50	2,54	2.264 (F)	[PC]
183	4,00	5,96	4,00	2,97	2,09	7,15	3,50	3,14	2.282 (F)	[PC]
184	3,16	5,12	4,00	1,71	1,39	6,82	3,50	5,58	2.289 (F)	[PC]
185	3,72	5,40	4,00	2,23	1,69	7,24	3,50	5,27	2.293 (F)	[PC]
186	3,44	5,12	4,00	1,83	1,46	7,10	3,50	6,16	2.300 (F)	[PC]
187	2,60	4,28	4,00	0,31	1,00	6,52	3,50	8,91	2.304 (F)	[PC]

188	3,16	4,28	4,00	0,87	1,00	7,08	3,50	10,32	2.306 (F)	[PC]
189	3,16	4,84	4,00	1,42	1,24	6,93	3,50	7,07	2.307 (F)	[PC]
190	4,84	6,24	4,00	3,59	2,44	7,75	3,50	3,01	2.308 (F)	[A2M2]
191	2,88	4,28	4,00	0,59	1,00	6,80	3,50	9,61	2.318 (F)	[PC]
192	2,32	4,28	4,00	0,03	1,00	6,24	3,50	8,21	2.325 (F)	[PC]
193	3,16	4,56	4,00	1,17	1,09	7,02	3,50	8,65	2.325 (F)	[PC]
194	2,04	4,56	4,00	0,22	1,00	5,90	3,50	5,86	2.327 (F)	[PC]
195	3,44	4,84	4,00	1,56	1,31	7,21	3,50	7,69	2.331 (F)	[PC]
196	1,76	4,84	4,00	0,64	1,00	5,53	3,50	3,69	2.332 (F)	[PC]
197	4,00	5,40	4,00	2,36	1,75	7,52	3,50	5,77	2.335 (F)	[PC]
198	4,28	5,96	4,00	3,07	2,15	7,43	3,50	3,53	2.335 (F)	[PC]
199	2,04	5,12	4,00	1,33	1,18	5,70	3,50	3,10	2.338 (F)	[PC]
200	2,88	4,00	4,00	0,23	1,00	6,85	3,50	11,39	2.342 (F)	[PC]
201	4,84	6,24	4,00	3,59	2,44	7,75	3,50	3,01	2.357 (F)	[A2M2]
202	4,56	5,68	4,00	2,89	2,05	7,91	3,50	5,24	2.358 (F)	[PC]
203	3,44	4,56	4,00	1,31	1,17	7,30	3,50	9,31	2.360 (F)	[PC]
204	3,16	4,28	4,00	0,87	1,00	7,08	3,50	10,32	2.365 (F)	[PC]
205	1,20	4,84	4,00	0,08	1,00	4,81	3,12	2,39	2.366 (F)	[A2M2]
206	3,44	5,12	4,00	1,83	1,46	7,10	3,50	6,16	2.368 (F)	[PC]
207	3,16	4,00	4,00	0,51	1,00	7,13	3,50	12,09	2.388 (F)	[PC]
208	4,28	5,96	4,00	3,07	2,15	7,43	3,50	3,53	2.392 (F)	[PC]
209	4,00	5,40	4,00	2,36	1,75	7,52	3,50	5,77	2.393 (F)	[PC]
210	3,44	4,84	4,00	1,56	1,31	7,21	3,50	7,69	2.395 (F)	[PC]
211	3,44	4,28	4,00	1,08	1,05	7,36	3,50	11,02	2.397 (F)	[PC]
212	3,72	5,12	4,00	1,95	1,53	7,38	3,50	6,73	2.398 (F)	[PC]
213	4,56	5,68	4,00	2,89	2,05	7,91	3,50	5,24	2.399 (F)	[PC]
214	2,88	4,00	4,00	0,23	1,00	6,85	3,50	11,39	2.404 (F)	[PC]
215	1,76	5,12	4,00	1,27	1,15	5,39	3,44	2,45	2.416 (F)	[PC]
216	3,44	4,56	4,00	1,31	1,17	7,30	3,50	9,31	2.420 (F)	[PC]
217	1,76	4,84	4,00	0,64	1,00	5,53	3,50	3,69	2.436 (F)	[PC]
218	3,72	4,84	4,00	1,70	1,39	7,49	3,50	8,29	2.444 (F)	[PC]
219	3,16	4,00	4,00	0,51	1,00	7,13	3,50	12,09	2.447 (F)	[PC]
220	3,44	4,28	4,00	1,08	1,05	7,36	3,50	11,02	2.454 (F)	[PC]
221	4,28	5,40	4,00	2,49	1,83	7,80	3,50	6,24	2.463 (F)	[PC]
222	3,72	5,12	4,00	1,95	1,53	7,38	3,50	6,73	2.463 (F)	[PC]
223	3,44	4,00	4,00	0,79	1,00	7,41	3,50	12,80	2.465 (F)	[PC]
224	3,72	4,56	4,00	1,46	1,26	7,58	3,50	9,95	2.478 (F)	[PC]
225	4,56	5,96	4,00	3,17	2,21	7,71	3,50	3,90	2.482 (F)	[PC]
226	1,20	4,84	4,00	0,08	1,00	4,81	3,12	2,39	2.489 (F)	[A2M2]
227	3,72	4,84	4,00	1,70	1,39	7,49	3,50	8,29	2.506 (F)	[PC]
228	4,00	5,12	4,00	2,09	1,61	7,66	3,50	7,27	2.511 (F)	[PC]
229	4,28	5,40	4,00	2,49	1,83	7,80	3,50	6,24	2.517 (F)	[PC]
230	3,44	4,00	4,00	0,79	1,00	7,41	3,50	12,80	2.520 (F)	[PC]
231	3,72	4,28	4,00	1,25	1,14	7,64	3,50	11,69	2.520 (F)	[PC]
232	4,56	5,96	4,00	3,17	2,21	7,71	3,50	3,90	2.534 (F)	[PC]
233	1,76	5,12	4,00	1,27	1,15	5,39	3,44	2,45	2.534 (F)	[PC]
234	3,72	4,56	4,00	1,46	1,26	7,58	3,50	9,95	2.536 (F)	[PC]
235	4,28	6,24	4,00	3,41	2,34	7,19	3,50	2,39	2.551 (F)	[PC]
236	4,00	5,12	4,00	2,09	1,61	7,66	3,50	7,27	2.572 (F)	[PC]
237	3,72	4,28	4,00	1,25	1,14	7,64	3,50	11,69	2.575 (F)	[PC]
238	3,72	4,00	4,00	1,05	1,03	7,69	3,50	13,50	2.576 (F)	[PC]

