



MINISTERO DELLA DIFESA

UFFICIO AUTONOMO LAVORI

G.M. PER M.D.

LAVORI DI RIPRISTINO E MESSA A NORMA DELLA STAZIONE DI EMERGENZA, GRUPPI ELETTROGENI E LINEA PREFERENZIALE PRESSO PALAZZO ESERCITO - ROMA



FASE: PROGETTAZIONE ESECUTIVA

SERIE: DESCRITTIVA

DESCRIZIONE:
RELAZIONE GEOLOGICA

COD. PROGETTO: P RM 18 028 D

NOME FILE	IDENTIFICATIVO TAVOLA	SCALA	PLOT	
18028_RL_502.dwg	RL 502	-	1=1	



MOSCIANO S. ANGELO (TE) - viale Europa, 64023
tel. (+39) 085/9040400 - fax. (+39) 085/9040345
ROMA - via Cassia 1170/1172 - 00189
tel. (+39) 06/30363422 - fax. (+39) 06/30312375
Certificazioni: ISO 9001:2015 - ISO 14001:2015 - OHSAS 18001:2007

COLLABORATORI PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA

Arch. Ercole Volpi
Arch. Nicola Ciarelli
Geom. Domenico Cimini Gianforte
Geom. Stefano De Flaviis

COLLABORATORI PROGETTAZIONE STRUTTURE

Ing. Massimo Referza
Ing. Davide Fioretti

COLLABORATORI PROGETTAZIONE IMPIANTI

Ing. Domenico Rapagnani
Ing. Paolo Coccia
P.Ind. Pierluigi Faragalli

COLLABORATORI CONTABILITA' E MISURE

Geom. Valerio Pichelli
Geom. Amedeo Maria Bizzarri

RESPONSABILI DELLA PROGETTAZIONE

Ing. Raffaele Di Gialluca (Coordinatore)
Ing. Pasquale Di Egidio (Direttore Tecnico)

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Col.g.(p.) Maurizio TICCONI

revisione	data	riferimento revisione	eseguito	controllato	approvato
0	Settembre 2018	EMISSIONE		<i>RDC</i>	<i>PDE</i>

Questo documento e' di nostra proprieta' esclusiva. E' proibita la riproduzione anche parziale e la cessione a terzi senza la nostra autorizzazione.

MINISTERO DELLA DIFESA

Ufficio Autonomo Genio Militare



Studio Associato IMST Progetti

“Indagini geologiche propedeutiche alla redazione del progetto di ristrutturazione della palazzina ex teatro per le esigenze del Comando C4 Difesa S.M.D.”



RELAZIONE GEOLOGICA

Il Tecnico:

(Dott. Geol. Maurizio Scarapazzi)



commessa	revisione	redatto	verificato	approvato
S375/06	rev0	F. Muscolo 20/02/13	G. Caprioni 21/02/13	M. Scarapazzi 22/02/13

INDICE

1. Premessa	pag. 3
2. Inquadramento geologico e geomorfologico	pag. 4
3. Inquadramento idrogeologico	pag. 6
4. Inquadramento sismico	pag. 7
5. Indagini eseguite in sito	pag. 14
6. Caratterizzazione geologica e geotecnica delle formazioni	pag. 15
7. Considerazioni	pag. 17

BIBLIOGRAFIA

ALLEGATI

All. 1	Risposta Sismica Locale
All. 2	Prove penetrometriche
All. 3	Indagini geofisiche HVSR

NORMATIVA

D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008 - Norme tecniche per le costruzioni

C.S.L.L.P.P. Circolare 2 febbraio 2009 N. 617

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale del 14 gennaio 2008

Legge 02 febbraio 1974, n. 64

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche

UNI EN 1997-1 (2005)

Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - parte 1: Regole generali

UNI EN 1997-2 (2007)

Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo

UNI EN 1998-1 (2005)

Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici

UNI EN ISO 14688-1: 2003

Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Identificazione e descrizione

UNI EN ISO 14688-2: 2004

Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Principi per una classificazione

UNI EN ISO 14689-1: 2003

Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione delle rocce - Identificazione e descrizione

Associazione Geotecnica Italiana (giugno 1977)

Raccomandazione sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche

Associazione Geotecnica Italiana (1994)

Raccomandazione sulle prove geotecniche di laboratorio

State of California - Department of Transportation - Division of Engineering Services- Geotechnical Services

Soil and Rock Logging, Classification, and Presentation Manual (June 2007)

D.G.R. Lazio 3 Novembre 2009, n. 835

Rettifica all'Allegato 1 della DGR Lazio 387 del 22 Maggio 2009

DELIBERA DI GIUNTA REGIONALE n. 387 del 22.05.2009

Nuova classificazione sismica della Regione Lazio (BUR Lazio n. 24 del 27.06.2009 - Supplemento Ordinario 106)

commessa
375/12

elaborato
Rege/tc

revisione
Rev 0

nome file
3 copie

Roma 22/02/2013
Pagina 2 di 18

1. PREMESSA

Lo studio in oggetto è stato svolto con lo scopo di accertare le caratteristiche geologico-stratigrafiche e geotecniche dei terreni presenti nel “volume significativo” delle fondazioni di un edificio. In particolare l’indagine fa parte di un più ampio lavoro mirato alla ristrutturazione della palazzina denominata Ex Teatro appartenente al Ministero della Difesa.

L’area in esame è ubicata in via Firenze all’incrocio con via Modena; l’area in esame dal punto di vista amministrativo ricade nel territorio appartenente al I Municipio del Comune di Roma; come ubicazione topografica precisa il fabbricato ricade nella Carta Tecnica Regionale in scala 1:10000 n° 374060 (Figura 1).

Il lavoro è stato svolto in differenti fasi:

- a) studio bibliografico preliminare;
- b) sopralluogo del sito;
- c) esecuzione di tre prove penetrometriche leggere;
- d) esecuzione di due indagine geofisiche tipo HVSR

Lo studio bibliografico preliminare è stato mirato alla raccolta di informazioni particolareggiate e specifiche alla geologia e idrogeologia del sito indagato con particolare riguardo a eventuali sondaggi geognostici e individuazione di cavità. Nello specifico per la redazione del presente studio sono stati presi in considerazione i dati di un sondaggio geognostico; eseguito per un precedente studio dallo scrivente, nelle immediate vicinanze del sito in oggetto.

Il sopralluogo, eseguito il 22 gennaio 2013 è stato mirato in particolare:

- al rilievo di eventuali affioramenti del terreno di sedime,
- alle valutazioni delle condizioni geomorfologiche ed idrogeologiche di insieme dell’area,
- all’eventuale presenza di segni di dissesto idrogeologico che coinvolgano o meno le aree di pertinenza del fabbricato in oggetto nella zona prossima alle zone di ubicazione dei sondaggi in programma.

Con la presente relazione geologico-tecnica si illustrano pertanto l’assetto stratigrafico riconosciuto, la situazione geologica e idrogeologica, e i risultati delle prove penetrometriche e delle indagini geofisiche eseguite.

Lo studio in oggetto, svolto su richiesta del Ministero della Difesa Ufficio Autonomo Genio Militare e incarico dell’IMST Studio Associato, è stato realizzato con la collaborazione del Geol. Giovanni Caprioni (OdG dell’Abruzzo n° 425) e della Dott.ssa Franca Muscolo.

commessa	elaborato	revisione	nome file	Roma 22/02/2013
375/12	Rege/tc	Rev 0	3 copie	Pagina 3 di 18

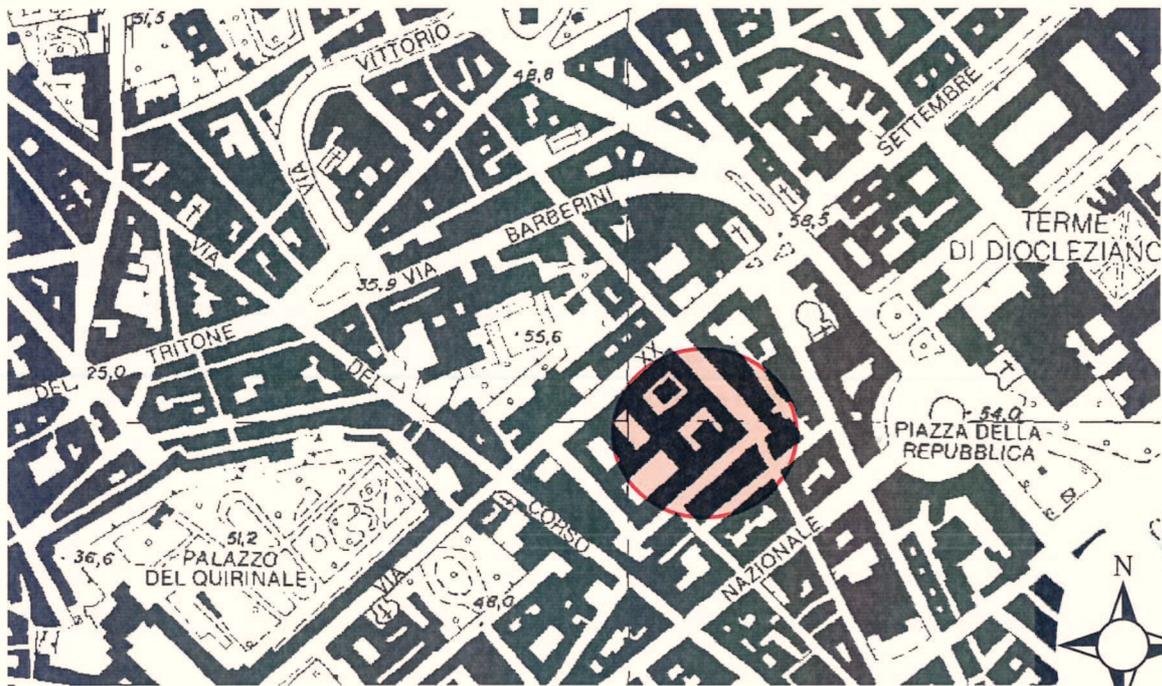


Figura 1 - Ubicazione dell'area in oggetto (da C.T.R. Regione Lazio, sez. 374060) e da google earth

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Per meglio inquadrare le problematiche geologiche del settore in esame viene di seguito descritta brevemente l'evoluzione geologica dell'area romana a cui questo appartiene.

L'area ove oggi sorge la città di Roma, durante il Pliocene (fino al Pleistocene inferiore) era caratterizzata da un ambiente di sedimentazione marina che, su di un basamento carbonatico meso-cenozoico, consentì la deposizione delle argille azzurre dell'Unità di Monte Vaticano. Questa Unità, formata da argille consistenti dello spessore di circa 800 m, costituisce in pratica il substrato geologico che con continuità soggiace al di sotto dei terreni più recenti che caratterizzano l'area cittadina romana.

Dal Pleistocene medio un progressivo sollevamento dell'area cambia l'ambiente di sedimentazione da marino a continentale, con deposizione dapprima di sabbie e ghiaie marine e successivamente di termini fluvio-lacustri e deltizi eterometrici che presentano complessi rapporti stratigrafici.

Circa 0.6 M.A. or sono inizia l'attività dei vulcani laziali (Distretto Vulcanico dei Sabatini a NW e Distretto Vulcanico dei Colli Albani a SE) che determinano, in breve tempo, la messa in posto di una notevole quantità di prodotti vulcanici che, sotto forma di piroclastiti di ricaduta o di colate piroclastiche, ricoprono e modificano la precedente morfologia dell'area.

Successivamente, durante l'ultima fase del periodo glaciale würmiano (circa 18.000 anni fa), la forte regressione del livello marino determina una notevole erosione dei terreni depositi in precedenza: l'alveo del Tevere nell'area cittadina si approfondisce fino a mettere a nudo il substrato argilloso pliocenico, lungo il corso della sua valle e dei suoi affluenti. Si creano così le condizioni per la deposizione dell'Unità delle Alluvioni attuali che, con il successivo innalzamento del livello marino, continuato fino ad oggi, vanno a colmare le suddette incisioni fluviali con uno spessore che in alcuni punti supera i 60 m.

Dalla bibliografia consultata, dalle osservazioni desumibili dallo studio della carta geologica (Figura 2), della carta dei riporti (Figura 3) e dalla carta delle cavità (Figura 4) nonché sulla base del sopralluogo eseguito e dalle indagini eseguite dallo scrivente nelle vicinanze del sito in studio è stato possibile ipotizzare, in prima approssimazione, la seguente successione stratigrafica i cui livelli principali, procedendo dall'alto verso il basso, vengono di seguito individuati:

- Terreni di riporto
- Tufi stratificati varicolori di La Storta (LTT)

commessa	elaborato	revisione	nome file	Roma 22/02/2013
375/12	Rege/tc	Rev 0	3 copie	Pagina 4 di 18

- Pozzolane Rosse (RED)
- Tufi stratificati varicolori di Sacrofano (SKF)
- Unità del Palatino (PT)

Al di sotto è in generale presente la successione sedimentaria del Paleotevere affiorante nella zona con la formazione di S. Cecilia (CIL).

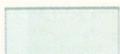
La morfologia originale dell'area era caratterizzata da rilievi collinari (formatosi per deposizione sequenziale di varie colate piroclastiche provenienti dal vulcano di Albano e depositi di ricaduta del complesso sabatino) limitati da incise valli torrentizie (zona storica "dei sette colli"). Negli ultimi 2000 anni la zona, intensamente urbanizzata è stata oggetto di progressive peneplanazioni mediante l'apporto di terreni di riporto che possono raggiungere quindi spessori anche notevoli nelle zone degli antichi impluvi naturali che in parte ancora risultano direttrici delle acque di infiltrazione. E' utile sottolineare che in tale area spesso gli edifici sorgono su residui basali di edifici precedenti ed i terreni di riporto, che come ricordato sono stati apportati in periodi differenti, possono presentare un addensamento più o meno gradualmente crescente con la profondità anche se nella porzione basale si può viceversa riscontrare un peggioramento di tale caratteristica nel caso in cui tali terreni siano permeati da acque di falda.

La quota topografica del sito in oggetto è di circa 52-54 m.s.l.m..

Nell'area in studio è stata segnalata la possibile/probabile presenza di ipogei di cui non è però nota con chiarezza la profondità e l'estensione.

L'utilizzazione dell'area è attualmente di tipo abitativo intensivo.

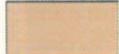
commessa	elaborato	revisione	nome file	Roma 22/02/2013
375/12	Rege/tc	Rev 0	3 copie	Pagina 5 di 18



(SFT_{ba}) depositi alluvionale

Depositi siltoso-sabbiosi e siltoso-argillosi delle piane alluvionali. Nella piana alluvionale del Fiume Tevere e del Fiume Aniene è litologicamente nota da dati di sondaggio ed è prevalentemente costituita da depositi fini siltoso-argillosi alternati a livelli sabbiosi e a livelli di torbe a diversa profondità. Alla base sono frequenti livelli ghiaiosi e sabbiosi, che possono ospitare una falda in pressione. Spessore fino a 60 m.

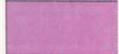
LOCENE



(LTT) TUFI STRATIFICATI VARICOLORI DI LA STORTA

Successione costituita da alternanze di piroclastiti primarie cineritico-lapillose di scorie grigie e pomice da ricaduta e livelli vulcanoclastici rimaneggiati, con orizzonti pedogenizzati. Spessori fino a 10 m. La provenienza dei depositi è dal Distretto Vulcanico Sabatino. L'età radiometrica di uno dei livelli di pomice da ricaduta è stimata 416 ± 6 ka⁽³⁾.

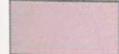
PLEISTOCENE MEDIO p.p.



(RED) POZZOLANE ROSSE

Unità piroclastica massiva e caotica, semicoerente, da rosso a viola vinaccia a grigio scuro, a matrice scoriacea povera della frazione cineritica, con scorie di dimensioni fino a 24 cm, litici lavici, sedimentari termometamorfosati e olocristallini di dimensioni fino a 20 cm e abbondanti cristalli di leucite, clinopirosseno e biotite. Composizione da tefritica a tefritico-foiditica⁽⁶⁾. Spessore fino a 15 m in affioramento e 35 m da dati di sondaggio. Nella parte alta del deposito sono frequenti le strutture da degassamento ("gas pipes"). La geometria del deposito è tabulare. L'unità è riferibile ad una eruzione ignimbritica di grande volume del litosoma Vulcano Laziale. "Pozzolane inferiori"; "Pozzolane di S. Paolo" *Auctt.* L'età radiometrica è stimata a 457 ± 4 ka⁽³⁾.

