



Servizi Ambientali Centro Abruzzo

AREA TECNICA



Organizzazione con
Sistema di Gestione Qualità
Certificato n. 176349

67039 SULMONA (AQ) - Viale del Commercio, 2 - tel. 0864-210721 fax 0864210106 <http://www.acqua.it> e-mail: info@acqua.it
Capitale Sociale: Euro 696.996,00 - Reg. Imprese C.C.I.A.A. L'Aquila - C.F. 92006600669 R.E.A. 83640 - P. I. 01321570663

**INTERVENTI PER SUPERAMENTO PROCEDURE
D'INFRAZIONE COMUNITARIE IN MATERIA DI
TRATTAMENTO ACQUE REFLUE URBANE
Agglomerato IT13066028A01
CASTEL DI SANGRO**

PROGETTO PRELIMINARE

**ELABORATO:
RELAZIONE GEOLOGICA**

ALLEGATO

4

DATI CATASTALI:
Fg. ____ Par. ____

SCALA

DATA: marzo 2013

1°-Aggiornam.:

2°-Aggiornam.:

Collaboratori:

**IL TECNICO
DOTT. GEOL. DOMENICO TROTTA**

Sulmona, lì

**Il Responsabile del Procedimento
ING ALESSANDRO PACCHIAROTTI**

**Studio di Geologia
Geol. Domenico TROTTA**

Viale G.Cesare, 8 67030 CORFINIO(AQ)
tel e fax 0864732017 cell 3283715223
mail . trottadomenico@interfree.it PEC. domenico.trotta-5625@postacertificata.gov.it
P.IVA 01722910666 C.F. TRTDNC70S26G878L

S.A.C.A. S.p.A. Servizi Ambientali Centro Abruzzo Viale del Commercio n.2 - 67039 SULMONA AQ	
13 MAG. 2013	
N° PROT.	2852

COMUNE DI CASTEL DI SANGRO

PROVINCIA DI L'AQUILA

**INTERVENTI PER SUPERAMENTO PROCEDURE D'INFRAZIONE
COMUNITARIE IN MATERIA DI TRATTAMENTO ACQUE REFLUE URBANE
Castel di Sangro- agglomerato IT13066028A01**

**RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA SULLE INDAGINI
CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA
PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E LOCALE**

IL TECNICO : Dott. Geol. Domenico TROTTA

COMMITTENTE : S.A.C.A. S.p.A.

Maggio 2013



INDICE

1)PREMESSA.....	pg.2
2) INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE.....	pg.5
2.1- CENNI DI GEOLOGIA E TETTONICA	
2.2- LITOSTRATIGRAFIA	
3) CARATTERISTICHE DELL'AREA INDAGATA.....	pg.8
3.1 - CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE GENERALI	
3.2 - SISMICITÀ DELL' AREA	
4) PIANO DELLE INDAGINI.....	pg.15
5) DATI SISMICI DEL SITO DI STUDIO.....	pg.16
6)PARAMETRI GEOTECNICI	pg.18
6.1- RISULTATI DELLE INDAGINI E LORO INTERPRETAZIONE	
6.2- VALORI CARATTERISTICI (E NOMINALI) DEL TERRENO DI FONDAZIONE	
6.3- CALCOLO DELLA RESISTENZA DI PROGETTO DEL TERRENO RD	
7) CONSIDERAZIONI E RACCOMANDAZIONI CONCLUSIVE.....	pg.25

ALLEGATI :

- **ALL.1** : PLANIMETRIA CATASTALE CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI ; CARTOGRAFIA TECNICA TOPOGRAFICA (1:5.000), GEOLOGICA (1:50.000) , CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA-PAI REGIONE ABRUZZO (1:25.000)
- **ALL.2** : RAPPORTO DI INDAGINE (PROVA MASW - PROVA SISMICA HVSR - PROVE PENETROMETRICHE DPSPH)
- **ALL.3**: DATI SISMICI E SPETTRI DI NORMATIVA (RELAZIONE SISMICA)