239	4,00	4,84	4,00	1,85	1,47	7,77	3,50	8,87	2.579 (F)	[PC]
240	1,48	4,84	4,00	0,36	1,00	5,18	3,32	3,01	2.583 (F)	[PC]
241	4,00	4,56	4,00	1,62	1,34	7,86	3,50	10,56	2.617 (F)	[PC]
242	4,28	6,24	4,00	3,41	2,34	7,19	3,50	2,39	2.625 (F)	[PC]
243	3,72	4,00	4,00	1,05	1,03	7,69	3,50	13,50	2.629 (F)	[PC]
244	4,00	4,84	4,00	1,85	1,47	7,77	3,50	8,87	2.638 (F)	[PC]
245	4,28	5,12	4,00	2,23	1,68	7,94	3,50	7,78	2.649 (F)	[PC]
246	4,84	5,96	4,00	3,29	2,27	7,99	3,50	4,25	2.663 (F)	[PC]
247	4,00	4,28	4,00	1,41	1,23	7,92	3,50	12,33	2.667 (F)	[PC]
248	4,00	4,56	4,00	1,62	1,34	7,86	3,50	10,56	2.673 (F)	[PC]
249	4,56	6,24	4,00	3,49	2,38	7,47	3,50	2,71	2.696 (F)	[PC]
250	4,28	5,12	4,00	2,23	1,68	7,94	3,50	7,78	2.707 (F)	[PC]
251	1,48	4,84	4,00	0,36	1,00	5,18	3,32	3,01	2.709 (F)	[PC]
252	4,84	5,96	4,00	3,29	2,27	7,99	3,50	4,25	2.710 (F)	[PC]
253	4,00	4,28	4,00	1,41	1,23	7,92	3,50	12,33	2.720 (F)	[PC]
254	4,00	4,00	4,00	1,22	1,12	7,97	3,50	14,17	2.728 (F)	[PC]
255	4,56	6,24	4,00	3,49	2,38	7,47	3,50	2,71	2.764 (F)	[PC]
256	4,00	4,00	4,00	1,22	1,12	7,97	3,50	14,17	2.780 (F)	[PC]
257	4,84	6,24	4,00	3,59	2,44	7,75	3,50	3,01	2.884 (F)	[PC]
258	4,84	6,24	4,00	3,59	2,44	7,75	3,50	3,01	2.946 (F)	[PC]
259	1,20	4,84	4,00	0,08	1,00	4,81	3,12	2,39	2.957 (F)	[PC]
260	1,20	4,84	4,00	0,08	1,00	4,81	3,12	2,39	3.112 (F)	[PC]

Analisi della superficie critica

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
Le strisce sono numerate da valle verso monte