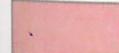
PLEISTOCENE MEDIO p.p.



(SKF) TUFI STRATIFICATI VARICOLORI DI SACROFANO

Successione di depositi piroclastici lapillosi e cineritici in strati contenenti scorie e litici lavici di dimensioni centimetriche da ricaduta, intercalati a livelli vulcanoclastici rimaneggiati, orizzonti pedogenizzati e depositi limno-palustri. Nella parte intermedia della successione i livelli primari sono costituiti da pomice da ricaduta bianco-giallastre a sanidino e clinopirosseno in tre banchi con areali di affioramento differenziati (Granturchi *Auctt.*). La provenienza prevalente dei depositi di questa successione è dai vulcani sabatini. Spessori fino a 14 m. L'età radiometrica di uno dei livelli di pomice da ricaduta è stimata 488 ± 2 ka⁽³⁾.

PLEISTOCENE MEDIO p.p.



(PTI) UNITÀ DEL PALATINO

Deposito piroclastico massivo, generalmente semicoerente o litoide, a matrice cineritica grigio-nerastra con scorie grigie o nere cristalli di leucite alterata, pirosseno e biotite, clasti centimetrici di lava. Localmente sono presenti clasti di ghiaie calcaree del substrato. Alla base sono frequenti impronte di tronchi d'albero. Alla base è presente un livello tabulare di scorie millimetriche da caduta, di spessore massimo 25 cm. Verso l'alto è presente intercalato un livello cineritico ricco di lapilli accrezionari spesso fino a 30 cm. Spessore massimo 10 m. La composizione chimica è fono-tefritica⁽⁶⁾. L'unità è riferibile ad una eruzione ignimbritica a componente freatomagmatica del litosoma Vulcano Laziale. "Tufi Antichi" e "Tufi pisoliti" *Auctt. p.p.* L'età radiometrica è stimata 533 ± 5 ka⁽³⁾.

PLEISTOCENE MEDIO p.p.

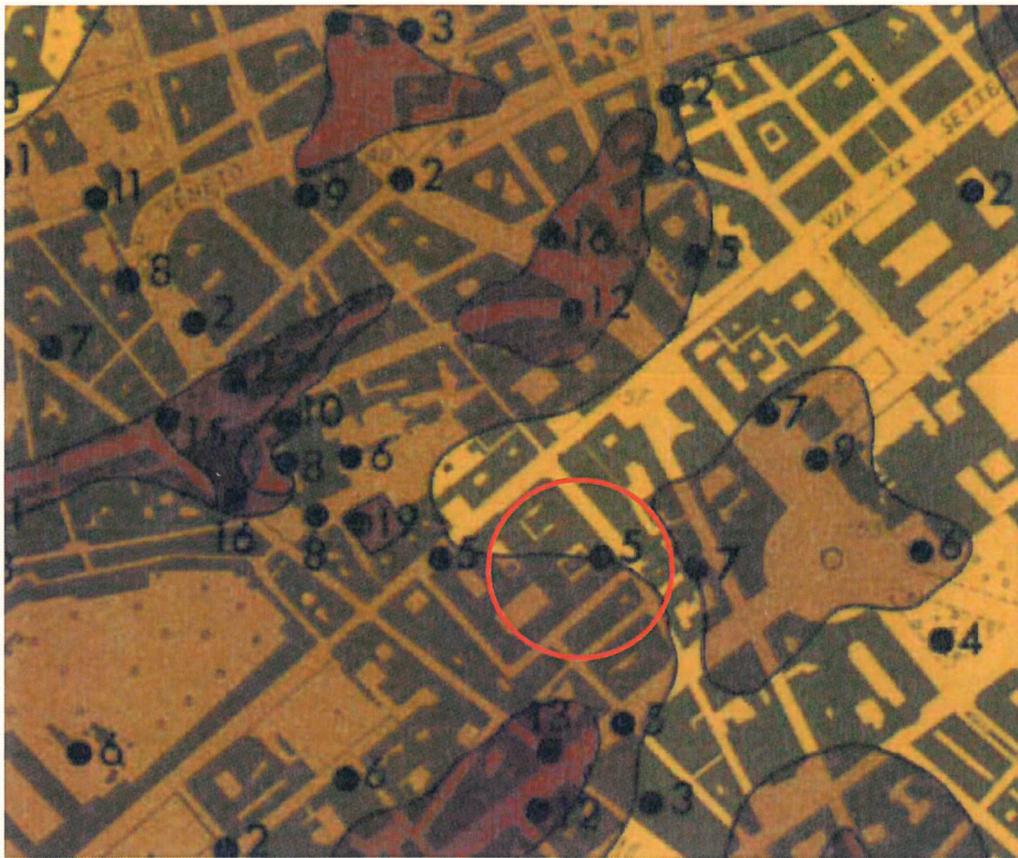


(CIL) FORMAZIONE DI S. CECILIA

Alternanze ed interstratificazioni di conglomerati, sabbie e limi di ambiente fluviale ad elementi vulcanici (zona di Ponte Galeria). Alternanze di strati cineritici a lapilli accrezionari, pomice e ceneri avana con orizzonti pedogenizzati (zona Flaminia). Spessori fino a 40 m.

PLEISTOCENE MEDIO p.p.

Figura 2 - geologia dell'area in esame (da Funicello 2008 , scala non definita)



LEGENDA



Spessore dei riporti compresi tra 10 e 15 m



Spessore dei riporti compresi tra 5 e 10 m



Spessore dei riporti compresi tra 0 e 5 m

Figura 3 - Carta dei riporti (stralcio non in scala da Ventriglia 2002).



LEGENDA



Cavità e ipogei riscontrati



Zone nelle quali è molto probabile l'esistenza di cavità sotterranee nelle rocce vulcaniche: abbondanti segnalazioni di cavità sotterranee con estensione direttamente accertata, gruppi di cavità tra loro ricollegabili, ecc..



Zone nelle quali è probabile l'esistenza di cavità sotterranee nelle rocce vulcaniche: mancano in esse segnalazioni dirette della presenza di cavità sotterranee; la probabile esistenza di queste è deducibile da elementi indiretti quali morfologia, geologia, possibile sviluppo delle cavità già note, ecc..



Zone nelle quali è possibile l'esistenza di cavità sotterranee nelle rocce vulcaniche, con caratteristiche geo-morfologiche simili a quelle delle zone con cavità probabili o molto probabili, ma senza indicazioni che facciano ritenere probabile l'esistenza di cavità.

f 12/n° 80 e n° 79b Via XX Settembre.

Note Nella zona dove sorge il Ministero della Difesa è stato segnalato il rinvenimento di una rete di cunicoli e di pozzi alla profondità massima di 17 m. e di gallerie scavate nel tufo (SI3).

Figura 4 - carta delle cavità (da Ventriglia 2002 stralcio non in scala).

3. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

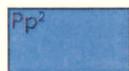
La struttura idrogeologica su cui si è sviluppata la città di Roma è caratterizzata da un substrato di base costituito dalle argille grigio-azzurre dell'Unità di Monte Vaticano; al di sopra di questo si possono individuare quattro differenti complessi idrogeologici sedi di più circolazioni idriche (dal più antico al più recente):

- complesso idrogeologico dei sedimenti pleistocenici;
- complesso idrogeologico delle vulcaniti;
- complesso idrogeologico dei depositi alluvionali;
- complesso idrogeologico dei terreni di riporto.

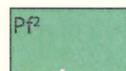
In generale, nel nostro caso, il complesso idrogeologico caratteristico dell'area è quello delle sedimenti pleistocenici che risulta costituito da alternanze di terreni molto eterogenei (formazione del Paleotevere); tali terreni si presentano generalmente permeabili negli orizzonti in cui la granulometria è prevalentemente grossolana (sabbioso, ghiaiosa e/o ciottolosa) e la cementazione non sia elevata (tanto da riempire significativamente i vuoti presenti tra i vari clasti), mentre al contrario livelli impermeabili sono identificabili con gli orizzonti argilloso-limosi e/o diatomitici o francamente cementati. Tale assetto stratigrafico è un fattore predisponente la presenza di falde sovrapposte sostenute dai livelli impermeabili e/o una falda principale sostenuta dalla sottostante formazione delle argille grigio-azzurre.

I terreni superficiali risultano in genere caratterizzati da una permeabilità da media ad elevata.

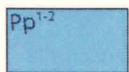
La falda principale profonda è indicata nel settore ad una quota di circa 40 m s.l.m. e cioè ad una profondità di circa a 15 m dal p.c. che dovrebbe essere presente all'interno delle sabbie e limi della formazione di S. Cecilia. Tale profondità non esclude comunque la possibile presenza di falde di modesta entità soprattutto alla base dei terreni di riporto e, più in generale, all'interno delle piroclastiti, a tetto di orizzonti più saldati e quindi in generale meno permeabili.



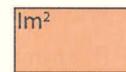
Rocce sciolte mediamente permeabili per porosità.



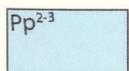
Rocce lapidee mediamente permeabili



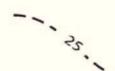
Rocce sciolte da molto a mediamente permeabili per porosità.



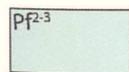
Rocce lapidee e sciolte impermeabili.



Rocce sciolte da mediamente a poco permeabili per porosità.



Curve isofreatiche



Rocce lapidee da mediamente a poco permeabili per discontinuità.



Principali direzioni di deflusso

Figura 5 - Idrogeologia dell'area in esame (da Ventriglia U., 2002, scala 1/100.000)

4. INQUADRAMENTO SISMICO

4.1 Sismicità dell'area romana

La sismicità della provincia di Roma, che nonostante la sua modestia ha sempre costituito un pericolo per il patrimonio monumentale, ha permesso di suddividere la sua attività in funzione delle diverse zone sismogenetiche d'influenza, in particolare:

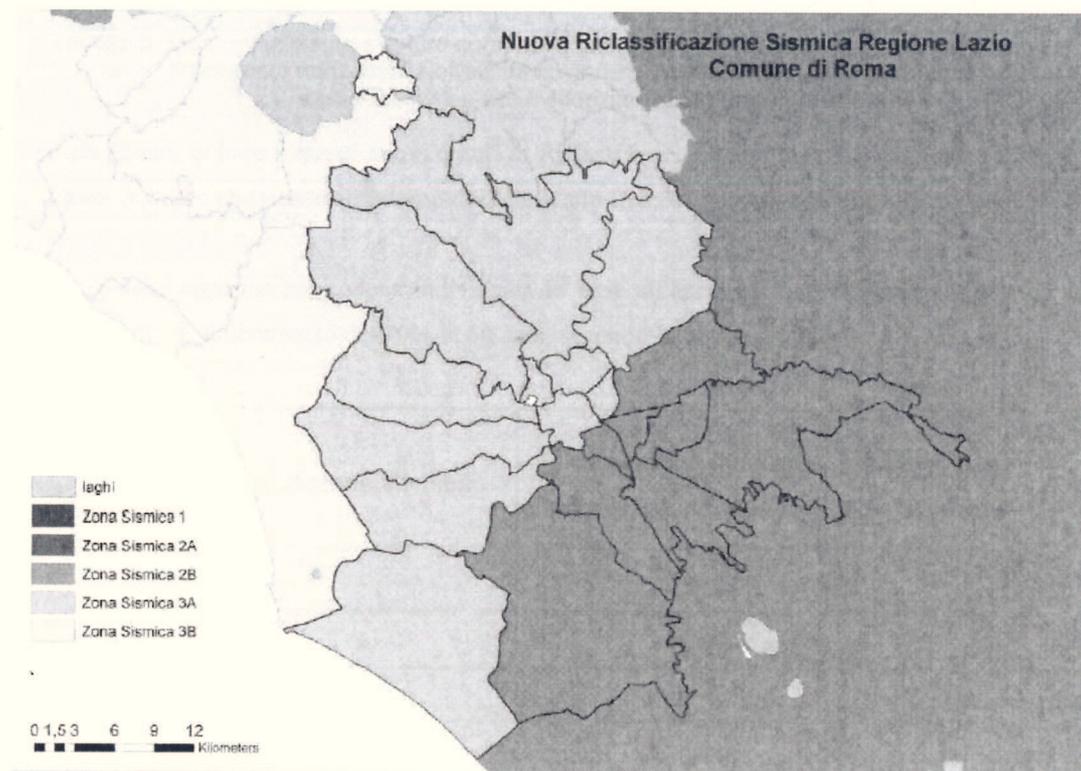
- a) Attività sismica di origine locale. Riguarda l'area compresa in un raggio di 15 km ed è caratterizzata da una frequenza alquanto scarsa e da intensità massima di VI – VII grado MCS e con ipocentri poco profondi (< 5 km).
- b) Attività sismica di aree prossime alla zona dei Colli Albani, sede di terremoti molto frequenti con magnitudo massime intorno a 5 e risentimenti di bassa intensità (< V grado MCS), e dalla zona del litorale tirrenico, sede invece di terremoti molto poco frequenti ma a volte di entità molto rilevante e risentimenti di medio-bassa intensità (V - VI grado MCS).
- c) Attività sismica di aree dell'Appennino Centrale. A distanze comprese tra i 60 e 130 km sono presenti importanti aree sismogenetiche, a cui terremoti sono dovuti i più forti risentimenti sismici osservati in città (intensità massima VII - VIII grado MCS). Le aree più rilevanti sono quelle dell'Aquilano e quelle del Fucino, in cui hanno avuto origine terremoti di magnitudo intorno a 7 che hanno prodotto a Roma danneggiamenti riferibili a circa il VII grado MCS.
- d) Attività sismica di altre aree sismogenetiche. I terremoti con origine in settori diversi da quelli finora considerati risultano, relativamente alla sismicità della Provincia di Roma, di scarsa importanza e relativi risentimenti non hanno mai superato il IV grado MCS.

Nel complesso a Roma, nonostante le notizie sui rari eventi di epoca antica ed altomedioevale sono vaghe e di difficile interpretazione e le informazioni sui terremoti nel basso medioevo sono piuttosto scarse, gli eventi sismici risentiti con intensità di VI grado MCS si sono storicamente verificati ogni 100 anni circa mentre quelli risentiti con intensità di VII grado MCS ogni 500 anni circa.

4.2 Classificazione sismica del sito

Il 22 maggio 2009 la Giunta Regionale con l'approvazione della DGR n. 387 ha riclassificato il territorio laziale sulla base dei criteri nazionali stabiliti dall'OPCM 3519/06. Queste nuove disposizioni normative hanno permesso di svincolare la classificazione sismica del territorio dal solo criterio politico del limite amministrativo utilizzato in precedenza.

Nella proposta di nuova riclassificazione sismica dell'area romana, divenuta effettiva per quanto riguarda il Comune di Roma a gennaio 2010, si è tenuto conto soprattutto dell'analisi della sismicità storica che evidenzia come gli effetti risentiti durante gli eventi sismici siano variabili, eterogenei e diseguali nelle diverse zone del territorio romano. Il Comune di Roma è stato suddiviso in 20 Unità Amministrative Sismiche denominate UAS corrispondenti ai limiti municipali e appartenenti ognuna ad una zona e sottozona sismica. Nella figura sottostante sono raffigurati i limiti delle 20 UAS, mentre nella Tabella B è evidenziato il dettaglio delle zone sismiche di ogni UAS secondo la Nuova proposta di riclassificazione.



Nuova Riclassificazione Sismica del territorio Romano (dal sito della Regione Lazio).

UAS (Municipio)	NUOVA ZONA SISMICA PROPOSTA	SOTTOZONA PROPOSTA	ZONA SISMICA DGR 766/03	VARIAZIONE ZONA SISMICA
Roma I	3	A	3	0
Roma II	3	A	3	0
Roma III	3	A	3	0
Roma IV	3	A	3	0
Roma V	2	B	3	+1
Roma VI	2	B	3	+1
Roma VII	2	B	3	+1
Roma VIII	2	B	3	+1
Roma IX	2	B	3	+1
Roma X	2	B	3	+1
Roma XI	2	B	3	+1
Roma XII	2	B	3	+1
Roma XIII	3	A	3	0
Roma XV	3	A	3	0
Roma XVI	3	A	3	0
Roma XVII	3	A	3	0
Roma XVIII	3	A	3	0
Roma XIX	3	A	3	0
Roma XX	3	A	3	0
Roma XX Isola Amm	3	B	3	0

Tabella B: Municipi di Roma e la loro corrispondente zona sismica secondo la nuova e la precedente normativa. Nell'ultima colonna sono state messe a confronto le due classificazioni e si è evidenziato la variazione di zona.