PREMESSA

La presente relazione è stata redatta dal sottoscritto, Domenico Trotta iscritto all'albo dei Geologi Regione Abruzzo, con numero di iscrizione 442, su incarico dell'Area Tecnica della S.A.C.A. SpA (Servizi Ambientali Centro Abruzzo). Gli interventi oggetto dell'incarico, consistono nella messa in sicurezza e ammodernamento di opere connesse all'impiantistica del depuratore di Castel di Sangro in provincia dell'Aquila .

In base alla documentazione catastale, le opere in questione sono comprese principalmente nella **particella 354, relativa al foglio 22** del Catasto Terreni del comune di Castel di Sangro.



Fig. 1 – Immagine del sito di progetto

Il sito è inquadrabile mediante le seguenti coordinate geografiche (Sistema WGS 84):

- LAT. N 41,797654°
- LONG. E 14,114004°
- ALTITUDINE 780,00 m s.l.m

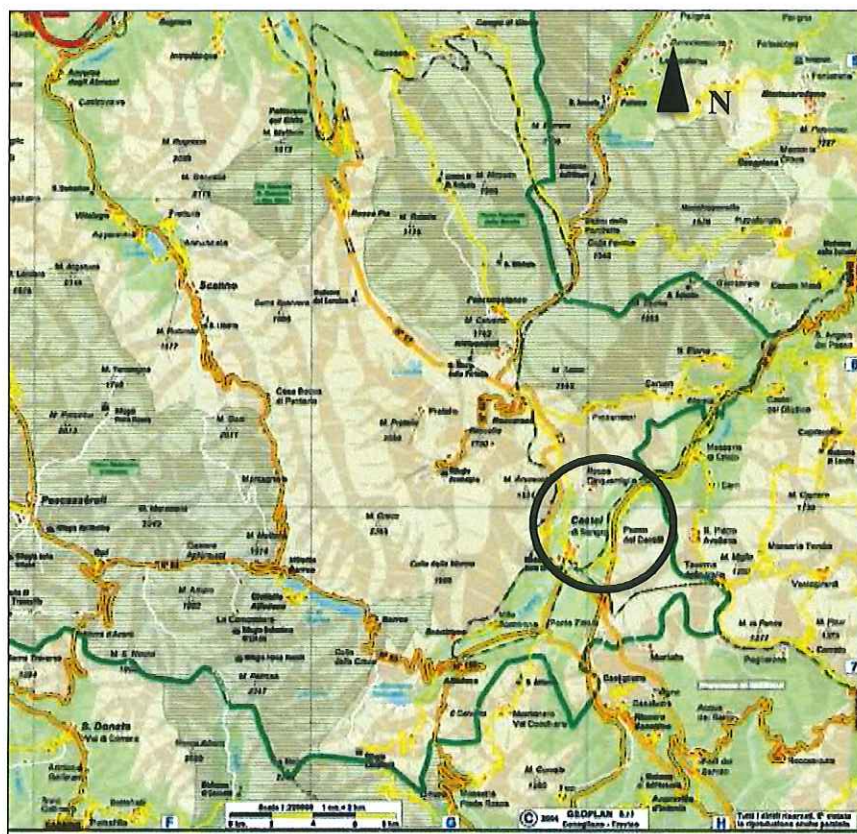


Fig. 2 – Inquadramento Geografico su carta turistica della Provincia dell'Aquila

L'area di studio ricade nella porzione di nord-est dell'inserto di mappa topografica, relativo al Foglio 392 O, a margine con il Foglio 379 O, della Cartografia Ufficiale della Regione Abruzzo a scala 1:25.000, ed è inquadrata nell'elemento 39204 della Carta Tecnica Regionale, a scala 1:5.000. Dal punto di vista geologico la zona è compresa nel settore centrorientale del Foglio Geologico N.153 Agnone, relativo alla Carta Geologica D'Italia alla scala 1:100.000.