N°	numero d'ordine della striscia
X_s	ascissa sinistra della striscia espressa in m
Y_{ss}	ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
Y_{si}	ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
X_g	ascissa del baricentro della striscia espressa in m
Y_g	ordinata del baricentro della striscia espressa in m
⇨	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
←	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
L	sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cos⇨)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
W	peso della striscia espresso in kg
Q	carico applicato sulla striscia espresso in kg
N	sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
T	sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
U	pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
E_s, E_d	forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
X_s, X_d	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
ID	Indice della superficie interessata dall'intervento

Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso il basso

Numero di strisce	20	
Coordinate del centro	X[m]= 3,16	Y[m]= 5,68
Raggio del cerchio	R[m]= 4,00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X_v[m]= 2,37	Y_v[m]= 1,76
Intersezione a monte con il profilo topografico	X_m[m]= 6,51	Y_m[m]= 3,50
Coefficiente di sicurezza	C_S= 1.518	

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X_s	Y_{ss}	Y_{si}	X_d	Y_{ds}	Y_{di}	X_g	Y_g	L	⇨	←	c
1	2,37	1,76	1,76	2,58	1,88	1,72	2,51	1,79	0,21	-9,92	19.61	0,04
2	2,58	1,88	1,72	2,78	1,99	1,70	2,69	1,82	0,21	-6,89	19.61	0,04
3	2,78	1,99	1,70	2,99	2,11	1,68	2,90	1,87	0,21	-3,88	19.61	0,04
4	2,99	2,11	1,68	3,20	2,22	1,68	3,10	1,92	0,21	-0,89	19.61	0,04
5	3,20	2,22	1,68	3,41	2,34	1,69	3,31	1,98	0,21	2,10	19.61	0,04
6	3,41	2,34	1,69	3,62	2,46	1,71	3,52	2,05	0,21	5,10	19.61	0,04
7	3,62	2,46	1,71	3,83	2,57	1,74	3,73	2,12	0,21	8,12	19.61	0,04
8	3,83	2,57	1,74	4,04	2,69	1,78	3,93	2,19	0,21	11,15	19.61	0,04
9	4,04	2,69	1,78	4,25	2,80	1,83	4,14	2,28	0,22	14,22	19.61	0,04
10	4,25	2,80	1,83	4,46	2,92	1,90	4,35	2,36	0,22	17,33	19.61	0,04
11	4,46	2,92	1,90	4,66	3,04	1,97	4,56	2,46	0,22	20,50	19.61	0,04
12	4,66	3,04	1,97	4,87	3,15	2,07	4,77	2,56	0,23	23,73	19.61	0,04
13	4,87	3,15	2,07	5,08	3,27	2,17	4,98	2,66	0,23	27,04	19.61	0,04

14	5,08	3,27	2,17	5,29	3,38	2,29	5,19	2,78	0,24	30,46	19.61	0,04
15	5,29	3,38	2,29	5,50	3,50	2,44	5,40	2,90	0,25	34,00	19.61	0,04
16	5,50	3,50	2,44	5,70	3,50	2,59	5,60	3,01	0,26	37,64	19.61	0,04
17	5,70	3,50	2,59	5,91	3,50	2,77	5,80	3,09	0,27	41,41	19.61	0,04
18	5,91	3,50	2,77	6,11	3,50	2,98	6,00	3,18	0,29	45,41	19.61	0,04
19	6,11	3,50	2,98	6,31	3,50	3,22	6,20	3,29	0,31	49,73	19.61	0,04
20	6,31	3,50	3,22	6,51	3,50	3,50	6,38	3,41	0,35	54,48	19.61	0,04

Forze applicate sulle strisce [FELLENIUS]

N°	W	Q	N	T	U	E_s	E_d	X_s	X_d
1	29	0	30	63	0	0	0	0	0
2	84	0	88	76	0	0	0	0	0
3	135	0	142	88	0	0	0	0	0
4	182	0	190	100	0	0	0	0	0
5	225	0	234	110	0	0	0	0	0
6	263	0	272	119	0	0	0	0	0
7	298	0	305	127	0	0	0	0	0
8	328	0	331	134	0	0	0	0	0
9	354	0	351	139	0	0	0	0	0
10	375	0	365	143	0	0	0	0	0
11	392	0	372	146	0	0	0	0	0
12	404	0	372	147	0	0	0	0	0
13	410	0	365	147	0	0	0	0	0
14	411	0	351	146	0	0	0	0	0
15	405	0	330	144	0	0	0	0	0
16	360	0	278	133	0	0	0	0	0
17	299	0	216	122	0	0	0	0	0
18	229	0	153	112	0	0	0	0	0
19	147	0	89	104	0	0	0	0	0
20	52	0	28	98	0	0	0	0	0