A tal proposito, in base a questi nuovi criteri di Riclassificazione sismica della Regione Lazio 2009, l'area in studio che ricade all'interno del Municipio I viene inserita nella Zona Sismica 3A.

Inoltre, poiché ciascuna zona viene individuata in base all'accelerazione di picco al suolo a_g , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, secondo lo schema seguente:

Zona Sismica	sottozona sismica	Correlazione con a_g con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni
1		$0,25 \leq a_g \leq 0,278g$
2	A	$0,20 \leq a_g \leq 0,25$
	B	$0,15 \leq a_g \leq 0,20$
3	A	$0,10 \leq a_g \leq 0,15$
	B	(val. min.) $0,062 \leq a_g \leq 0,10$

Tabella 4: Suddivisione delle sottozone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido utilizzate per lo scenario di riclassificazione sismica della Regione Lazio

commessa 375/12	elaborato Rege/tc	revisione Rev 0	nome file 3 copie	Roma 22/02/2013 Pagina 9 di 18
--------------------	----------------------	--------------------	----------------------	-----------------------------------

Si considera preliminarmente dunque, per il sito in esame, un'accelerazione orizzontale dello spettro elastico a_g compresa tra 0,10 g e 0,15 g.

Il terreno presente nell'area in studio fino a 30 m, è stato caratterizzato similmente mediante 2 indagini geofisiche tipo HVSR che sono state correlate con i risultati delle prove SPT del sondaggio S1 eseguite nelle vicinanze.

Suolo di fondazione	V_{S30}	$N_{spt} - c_u$
A Formazione litoide o suoli rigidi	> 800 m/sec	
B Sabbie o ghiaie addensate, argille molto consistenti	>360 m/sec <800 m/sec	$N_{spt} > 50$ $c_u > 250$ kPa
C Sabbie e ghiaie mediamente addensate, argille mediamente consistenti	>180 m/sec <360 m/sec	$15 < N_{spt} < 50$ $70 < c_u < 250$ kPa
D Terreni granulari sciolti, terreni coesivi da poco a mediamente consistenti	<180 m/sec	$N_{spt} < 15$ $c_u < 70$ kPa
E Strati superficiali alluvionali (5-20 m) su substrato rigido	<360 m/sec	
S1 Terreni costituiti o che includono uno strato di argille > 10 m, PI > 40	<100 m/sec	$c_u < 20$ kPa
S2 Terreni soggetti a liquefazione, argille sensibili, terreni non classificati in precedenza		

Tabella A: Categorie di suolo di fondazione in ottica sismica (V_{S30})

Le indagini geofisiche con tecnica HVSR riportate nell'Allegato 3 hanno evidenziato un valore medio delle V_{S30} pari a 205 m/s e una frequenza di picco H/V variabile fra 6.65 e 9.15 Hz

Quindi considerando la sottostante tabella 2, che mette in relazione la V_{S30} ricavata dalle prove con la profondità del substrato sismico, sulla base di quanto previsto dalla normativa vigente, il terreno presente può essere riferito nel complesso alla **categoria C**. Infatti nel caso specifico la V_{S30} è risultata compresa tra 180 e 360 m/s, il substrato sismico, dalle indagini eseguite nella zona, è stato evidenziato ad una profondità >30 m.

V_{s30} (m/s)	casistica <i>con SS si intende substrato sismico (V_{s30} > 800 m/s)</i>	Categoria di sottosuolo
> 800	<i>se SS ≤ 3 m di profondità</i>	A
	<i>se SS > 3 m di profondità</i>	S2
360 - 800	<i>se SS ≥ 30 m di profondità</i>	B
	<i>se SS < 30 m di profondità</i>	S2
180 - 360	<i>se SS ≤ 20 m di profondità</i>	E
	<i>se 20 m < SS < 30 m di profondità</i>	S2
	<i>se SS ≥ 30 m di profondità</i>	C
< 180	<i>se SS ≤ 20 m di profondità</i>	E
	<i>se 20 m < SS < 30 m di profondità</i>	S2
	<i>se SS ≥ 30 m di profondità</i>	D
< 100	<i>con strato di almeno 8 m di argilla a bassa consistenza o con strato di almeno 3 m di torba o argilla organica</i>	S1

Nel dettaglio, al fine di ottemperare a quanto richiesto della stessa normativa per individuare la pericolosità sismica di base relativa al bedrock, sono stati ricavati i parametri sismici necessari per la determinazione delle azioni sismiche:

- a_g = accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale;
- T^*_C = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

A tale proposito, per il sito in esame di Lat. 41,90249° e Long. 12,49319° tramite il software specifico "Spettri NTC ver. 1.0.3" e con esclusivo riferimento alla Fase 1 "Individuazione della pericolosità del sito" sono stati calcolati i valori a_g , F_o , e T^*_C .

L'elaborazione, in riferimento al S.L.V, ha dato i seguenti risultati:

- a_g = 0.116 g
- F_o = 2.627
- T^*_C = 0.299 sec

Nota - parametri riferiti ad un periodo di ritorno T_R di 475 anni

Vengono riportati gli spettri di risposta elastici per differenti periodi di ritorno T_R (Allegato 1).

Per quanto riguarda gli effetti topografici sull'azione di amplificazione sismica il sito rientra nella categoria topografica **T1** (superfici pianeggianti, pendii e rilievi con inclinazione uguale o minore di 15°) a cui corrisponde un coefficiente di amplificazione topografica **St = 1**.

L'amplificazione stratigrafica è stata valutata mediante la determinazione del coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s e del coefficiente C_c secondo quanto prescritto per la categoria sismica C:

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1.00	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.20$	$1.10 \cdot (T_c^*)^{-0.20}$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.50$	$1.05 \cdot (T_c^*)^{-0.33}$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.80$	$1.25 \cdot (T_c^*)^{-0.50}$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T_c^*)^{-0.40}$

Da cui:

$$S_s = 1.00 \leq 1.70 - 0.60 F_o \frac{a_g}{g} \leq 1.50$$

$$\text{da cui } S_s = 1.50$$

Da tali considerazioni ne consegue il valore del coefficiente S:

$$S = S_s \times S_t = 1.50$$

5. INDAGINI ESEGUITE IN SITO

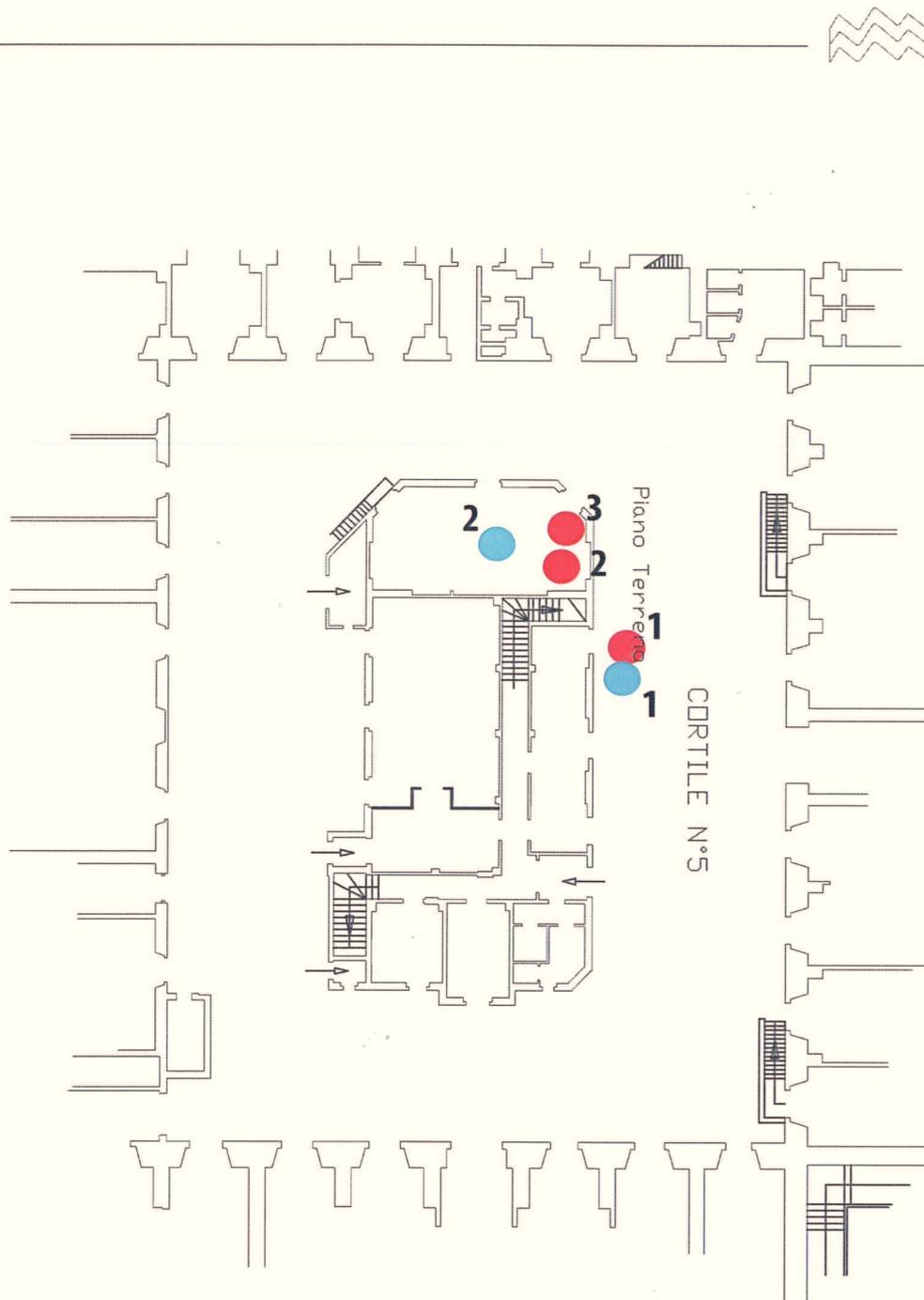
La campagna geognostica, di cui in premessa, si è composta:

- tre (DPM1, DPM2 e DPM3) prove penetrometriche medie eseguite in direzione verticale e spinte fino a rifiuto strumentale;
- due (HVSR1 e HVSR2) indagini geofisiche puntuali per la misura del rumore ambientale mediante tecnica HVSR per caratterizzare simicamente il terreno del sito in esame.

L'ubicazione delle indagini eseguite sono riportate nella figura 6, mentre i risultati delle prove penetrometriche e delle indagini geofisiche con la relativa documentazione fotografica sono riportate rispettivamente nell'Allegato 2 e Allegato 3 .

Due delle prove penetrometriche sono state eseguite all'interno di uno scavo eseguito precedentemente per visionare la tipologia della fondazione esistente. Le prove hanno raggiunto un profondità massima di 0,80 m dal piano di scavo.

In particolare la prova penetrometrica 1 e HVSR 1 sono state eseguite dal piano campagna mentre le restanti prove, eseguite nel prescavo suddetto, sono state condotte a partire dal piano interrato a circa 3.5 m al di sotto del piano campagna



Ubicazione prova penetrometrica n°



Ubicazione prova HVSR n°

Figura 6 - Ubicazione delle indagini

6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DELLE FORMAZIONI

La caratterizzazione geotecnica dei terreni è di seguito definita sulla base dei risultati delle prove penetrometriche eseguite coadiuvati con i dati del sondaggio geognostico con prove SPT e prove di laboratorio eseguite precedentemente nelle immediate vicinanze dell'edificio in esame, per la precisione il sondaggio è stato eseguito all'interno del cortile di Palazzo Caprara.

Le risultante delle prove penetrometriche non sono state prese in considerazione poiché le prove hanno raggiunto una profondità d'indagine minore di 1 m dal p.c.

caratteristiche fisiche

- γ = peso di volume naturale;

caratteristiche meccaniche

- c' = coesione drenata (in termini di tensione efficace), ottenuta da una prova di taglio diretto consolidata drenata;
- ϕ' = angolo d'attrito interno (in termini di tensione efficace), ottenuto da una prova di taglio diretto consolidata drenata;
- E' = modulo elastico di Young.
- E = modulo edometrico

La caratterizzazione geotecnica dei terreni incontrati ha permesso la suddivisione nelle seguenti unità litotecniche.

Unità 1 – **Terreno di riporto marrone-grigiastro.**

γ_n	=	12.00 – 15.00	kN/m ³
c'	=	0	kPa
ϕ'	=	25 – 30	°
E'	=	4 – 5	MPa

Terreno eterogeneo (prevalentemente piroclastico) ed eterometrico (prevalentemente sabbioso e ghiaioso).

Spessore compreso fra i 3.0 e 5.0 m .

Unità 2 – Piroclastiti granulari blandamente saldate (Valori da bibliografia geotecnica)

γ_n	=	13.00 – 15.00	kN/m ³
c'	=	5 – 10	kPa
ϕ'	=	32– 36	°
E'	=	5 – 20	MPa

Spessore: compreso fra gli 8.0 – 10.0 m.

Unità 3 – Sabbie e sabbie limose avana (Valori da bibliografia geotecnica)

γ_n	=	18.00 – 20.00	kN/m ³
c'	=	0	kPa
ϕ'	=	30 – 34	°
E'	=	25 – 35	MPa

Spessore di circa 4.00 – 6.00 m.

Unità 4 – Sabbie e limi giallo ocra (Valori da bibliografia geotecnica)

γ_n	=	19.00 – 20.00	kN/m ³
c'	=	0 – 10	kPa
ϕ'	=	26 – 33	°
E'	=	10 - 15	MPa

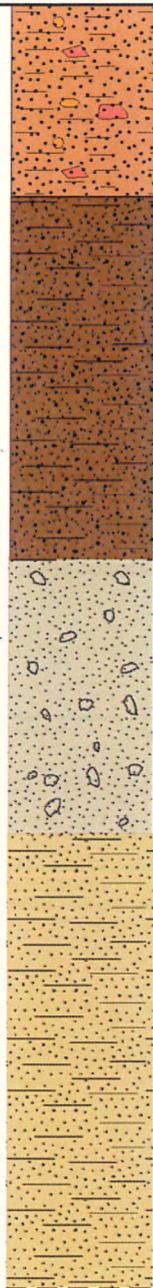
Spessore di circa 8.00 – 10.0 mm

Di seguito viene riportato uno schema litostratigrafico desunto dalla bibliografia geotecnica e dal sondaggio eseguito nelle vicinanze al fabbricato in esame (figura 7).

~ 52 - 54 m s.l.m.

p.c.

~ 15 m dal p.c.



Terreno di riporto
spessore 3-5 m

Piroclastiti granulari
blandamente saldate
spessore 8 -10 m

Sabbie e sabbie limose
spessore 4 - 6 m

Sabbie e Limi
spessore 8 - 10 m

Figura 7 - Stratigrafia di massima del terreno desunta dalla bibliografia e da sondaggi eseguiti nelle zone limitrofe (non in scala).

7. CONSIDERAZIONI

Le evidenze geologico-stratigrafiche, dinamiche e geotecniche esposte nel presente lavoro, permettono la definizione del *modello geotecnico* come definito nelle Norme Tecniche per le costruzioni.

I tal senso si può riassumere che i terreni presenti nel presunto volume significativo dell'opera (nell'ipotesi di murature fondate direttamente a terra a circa 3 - 4 m dal piano di calpestio) presentano, nel complesso dei vari strati, una buona continuità laterale come desumibile anche dalla carta geologica e da dati bibliografici; tali terreni presentano caratteristiche geotecniche gradualmente crescenti (in generale da mediamente a buone) con la profondità e nei primi trenta metri, da un punto di vista dinamico, rientrano in Categoria di suolo C. La falda principale dovrebbe essere presente a profondità compresa tra 13 e 15 m circa ma non si possono escludere a profondità inferiori falde sospese minori.