Nelle planimetrie inserite negli allegati al presente documento, sono stati riportati degli elaborati cartografici dove si evidenzia la collocazione geo-topografica del sito e l'inquadramento geologico.

In considerazione dell'incidenza delle opere previste e delle condizioni generali della zona, la metodologia d'indagine adottata ha previsto, nell'ordine:

- o *ricognizione preliminare necessaria per prendere visione dello stato dei luoghi;*
- o *ricerche bibliografiche e consultazione dei rilevamenti e risultati delle prove in sito di carattere geotecnico e sismico;*
- o *esame di dettaglio del terreno al fine di accertare le caratteristiche geologiche, geotecniche, geomorfologiche ed idrogeologiche;*
- o *Si è consultato, inoltre, il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico PAI (LL.RR. Abruzzo 16.09.1988 n.81- 24.08.2001 n.43) e il Piano Stralcio Difesa Alluvioni PSDA- Studi idraulici per la mappatura delle aree inondabili nei Bacini Aterno-Pescara e Fiume Sangro.*
- o *rielaborazione di quanto emerso dalle indagini e redazione della presente relazione tecnica con indicazioni operative.*

Nella stesura della presente relazione e nell'esecuzione delle indagini sono state tenute nel debito conto, sia la recente normativa sulle costruzioni in zone sismiche (Eurocodici 7 e 8) ovvero il D.M. 14 Gennaio 2008 : *Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni* e successiva Circolare esplicativa n.617 del 02/02/2009 , il D.M. 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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.*

Si è inoltre tenuto presente delle normative di emanazione recente in materia ambientale D.M.161/2012 a cui bisogna attenersi nel caso di movimenti consistenti di terreno: "Disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo", pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* 21 Settembre 2012, n.221.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

2.1) CENNI DI GEOLOGIA E TETTONICA

L'area oggetto di studio è situata all'interno della valle del Sangro. Da un punto di vista geologico i terreni sono costituiti da depositi sedimentari alluvionali fluvio-lacustri di età quaternaria, mentre l'ossatura dei rilievi circostanti la valle è costituita da formazioni sedimentarie marine meso-cenozoiche appartenenti ad un dominio calcareo denominato di "Scarpa-Bacino prossimale", sono presenti inoltre unità derivanti dalla deformazione del bacino molisano e della piattaforma carbonatica abruzzese esterna..

In particolare le strutture carbonatiche abruzzesi ed i sedimenti terrigeni del bacino molisano sono delimitati da un elemento tettonico rappresentato dalla faglia di Alfedena. Si possono dunque evidenziare due aree in base alle diverse caratteristiche litologiche, morfologiche ed idrologiche: un'area occidentale che va dall'alta valle del Sangro fino ad Alfedena, ed una zona compresa tra Alfedena fino oltre Ateleta.

Le serie stratigrafiche, che caratterizzano le due zone, presentano caratteristiche differenti a causa delle diverse condizioni dell'ambiente di sedimentazione. Infatti la serie occidentale, detta anche serie Abruzzese, è rappresentata principalmente da calcari e dolomie, successioni tipiche di piattaforma carbonatica sedimentate in ambienti poco profondi. Mentre nella zona orientale la successione è riferibile alla facies molisana costituita da sedimenti terrigeni ben rappresentati nei dintorni di Castel di Sangro, in particolare i termini oligocenici sono circondati da termini argillosi-arenacei del miocene sup.. Questi terreni sono costituiti da un alternanza di argilliti molto coerenti con argille-sabbiose e livelli arenitici molto compatti. La facies molisana si raccorda alla serie Abruzzese attraverso i terreni alluvionali dell'ampia valle del Sangro.