Roma, 22 febbraio 2013

Dott. Geol. Maurizio Scarapazzi



BIBLIOGRAFIA

- CARBONI M.G., FUNICIELLO R., PAROTTO M., MARRA F., SALVI S., CORAZZA A., LOMBARDI L. & FEROCI M. (1991) – *Geologia e idrogeologia del centro storico di Roma*. Progetto Strategico Roma Capitale, CNR.
- CECCONI M., SCARAPAZZI M., VIGGIANI G.B.M. (2010) - On the geology and the geotechnical properties of pyroclastic flow deposits of the Colli Albani - *Bullettin Engineerin and Geological Environmental* 1/2010.
- DE RITA D., FUNICELLO R., PAROTTO M. & SALVINI F. (1984) – *Geologia dei Colli Albani* (ENEL-AGIP).
- FEROCI M., FUNICIELLO R., MARRA F. & SALVI S. (1990) – *Evoluzione tettonica e paleogeografica plio-pleistocenica dell'area di Roma*. *Il Quaternario*, 3 (2), 141-148, Roma.
- MARRA F. (1993) – *Stratigrafia e assetto geologico-strutturale dell'area romana tra il Tevere e il Rio Galeria*. *Geologica Romana*, 29, 515-535, Roma.
- SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE (1995) – *La Geologia di Roma. Il centro Storico*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., L, Roma.
- VENTRIGLIA U. (2002) – *La geologia della città di Roma*. Amm. Prov. di Roma, Roma.
- VENTRIGLIA U. (1990) – *Idrogeologia della Provincia di Roma*. Provincia di Roma, Ass. LL. PP. Viab. e Trasp., Roma.

commessa 375/12	elaborato Rege/tc	revisione Rev 0	nome file 3 copie	Roma 22/02/2013 Pagina 18 di 18
--------------------	----------------------	--------------------	----------------------	------------------------------------



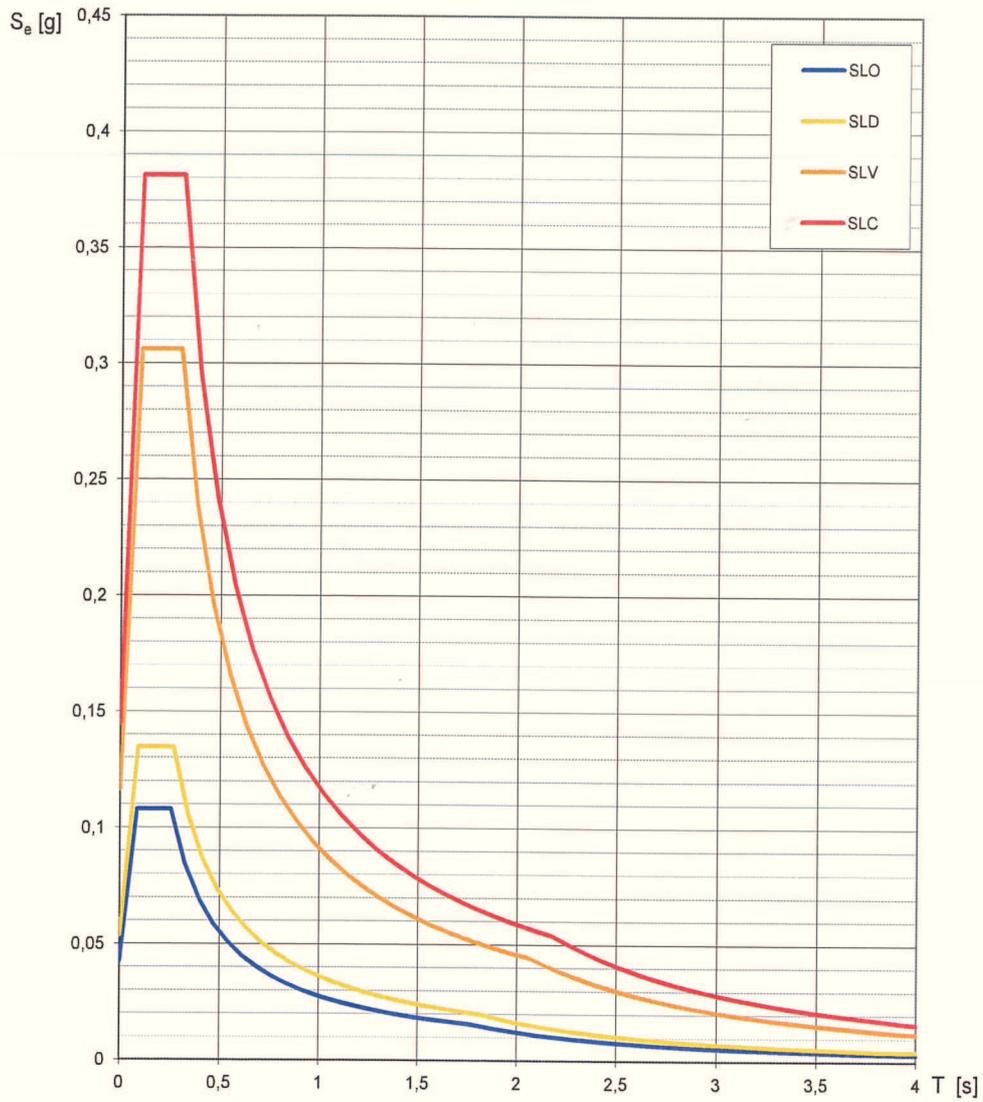
Allegato - 1

RISPOSTA SISMICA LOCALE



Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver.1.0.2"

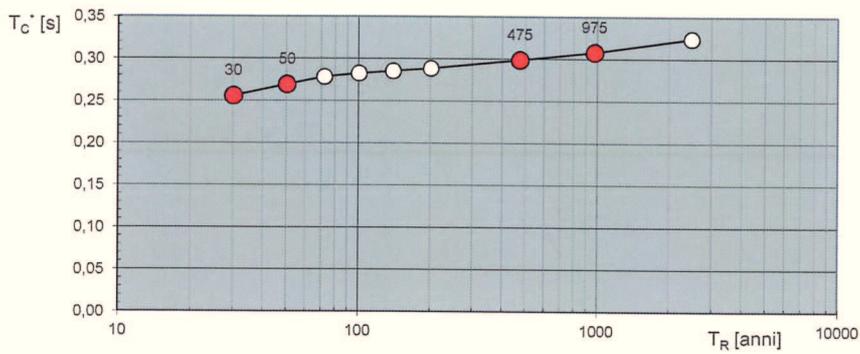
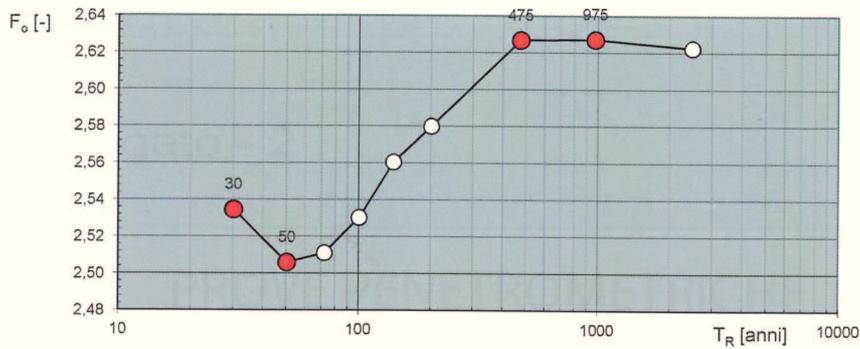
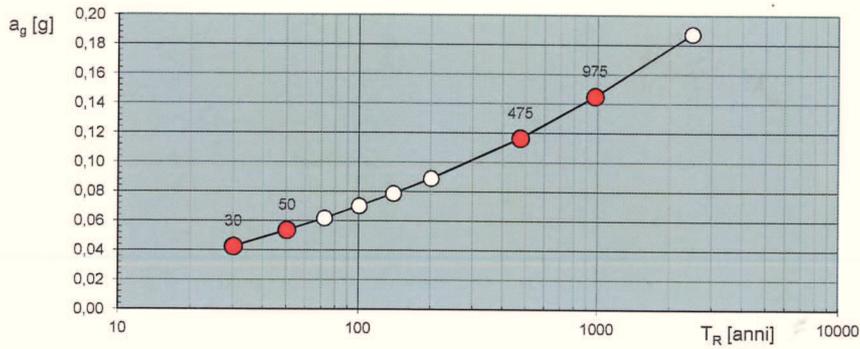
Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite





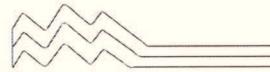
Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver.1.0.2"

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



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

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0,043	2,535	0,256
SLD	50	0,054	2,506	0,270
SLV	475	0,116	2,627	0,299
SLC	975	0,145	2,627	0,308



Allegato - 2

PROVE PENETROMETRICHE

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: IMST Progetti S.r.l
Cantiere: Palazzina Ex Teatro, Via Firenze
Località: Roma

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: PENNY 30

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0.20 m
Peso sistema di battuta	12 Kg
Diametro punta conica	35.68 mm
Area di base punta	10 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	2.4 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.90 m
Avanzamento punta	0.10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Coeff. Correlazione	0.765
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

OPERATORE
Dott. Geologo Angelo Bonifazi

RESPONSABILE

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE
(DYNAMIC PROBING)
DPSH – DPM (... sctt ecc.)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

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

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

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

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

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

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

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

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

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

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

penetrometri in uso in Italia

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

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente $M = 30$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta
conica
($\alpha=60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10$ cm² rivestimento / fango
bentonitico : talora
previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente $M = 20$ kg, altezza di caduta $H=0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta
conica
($\alpha = 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10$ cm² rivestimento / fango
bentonitico : talora
previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)
massa battente $M = 73$ kg, altezza di caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=30$ cm, punta
conica ($\alpha = 60^\circ$),
diametro $D = 50.8$ mm, area base cono $A=20.27$ cm² rivestimento: previsto secondo
precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
massa battente $M=63.5$ kg, altezza caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=20-30$ cm, punta
conica conica ($\alpha =$
 $60^\circ-90^\circ$) diametro $D = 50.5$ mm, area base cono $A = 20$ cm², rivestimento / fango
bentonitico : talora previsto.

Correlazione con N_{spt}

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

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

Dove:

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

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

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

in cui

M = peso massa battente;

- M' = peso aste;
 H = altezza di caduta;
 A = area base punta conica;
 δ = passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

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

- Rpd = resistenza dinamica punta (area A);
 e = infissione media per colpo (δ/ N);
 M = peso massa battente (altezza caduta H);
 P = peso totale aste e sistema battuta.

Metodologia di Elaborazione.

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

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

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

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

In particolare consente di ottenere informazioni su:

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

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

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

Media

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

Media minima

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

Massimo

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

Minimo

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

Scarto quadratico medio

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

Media deviata

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

Media + s

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

Media - s

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

Pressione ammissibile

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

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

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

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

Correzione N_{spt} in presenza di falda

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

N_{spt} è il valore medio nello strato

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

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers 1961- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m. e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann 1977- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.
- Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltsosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONALE RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose .
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $s > 15$ t/mq.
- Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

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

Modulo Di Young (E_y)

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

Modulo Edometrico

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

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume Gamma

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

Peso di volume saturo

- Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948-1967. Correlazione valida per peso specifico del materiale pari a circa $\gamma = 2,65$ t/mc e per peso di volume secco variabile da 1,33 (Nspt = 0) a 1,99 (Nspt = 95)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

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

Velocità onde di taglio V_s (m/sec)

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

Modulo di deformazione di taglio (G)

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

Modulo di reazione (K_0)

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

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson 1983 Q_c

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

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

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson 1983 Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_0)

- Stroud e Butler (1975) - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.

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

Modulo Di Young (E_y)

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

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume Gamma

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

Peso di volume saturo

- Correlazione Bowles (1982), Terzaghi-Peck (1948-1967), valida per condizioni specifiche: peso specifico del materiale pari a circa $G=2,70$ (t/mc) e per indici dei vuoti variabili da 1,833 ($Nspt=0$) a 0,545 ($Nspt=28$)

PROVA ... Nr.1

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

PENNY 30
 31/01/2013
 .80 mt

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.10	1	0.857	3.47	4.05	0.17	0.20
0.20	30	0.755	91.78	121.62	4.59	6.08
0.30	14	0.803	45.56	56.76	2.28	2.84
0.40	12	0.851	41.39	48.65	2.07	2.43
0.50	12	0.849	41.30	48.65	2.06	2.43
0.60	4	0.847	13.74	16.22	0.69	0.81
0.70	3	0.845	10.28	12.16	0.51	0.61
0.80	50	0.643	130.41	202.70	6.52	10.14

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
Strato 1	8.31	0.70	0.56	1.04	0.50	0.33	0.81	1.32	0.74	1.06	0.42	1.39	1.04

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato 1	8.31	0.70	Robertson (1983) 16.62

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
Strato 1	8.31	0.70	38.13	--	86.55	103.88

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
Strato 1	8.31	0.70	75.17	83.10

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	8.31	0.70	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	8.31	0.70	Meyerhof ed altri	1.91

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	8.31	0.70	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	--

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
Strato 2	38.25	0.80	71.97	100	66.43	70.95

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
Strato 2	38.25	0.80	38.25	37.93	30.93	38.71	0	41.21	42	35-38	38.95	38.47	32.78	42.66

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
Strato 2	38.25	0.80	38.25	441.45	306.00	452.05	466.88	266.25

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
Strato 2	38.25	0.80	38.25	229.50	106.03	271.58	208.60

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 2	38.25	0.80	38.25	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
Strato 2	38.25	0.80	38.25	Meyerhof ed altri	2.19

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m ³)
Strato 2	38.25	0.80	38.25	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 2	38.25	0.80	38.25	(A.G.I.)	0.28

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
Strato 2	38.25	0.80	38.25	1997.96	1158.50

PROVA ... Nr.2

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

PENNY 30
 31/01/2013
 .80 mt

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.10	1	0.857	3.47	4.05	0.17	0.20
0.20	5	0.855	17.32	20.27	0.87	1.01
0.30	4	0.853	13.83	16.22	0.69	0.81
0.40	4	0.851	13.80	16.22	0.69	0.81
0.50	7	0.849	24.09	28.38	1.20	1.42
0.60	8	0.847	27.47	32.43	1.37	1.62
0.70	30	0.745	90.63	121.62	4.53	6.08
0.80	50	0.643	130.41	202.70	6.52	10.14

TERRENI COESIVI**Coesione non drenata (Kg/cm²)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
Strato 1	3.69	0.60	0.23	0.46	0.15	0.15	0.36	0.59	0.34	0.71	0.19	0.59	0.46

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato 1	3.69	0.60	Robertson (1983) 7.38

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat

Strato 1	3.69	0.60	16.93	55.35	39.43	46.13
----------	------	------	-------	-------	-------	-------

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
Strato 1	3.69	0.60	22.04	36.90

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	3.69	0.60	Classificaz. A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	3.69	0.60	Meyerhof ed altri	1.68

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	3.69	0.60	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	1.87

TERRENI INCOERENTI
Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
Strato 2	30.6	0.80	66.25	100	65.48	64.11

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
Strato 2	30.6	0.80	30.6	35.74	28.74	36.57	0	39.8	42	32-35	36.42	36.18	31.94	39.74

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Apollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
Strato 2	30.6	0.80	30.6	394.85	244.80	361.78	409.50	228.00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
Strato 2	30.6	0.80	30.6	183.60	90.32	217.26	174.48

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 2	30.6	0.80	30.6	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
Strato 2	30.6	0.80	30.6	Meyerhof ed altri	2.14

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 2	30.6	0.80	30.6	(A.G.I.)	0.29

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
Strato 2	30.6	0.80	30.6	1619.91	1010.85

PROVA ... Nr.3

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

PENNY 30
 31/01/2013
 .70 mt

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.10	2	0.857	6.95	8.11	0.35	0.41
0.20	4	0.855	13.86	16.22	0.69	0.81
0.30	3	0.853	10.37	12.16	0.52	0.61
0.40	2	0.851	6.90	8.11	0.34	0.41
0.50	5	0.849	17.21	20.27	0.86	1.01
0.60	4	0.847	13.74	16.22	0.69	0.81
0.70	50	0.645	130.78	202.70	6.54	10.14

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
Strato 1	2.55	0.60	0.16	0.32	0.15	0.10	0.25	0.41	0.23	0.63	0.13	0.39	0.32

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato 1	2.55	0.60	Robertson (1983) 5.10

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

Nspt	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
Strato 1	2.55	0.60	11.70	38.25	27.80 31.88

Modulo di Young (Kg/cm²)

Nspt	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
Strato 1	2.55	0.60	8.93 25.50

Classificazione AGI

Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	2.55	0.60	Classificaz. A.G.I. (1977) POCO CONSISTENTE

Peso unità di volume

Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	2.55	0.60	Meyerhof ed altri 1.60

Peso unità di volume saturo

Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	2.55	0.60	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967 1.86

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
Strato 2	38.25	0.70	73.14	100 66.76	70.95

Angolo di resistenza al taglio

Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki	
Strato 2	38.25	0.70	38.25	37.93	30.93	38.71	0	41.21	42	35-38	38.95	38.47	32.79	42.66

Modulo di Young (Kg/cm²)

Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
Strato 2	38.25	0.70	38.25	441.45	306.00	452.05	466.88 266.25

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
Strato 2	38.25	0.70	38.25	229.50	106.03	271.58	208.60

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 2	38.25	0.70	38.25	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
Strato 2	38.25	0.70	38.25	Meyerhof ed altri	2.19

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 2	38.25	0.70	38.25	(A.G.I.)	0.28

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

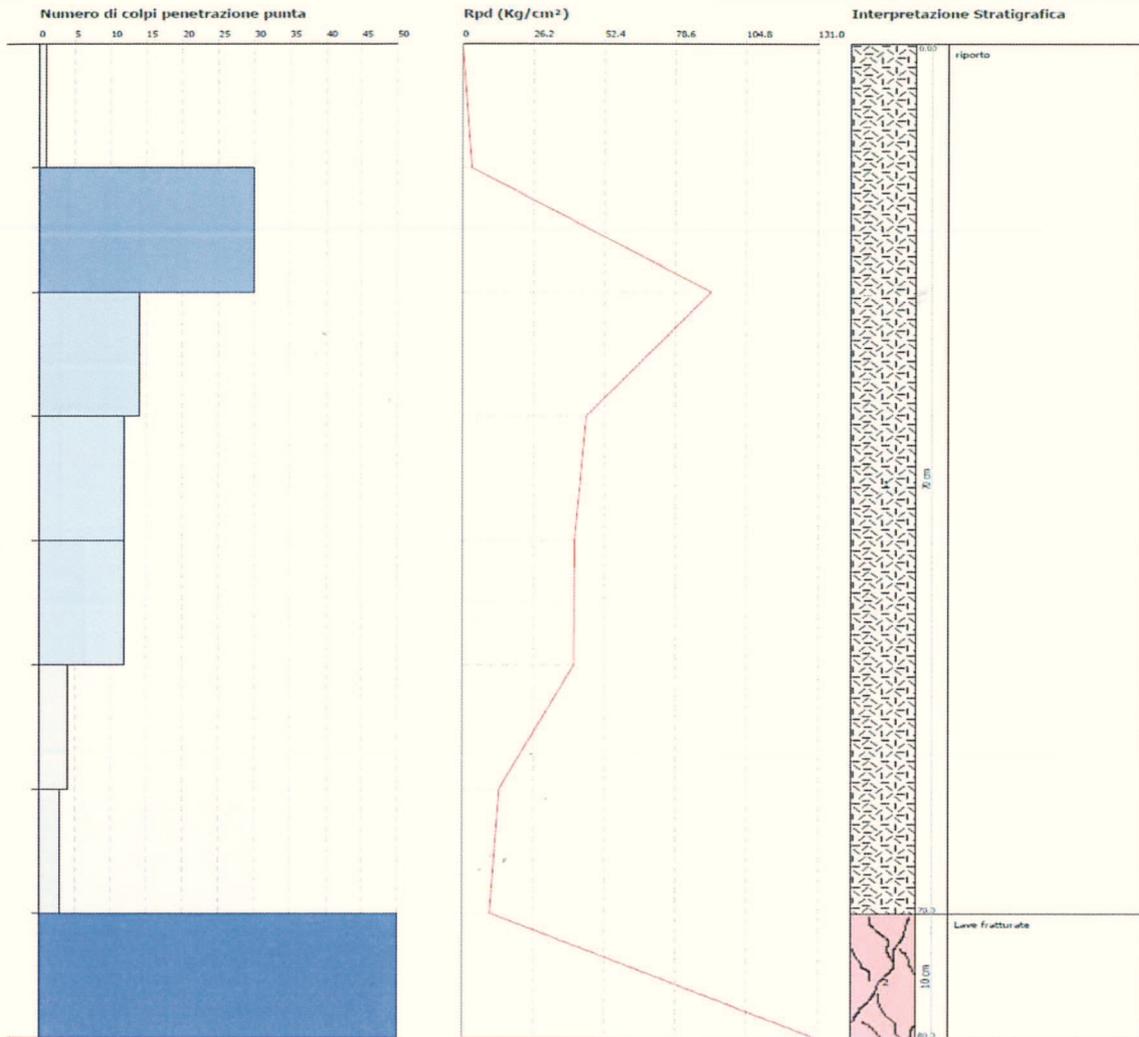
	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
Strato 2	38.25	0.70	38.25	1997.96	1158.50

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... PENNY 30
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente :
 Cantiere :
 Località :

Data : 31/01/2013

Scala 1:1

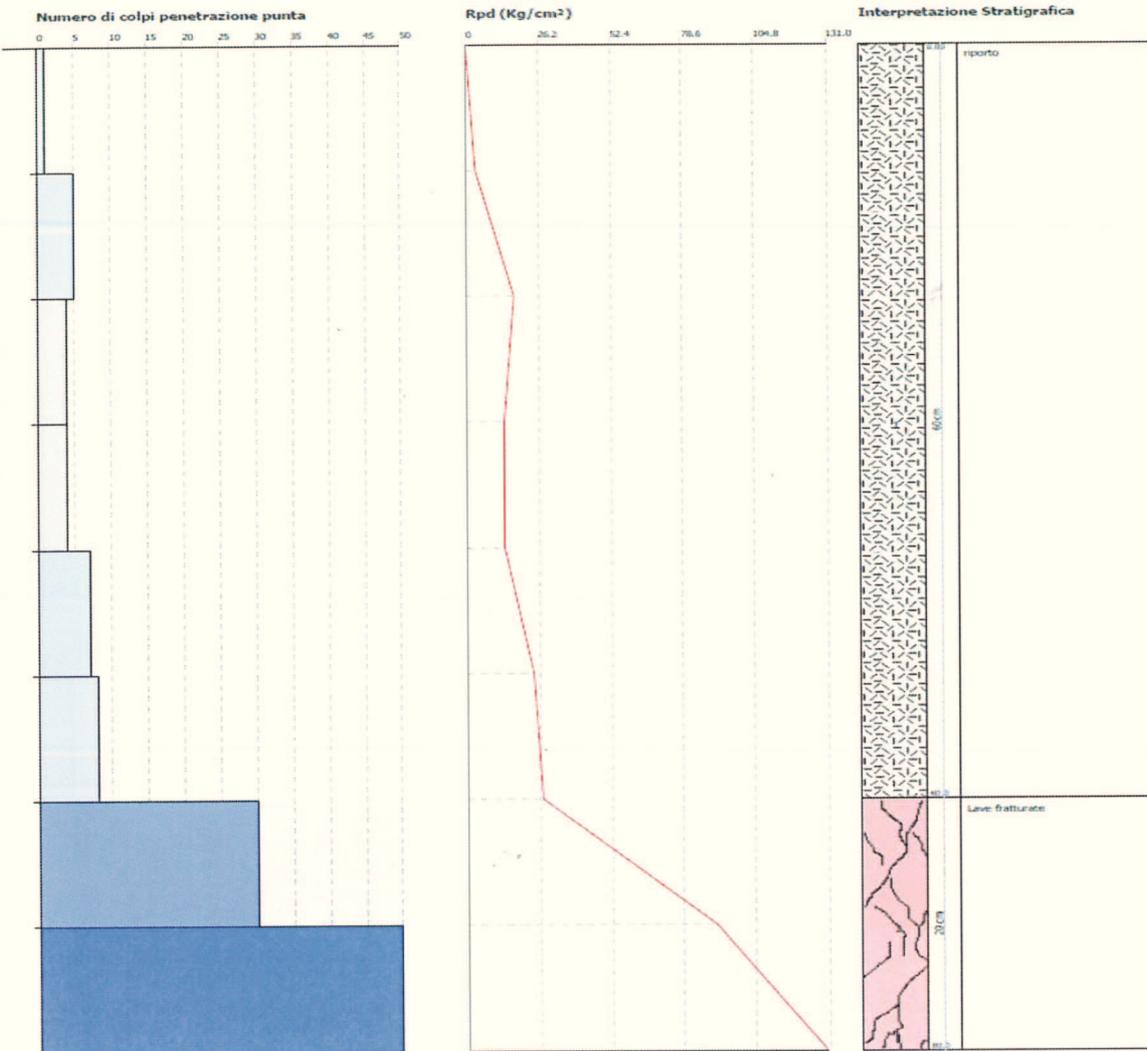


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... PENNY 30
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente :
Cantiere :
Località :

Data :31/01/2013

Scala 1:4

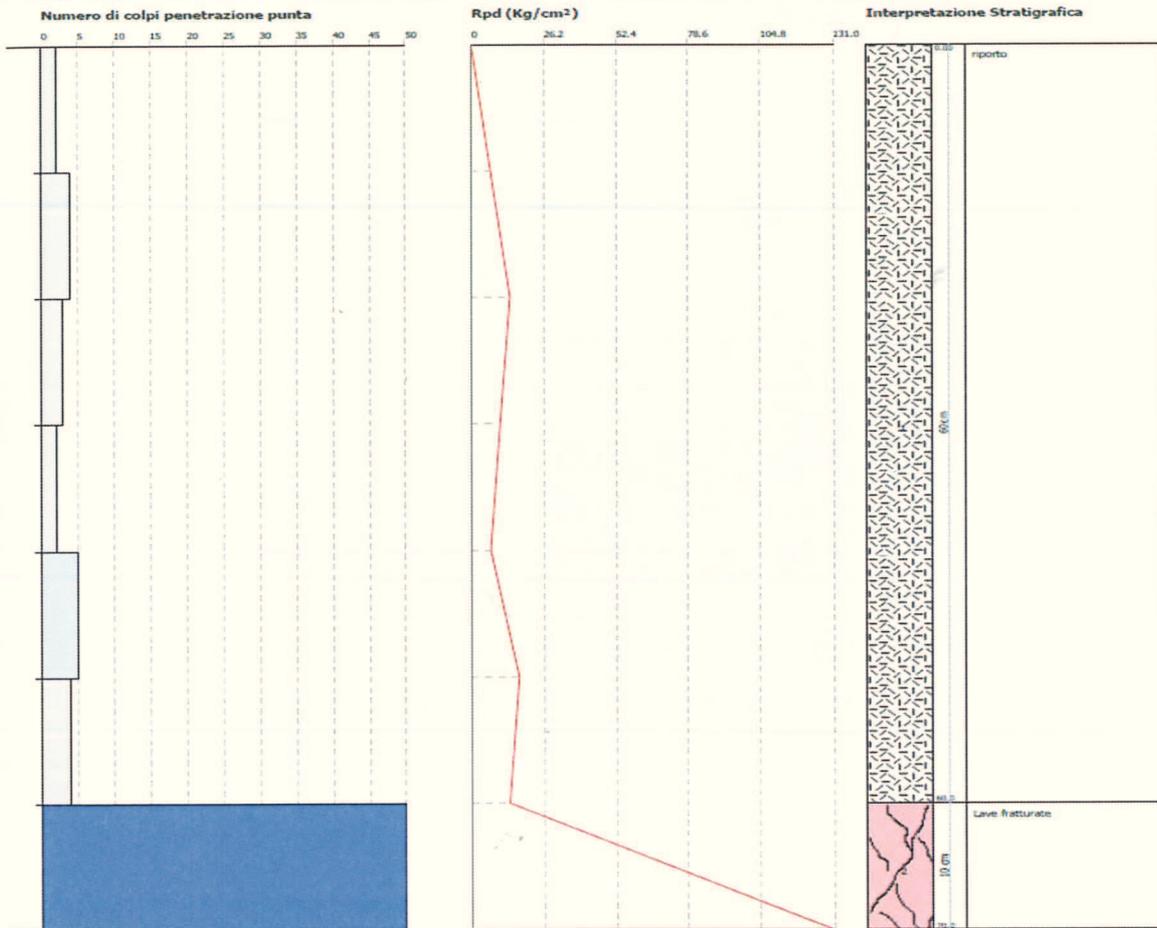


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr. 3
Strumento utilizzato... PENNY 30
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente :
 Cantiere :
 Località :

Data : 31/01/2013

Scala 1:4



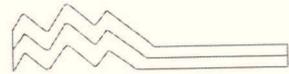


FOTO 1 :
Prova penetrometrica DPM1



FOTO 2 :
Prova penetrometrica DPM2



Allegato - 3

INDAGINE GEOFISICA HVSR



Indagine geofisica tramite tecnica HVSR

Indice

Cenni tecnica HVSR	2
Dati generali	3
Tracce in input	3
Grafici tracce	3
Finestre selezionate	4
Tabella finestre	4
Grafici tracce con finestre selezionate	5
Grafici degli spettri	7
Mappa stazionarietà	7
Mappa direzionalità	7
Rapporto spettrale H/V	8
Grafico H/V	8
Verifiche SESAME	9
Modello stratigrafico	9
Grafico Profilo velocità	10
Indice	13

Cenni sulla teoria della tecnica HVSR

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Successivamente, come ulteriore sviluppo, la stima del parametro normativo V_{s30} attraverso un processo di inversione del problema iniziale. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti.

Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.

Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.

Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio. Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è possibile valutarne il parametro normativo V_{s30} .

HVSR MINDIF 1

Dati generali

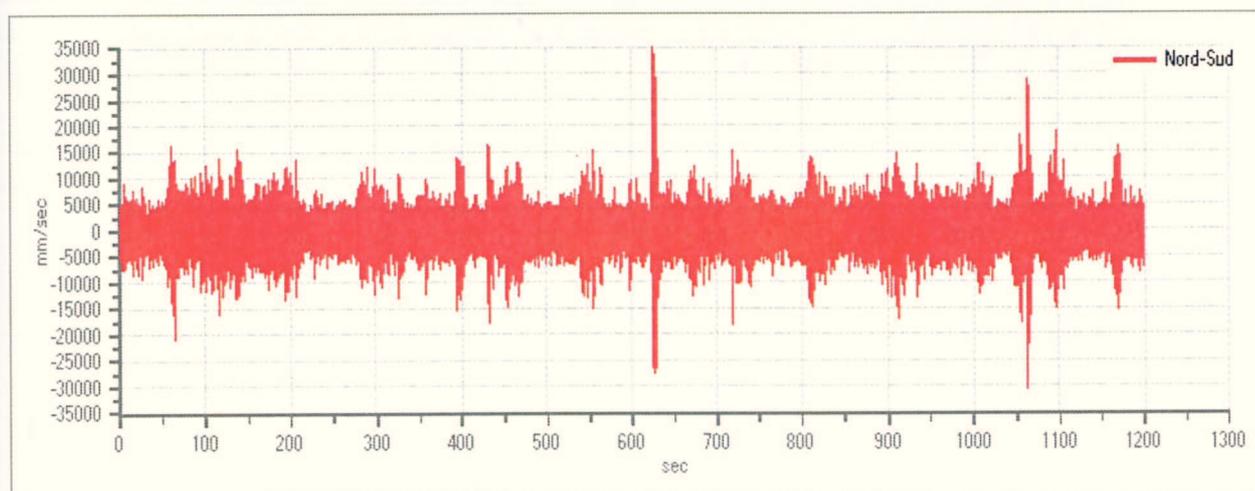
Operatore: Dott. Geologo Angelo Bonifazi
Data: 31/01/2013

Tracce in input

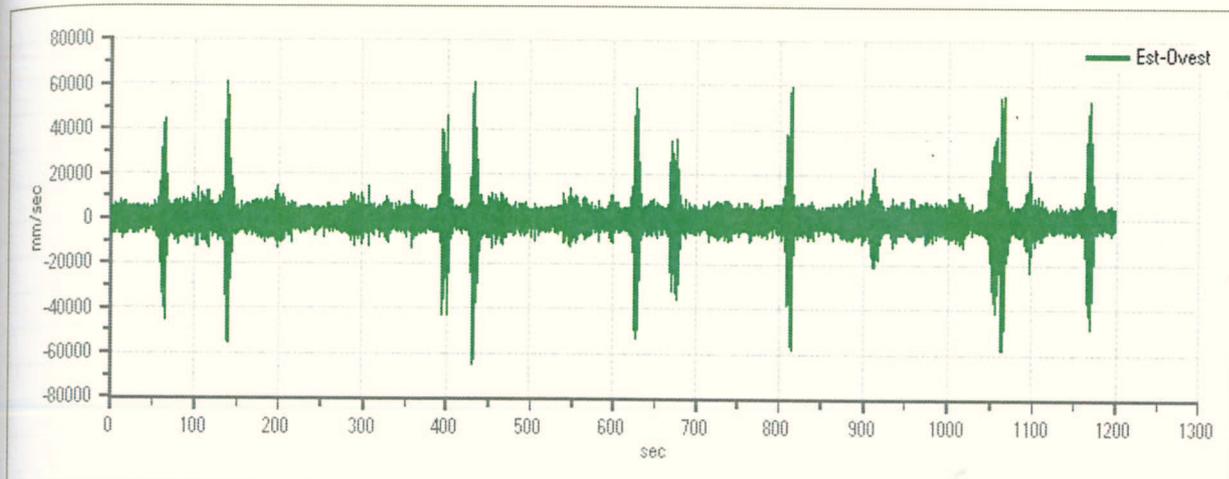
Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3
Durata registrazione: 1200 s
Frequenza di campionamento: 100.00 Hz
Numero campioni: 120024
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

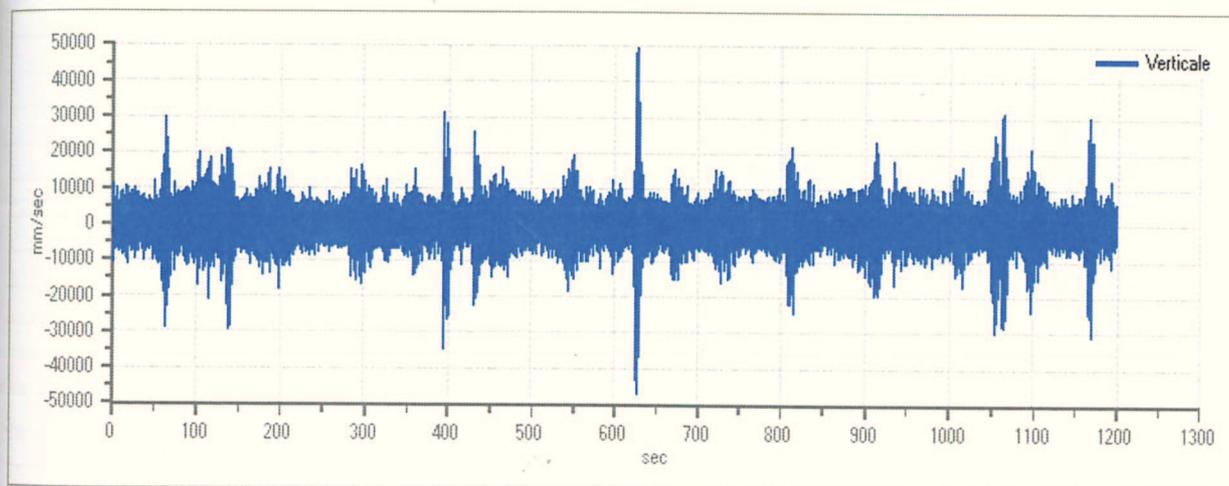
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

Finestre selezionate

Dati riepilogativi:

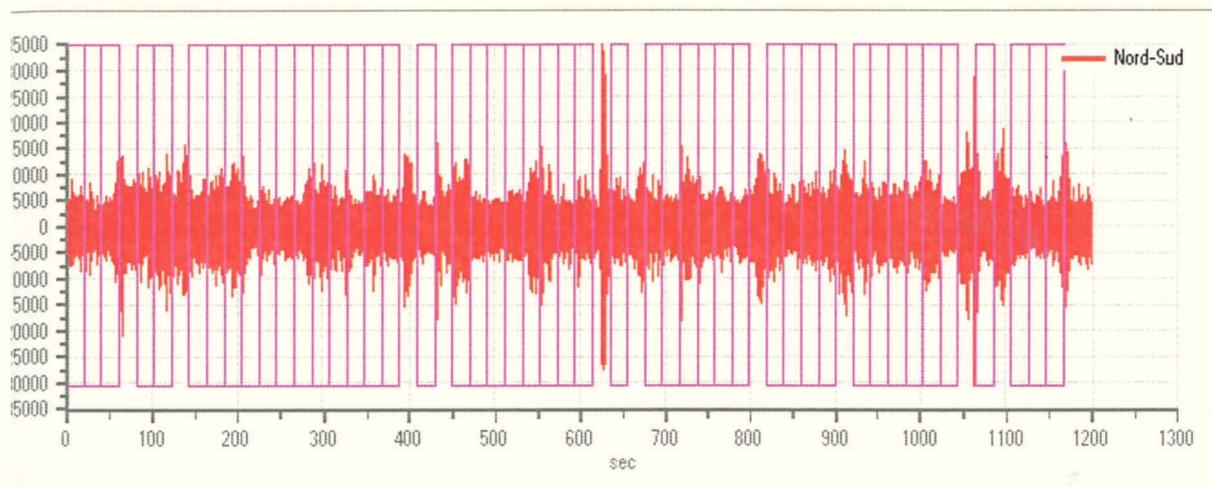
Numero totale finestre selezionate: 47
 Numero finestre incluse nel calcolo: 47
 Dimensione temporale finestre: 20.480 s
 Tipo di liscio: Triangolo proporzionale
 Percentuale di liscio: 10.00 %

Tabella finestre:

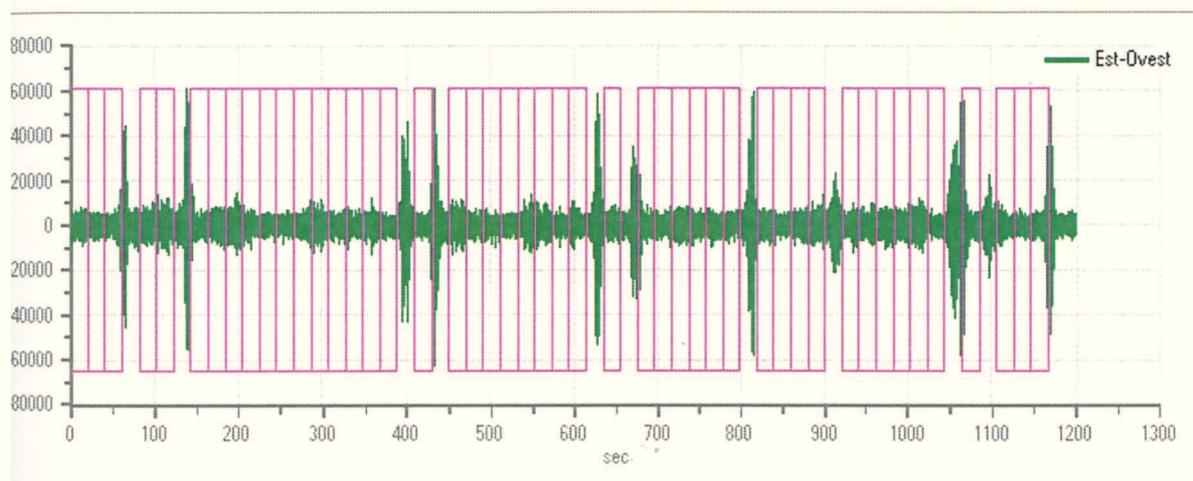
Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	20.48	Inclusa
2	20.48	40.96	Inclusa
3	40.96	61.44	Inclusa
4	81.92	102.4	Inclusa
5	102.4	122.88	Inclusa

6	143.36	163.84	Inclusa
7	163.84	184.32	Inclusa
8	184.32	204.8	Inclusa
9	204.8	225.28	Inclusa
10	225.28	245.76	Inclusa
11	245.76	266.24	Inclusa
12	266.24	286.72	Inclusa
13	286.72	307.2	Inclusa
14	307.2	327.68	Inclusa
15	327.68	348.16	Inclusa
16	348.16	368.64	Inclusa
17	368.64	389.12	Inclusa
18	409.6	430.08	Inclusa
19	450.56	471.04	Inclusa
20	471.04	491.52	Inclusa
21	491.52	512	Inclusa
22	512	532.48	Inclusa
23	532.48	552.96	Inclusa
24	552.96	573.44	Inclusa
25	573.44	593.92	Inclusa
26	593.92	614.4	Inclusa
27	634.88	655.36	Inclusa
28	675.84	696.32	Inclusa
29	696.32	716.8	Inclusa
30	716.8	737.28	Inclusa
31	737.28	757.76	Inclusa
32	757.76	778.24	Inclusa
33	778.24	798.72	Inclusa
34	819.2	839.68	Inclusa
35	839.68	860.16	Inclusa
36	860.16	880.64	Inclusa
37	880.64	901.12	Inclusa
38	921.6	942.08	Inclusa
39	942.08	962.56	Inclusa
40	962.56	983.04	Inclusa
41	983.04	1003.52	Inclusa
42	1003.52	1024	Inclusa
43	1024	1044.48	Inclusa
44	1064.96	1085.44	Inclusa
45	1105.92	1126.4	Inclusa
46	1126.4	1146.88	Inclusa
47	1146.88	1167.36	Inclusa

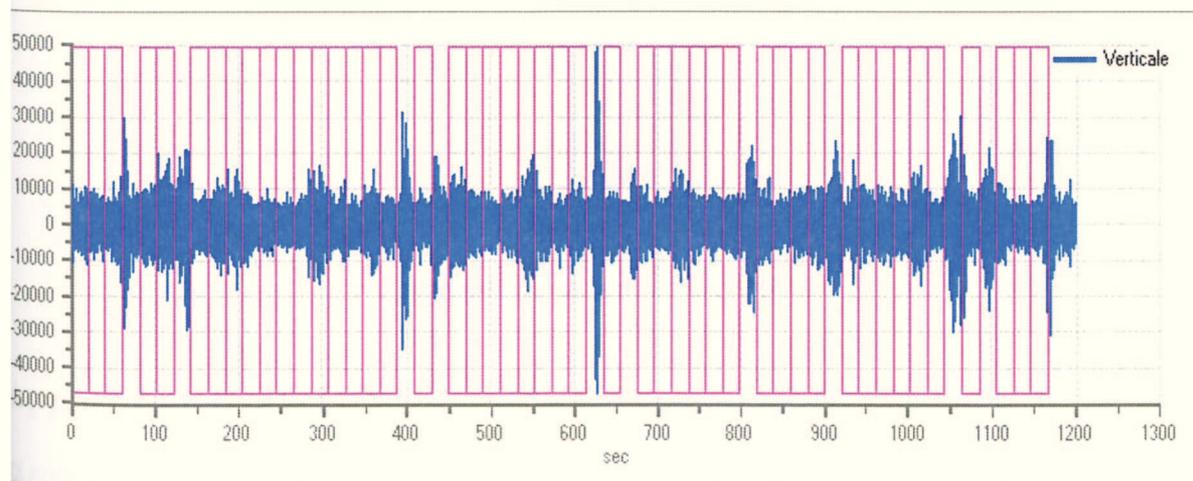
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

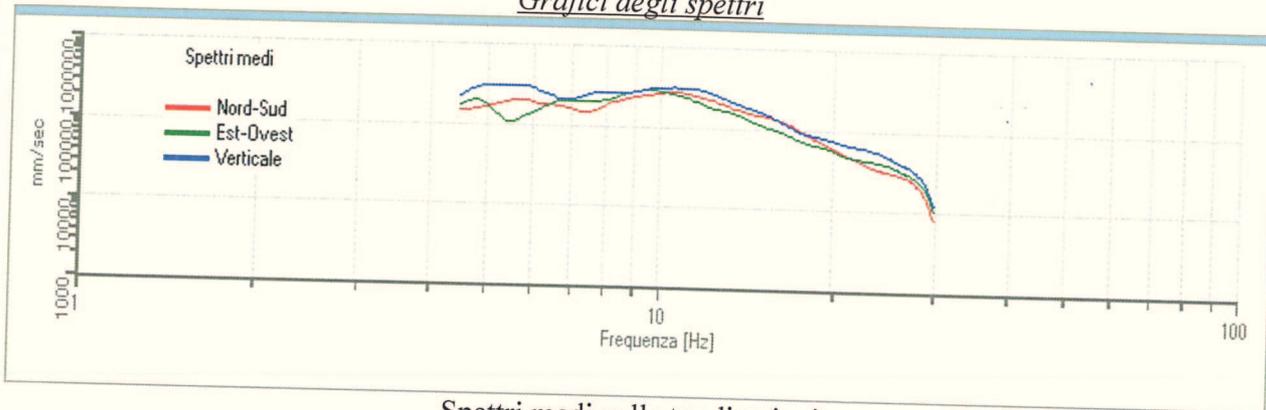


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

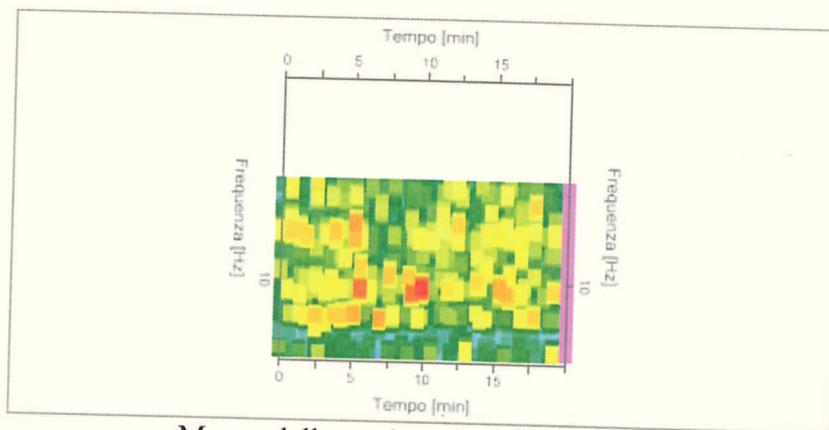


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

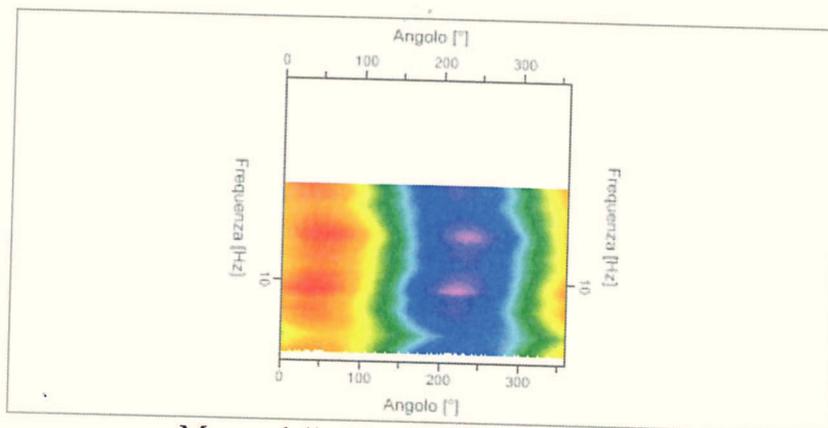
Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mapa della stazionarietà degli spettri



Mapa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

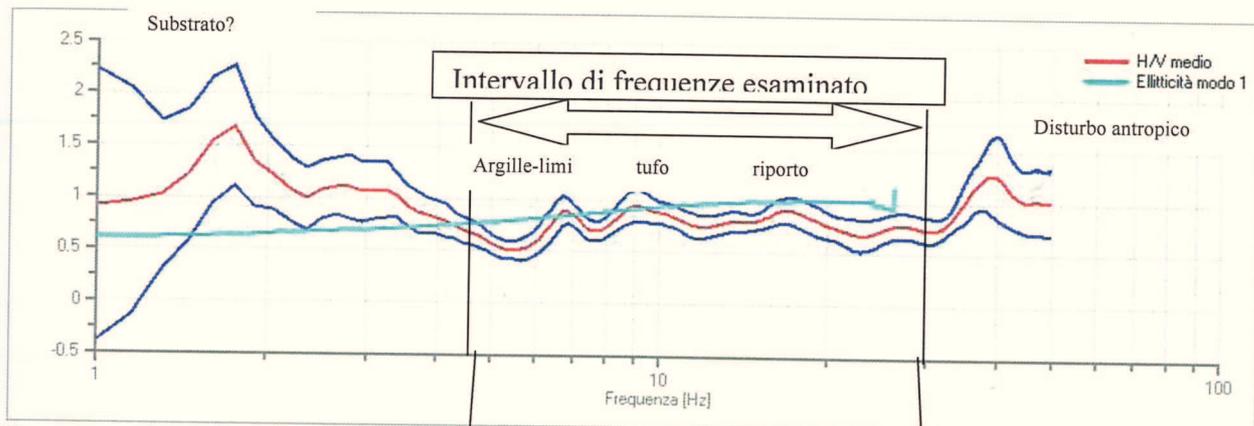
Dati riepilogativi:

Frequenza massima:	30.00 Hz
Frequenza minima:	4.50 Hz
Passo frequenze:	0.15 Hz
Tipo lisciamento::	Triangolare proporzionale

Percentuale di lisciamento: 10.00 %
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

Risultati:

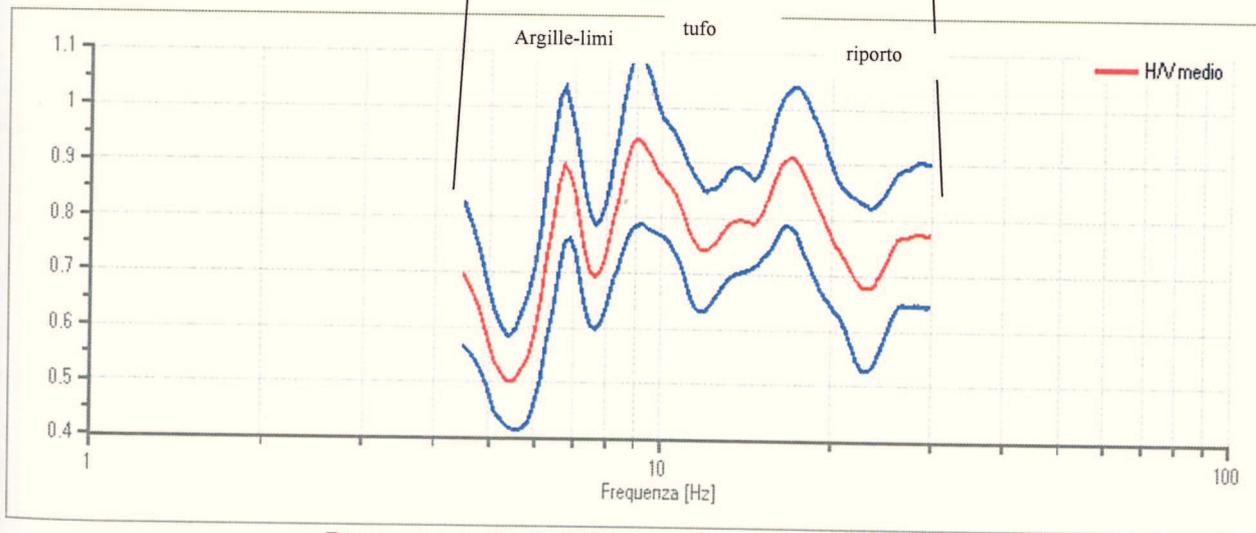
Frequenza del picco del rapporto H/V: 9.15 Hz \pm 0.16 Hz



Rapporto spettrale H/V

frequenze 1-50 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

Verifica

Esito

$f_0 > 10/l_w$

Ok

$n_c(f_0) > 200$

Ok

$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$.

Ok

$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$.

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

Non superato

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

Non superato

$A_0 > 2$

Non superato

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

$$\sigma_f < \varepsilon(f)$$

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

Ok

Ok

Ok

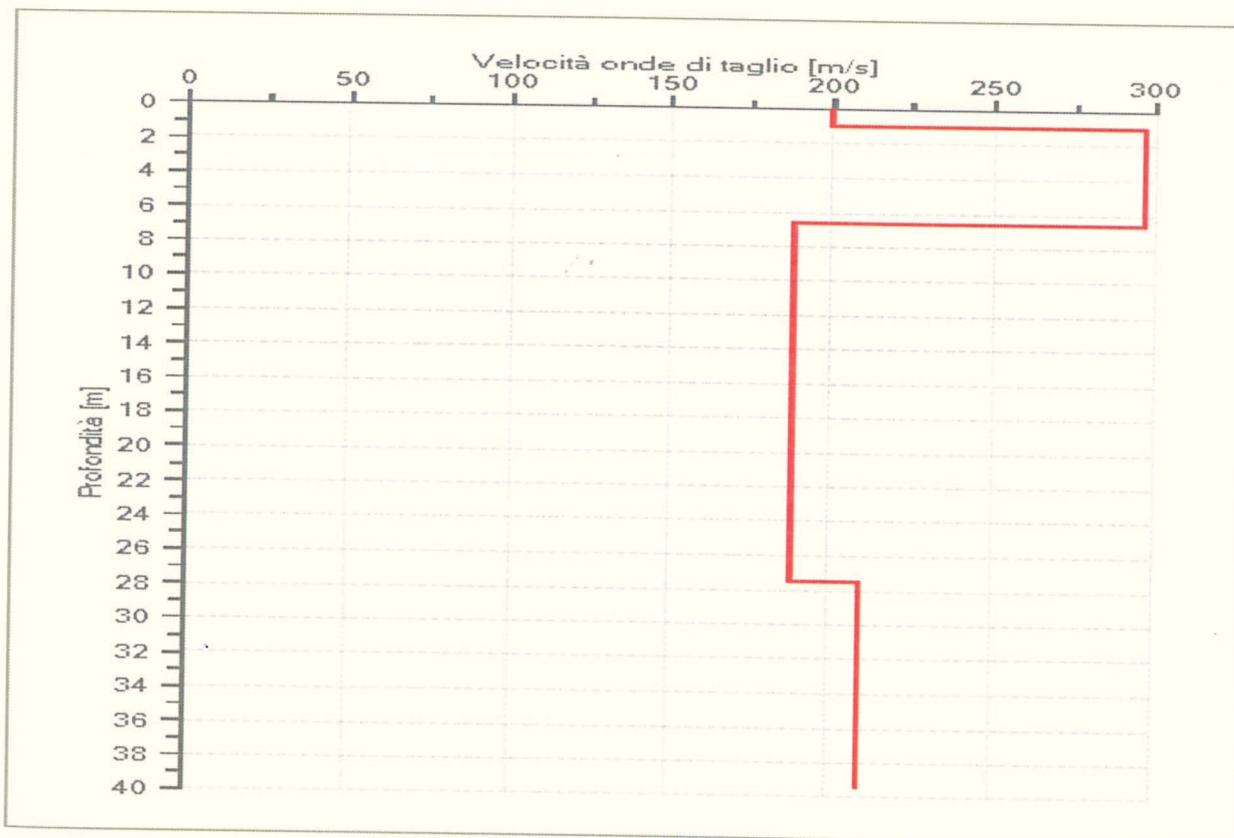
Modello stratigrafico

Dati riepilogativi:

Numero strati: 4
 Frequenza del picco dell'ellitticità: 29.85 Hz
 Valore di disadattamento: 0.14
 Valore Vs30: 204.75 m/s

Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m ³]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	1	18.5	0.35	200
2	1	5.7	19.5	0.3	297
3	6.7	20.74	18.5	0.3	188
4	27.44	12.07	18.5	0.3	210



Profilo delle velocità delle onde di taglio.

HVSR MINDIF 2

Dati generali

Operatore: Dott. Geologo Angelo Bonifazi

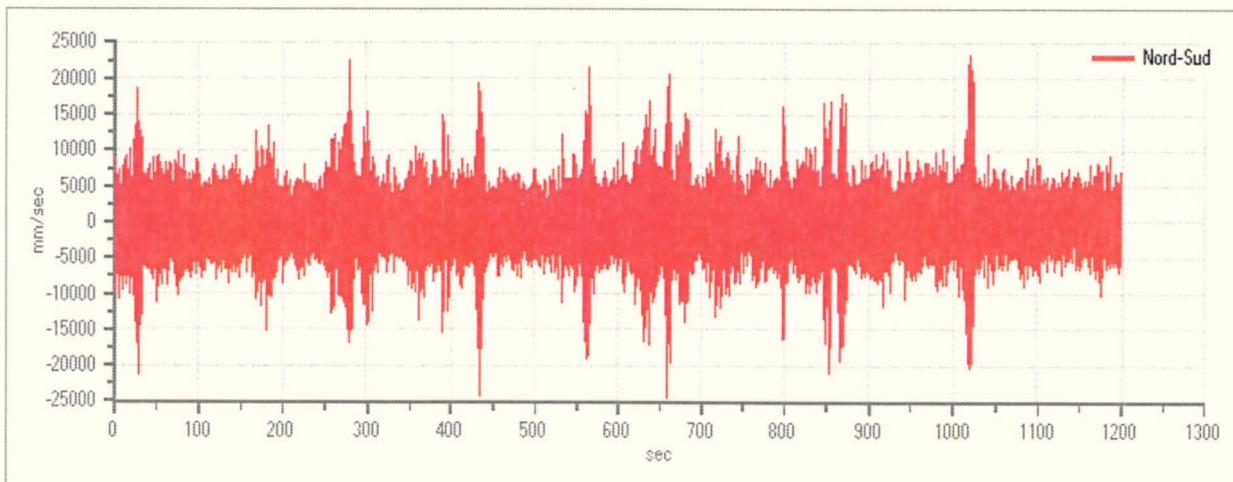
Data: 31/01/2013

Tracce in input

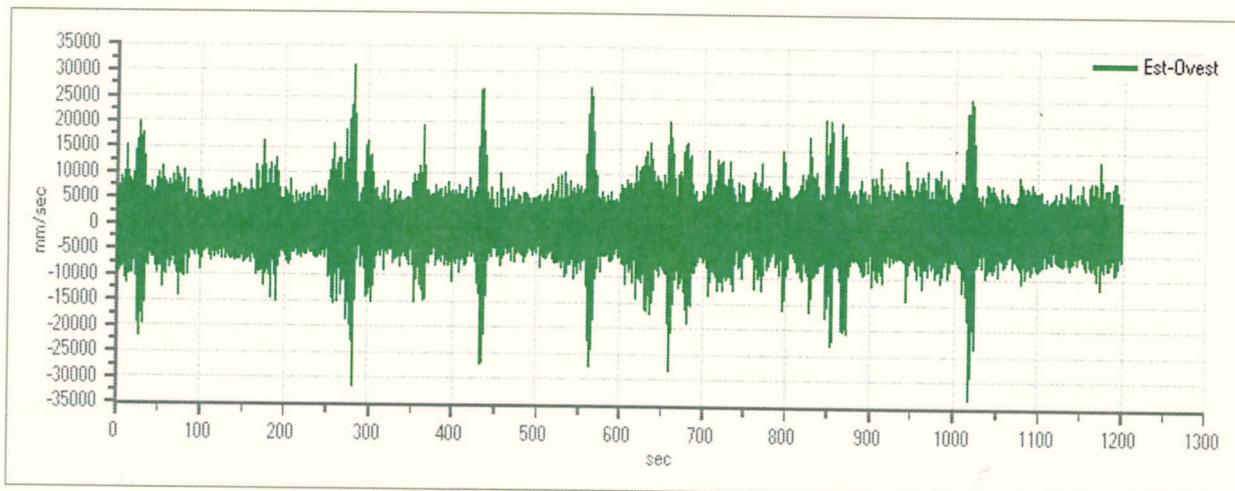
Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	1200 s
Frequenza di campionamento:	100.00 Hz
Numero campioni:	120024
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

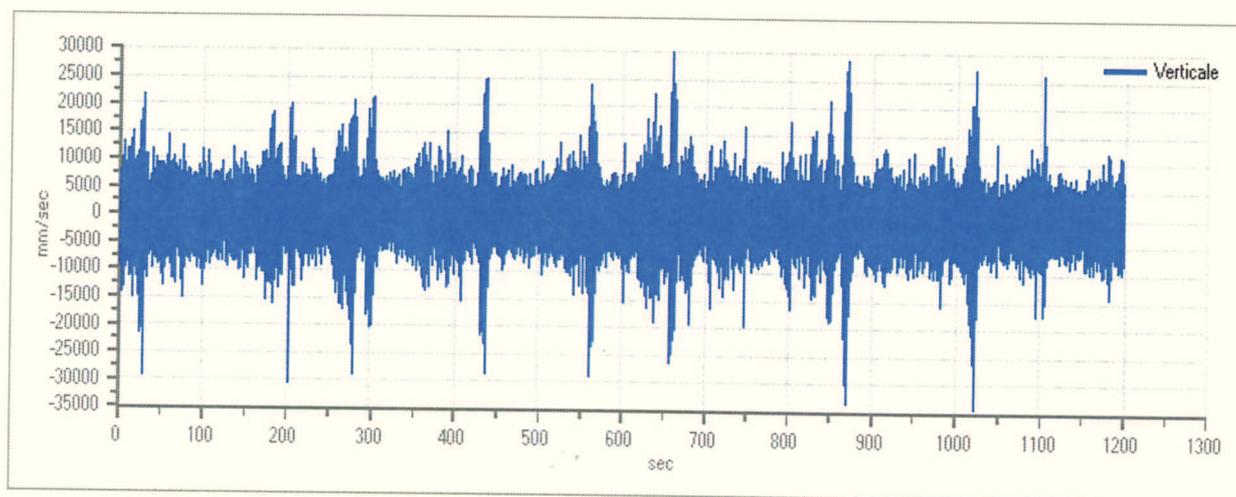
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

Finestre selezionate

Dati riepilogativi:

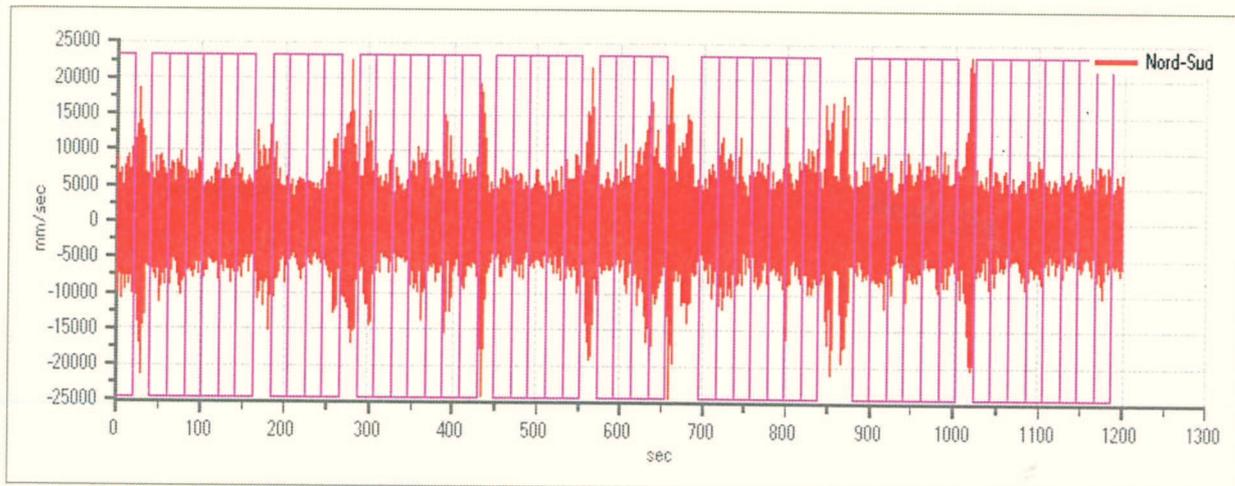
Numero totale finestre selezionate: 48
 Numero finestre incluse nel calcolo: 48
 Dimensione temporale finestre: 20.480 s
 Tipo di lisciamto: Triangolo proporzionale
 Percentuale di lisciamto: 10.00 %

Tabella finestre:

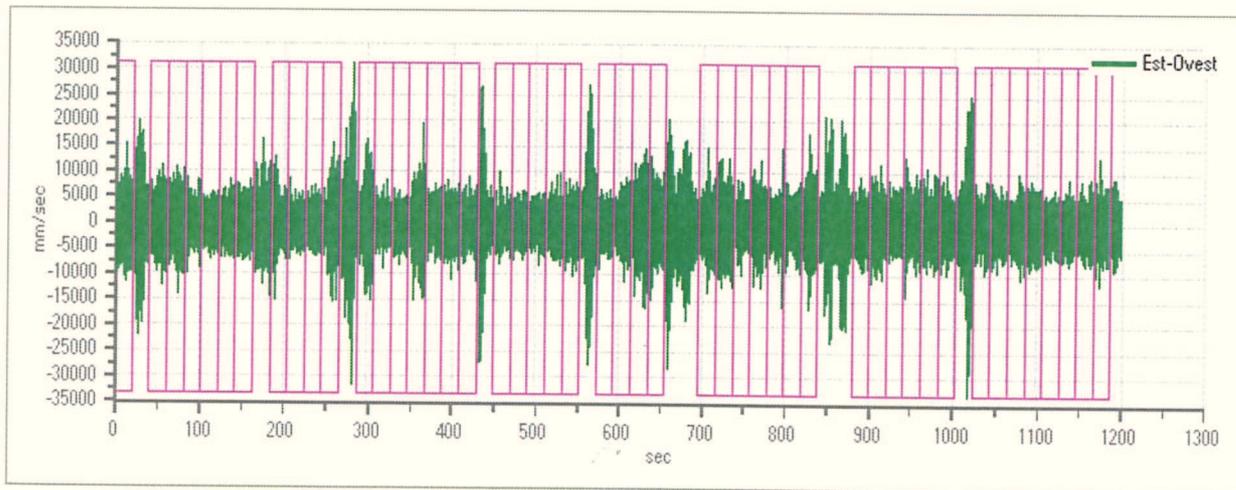
Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	20.48	Inclusa
2	40.96	61.44	Inclusa
3	61.44	81.92	Inclusa
4	81.92	102.4	Inclusa
5	102.4	122.88	Inclusa

6	122.88	143.36	Inclusa
7	143.36	163.84	Inclusa
8	184.32	204.8	Inclusa
9	204.8	225.28	Inclusa
10	225.28	245.76	Inclusa
11	245.76	266.24	Inclusa
12	286.72	307.2	Inclusa
13	307.2	327.68	Inclusa
14	327.68	348.16	Inclusa
15	348.16	368.64	Inclusa
16	368.64	389.12	Inclusa
17	389.12	409.6	Inclusa
18	409.6	430.08	Inclusa
19	450.56	471.04	Inclusa
20	471.04	491.52	Inclusa
21	491.52	512	Inclusa
22	512	532.48	Inclusa
23	532.48	552.96	Inclusa
24	573.44	593.92	Inclusa
25	593.92	614.4	Inclusa
26	614.4	634.88	Inclusa
27	634.88	655.36	Inclusa
28	696.32	716.8	Inclusa
29	716.8	737.28	Inclusa
30	737.28	757.76	Inclusa
31	757.76	778.24	Inclusa
32	778.24	798.72	Inclusa
33	798.72	819.2	Inclusa
34	819.2	839.68	Inclusa
35	880.64	901.12	Inclusa
36	901.12	921.6	Inclusa
37	921.6	942.08	Inclusa
38	942.08	962.56	Inclusa
39	962.56	983.04	Inclusa
40	983.04	1003.52	Inclusa
41	1024	1044.48	Inclusa
42	1044.48	1064.96	Inclusa
43	1064.96	1085.44	Inclusa
44	1085.44	1105.92	Inclusa
45	1105.92	1126.4	Inclusa
46	1126.4	1146.88	Inclusa
47	1146.88	1167.36	Inclusa
48	1167.36	1187.84	Inclusa

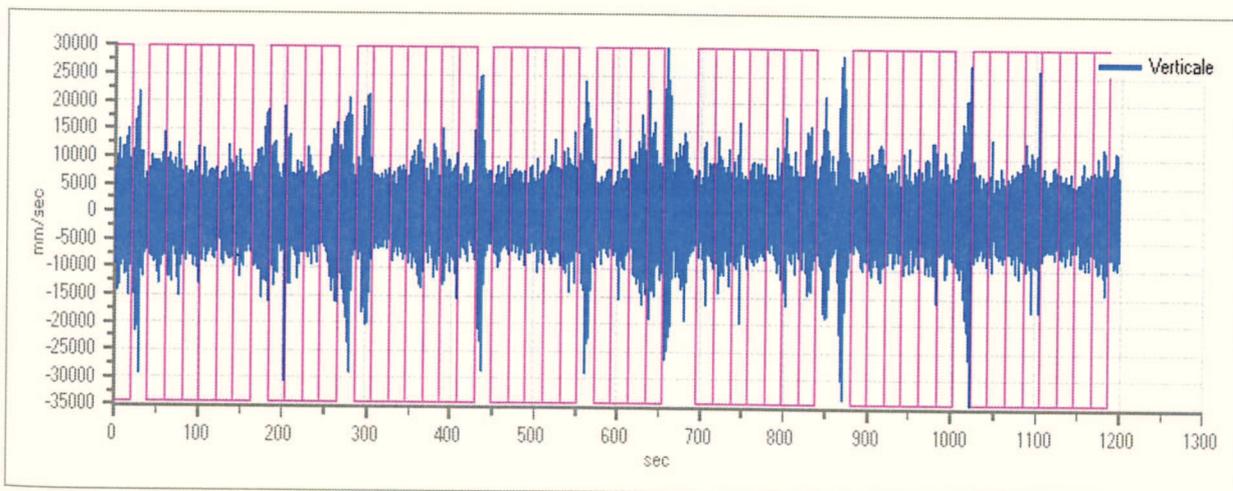
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

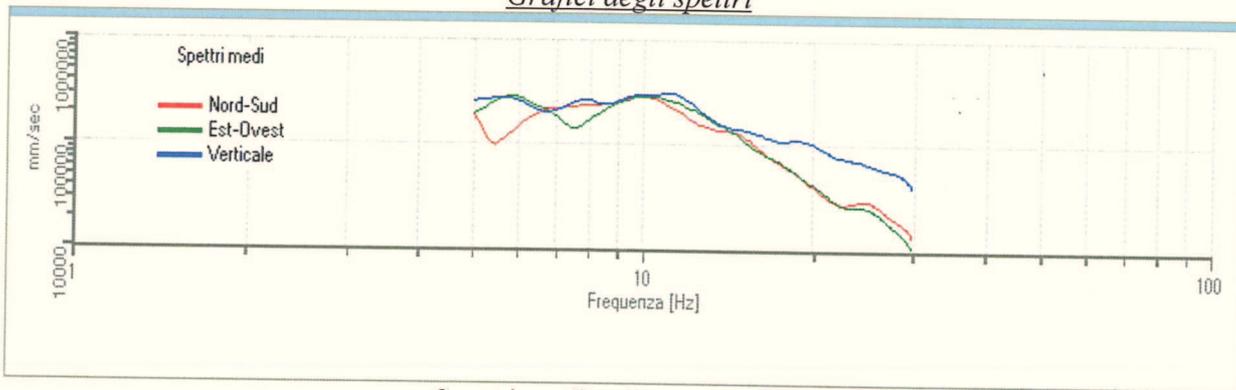


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

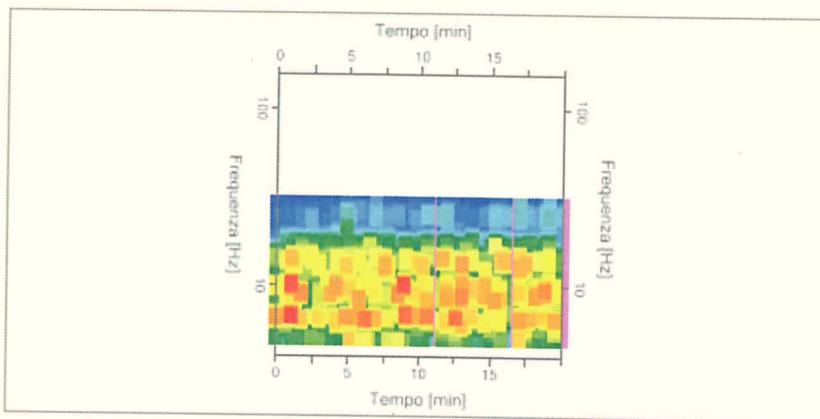


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

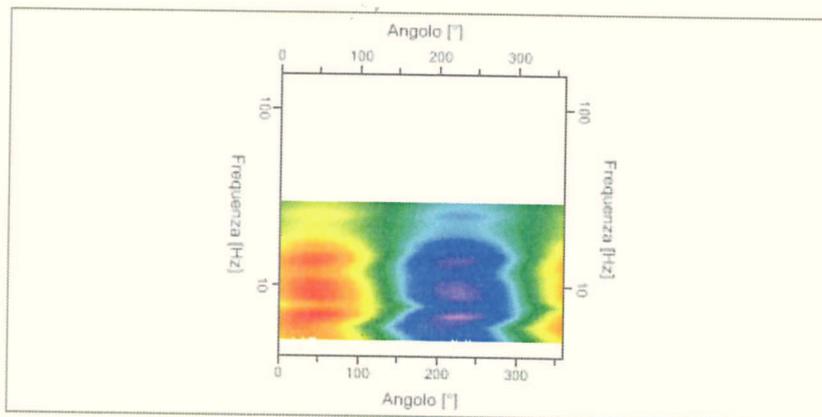
Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mapa della stazionarietà degli spettri



Mapa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

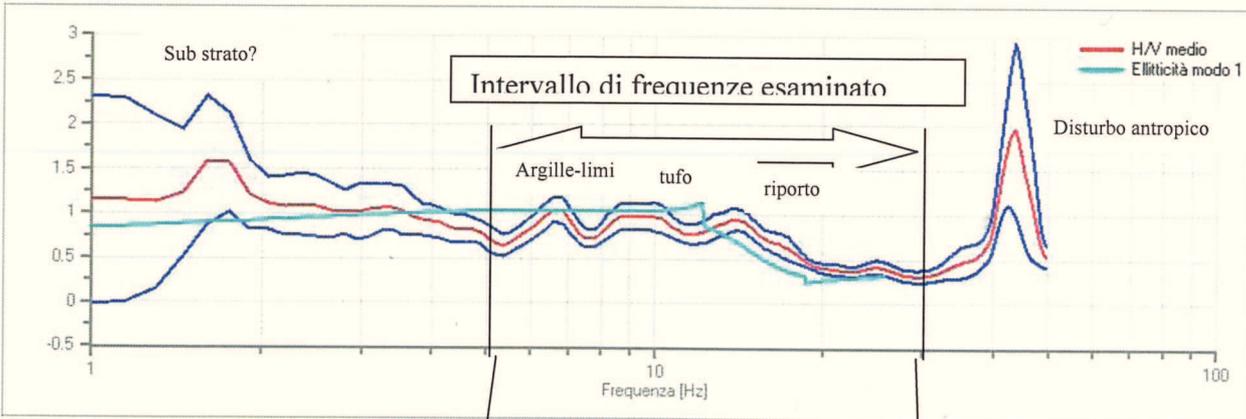
Dati riepilogativi:

Frequenza massima:	30.00 Hz
Frequenza minima:	5.00 Hz
Passo frequenze:	0.15 Hz
Tipo lisciamento::	Triangolare proporzionale

Percentuale di lisciamento: 10.00 %
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

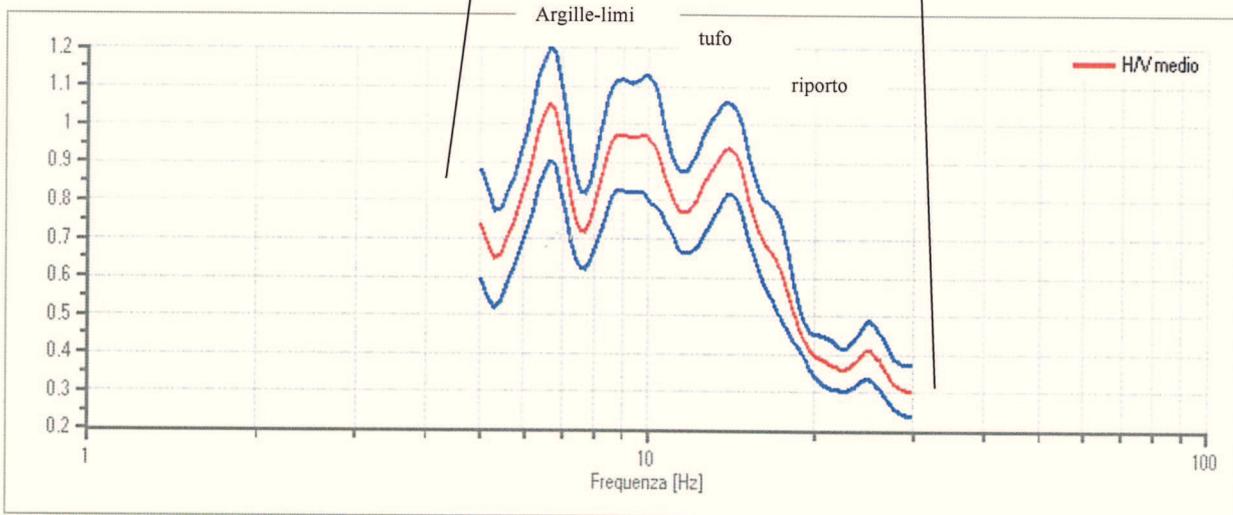
Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 6.65 Hz ± 0.14 Hz



Rapporto spettrale H/V

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$.	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$.	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Non superato
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Non superato
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok

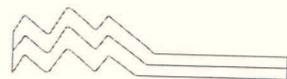


FOTO 1 :
Esecuzione prova HVSR 1



FOTO 2 :
Esecuzione prova HVSR 2

$$\sigma_f < \varepsilon(f)$$

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

Ok
Ok

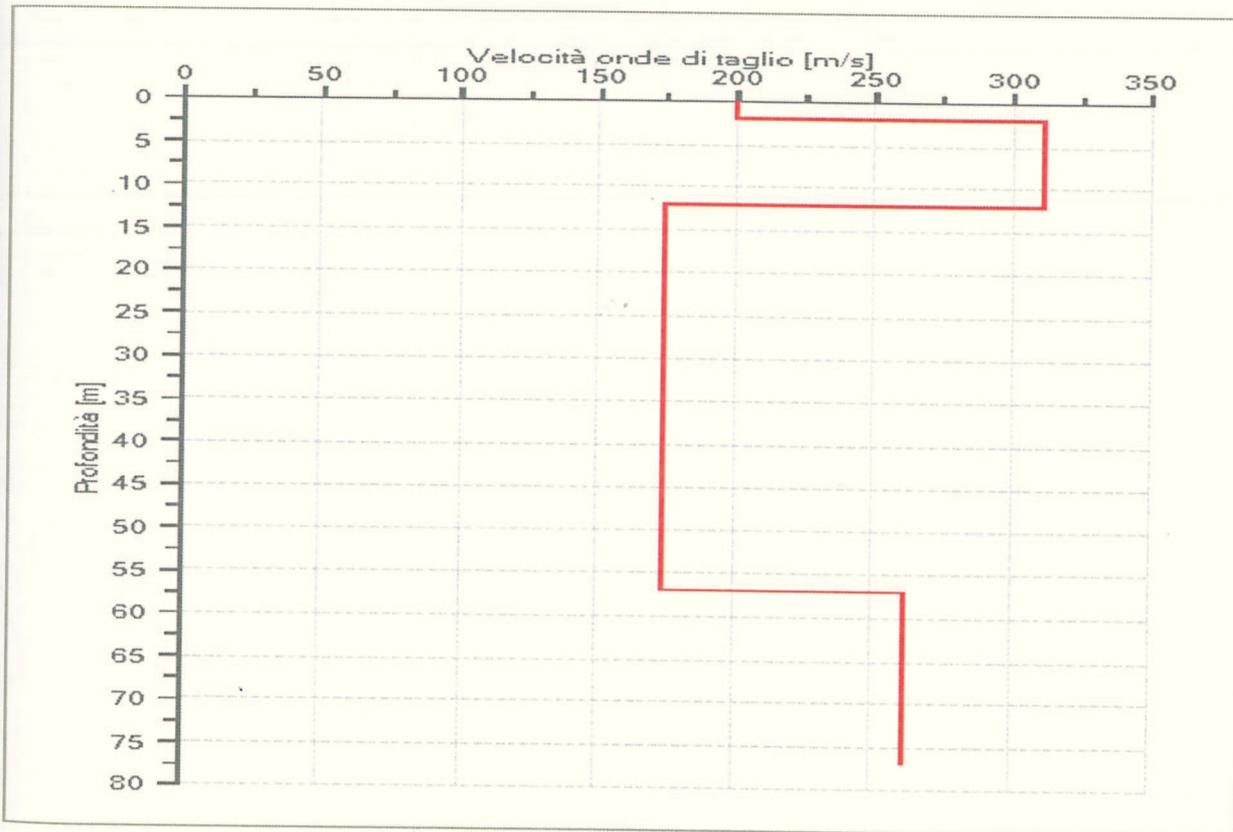
Modello stratigrafico

Dati riepilogativi:

Numero strati: 4
 Frequenza del picco dell'ellitticità: 16.10 Hz
 Valore di disadattamento: 0.21
 Valore Vs30: 206.19 m/s

Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m ³]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	2	18.5	0.34	200
2	2	10	19.5	0.3	311
3	12	44.92	18.5	0.3	174
4	56.92	20	18.5	0.3	262



Profilo delle velocità delle onde di taglio.