Attraverso l'abbondante bibliografia geologica esistente ed i rilevamenti di dettaglio svolti sul terreno, sono emersi dati ed indicazioni che permettono una ricostruzione dell'evoluzione di questa zona durante il Quaternario, che indicano la stratigrafia dei depositi affioranti, definendo i rapporti tra le diverse unità.

L'assetto tettonico di questo settore dell'appennino, paragonabile a quello di altre importanti dorsali, è caratterizzato da una situazione molto complessa determinata dall'interferenza di diversi domini strutturali e paleogeografici, infatti, l'Abruzzo

occidentale è costituito da una serie di strutture calcaree e calcareo-dolomitiche meso-cenozoiche con orientazione NW-SE, separate da strette depressioni vallive nelle quali affiorano i depositi silicoclastici delle avanfosse neogeniche.

Il rapporto tra le strutture carbonatiche e le unità terrigene è una conseguenza degli effetti di un'attività tettonica polifasica a diversa direzione di trasporto, con caratteri compressivi dal Miocene sup.-Pliocene inf., e distensivi dal Pliocene sup.-Pleistocene inf.. I sistemi principali di faglie sono ad andamento N-S o NNW-SSE, interpretate come sovrascorrimenti, anche se un'importante linea tettonica, di cui è stata riconosciuta la natura trascorrente destra, è la **faglia di Alfedena** con orientazione NE-SW. Questa faglia interrompe le molteplici faglie N-S e la faglia E-W della struttura M. Genzana - M. Greco.

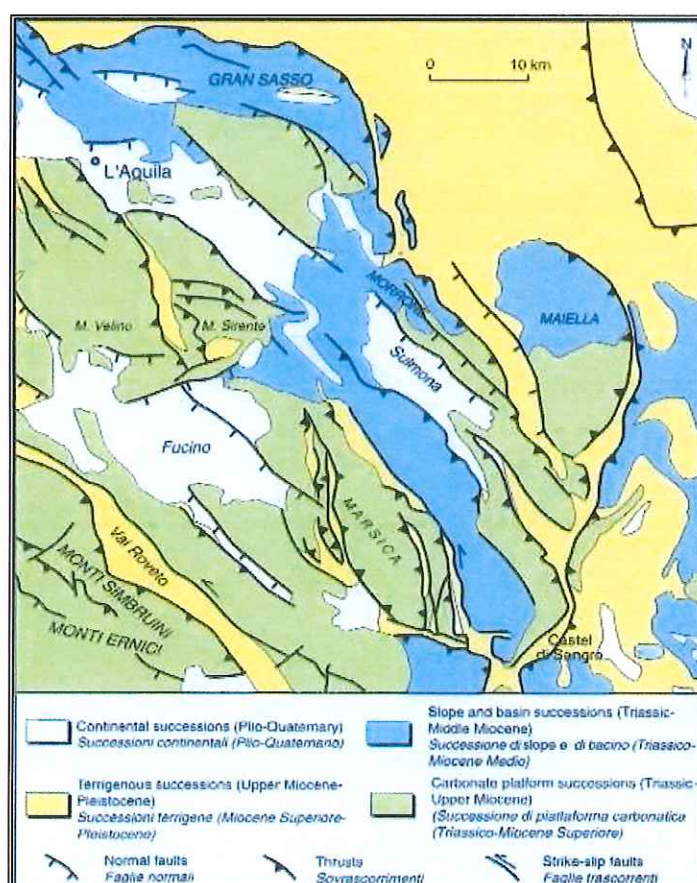


Fig. 2 –Schema litostratigrafico strutturale dell'Appennino Abruzzese

2.2) LITOSTRATIGRAFIA

In questo capitolo, le **litofacies** sono state differenziate in relazione non solo ai vari ambienti ma anche agli intervalli d'età nei quali compaiono.

- **Successioni del Miocene medio-inf.** Questi depositi sono ben osservabili nel settore nord occidentale, poco a nord del centro abitato di Castel di Sangro, nelle vicinanze di Roccacinquemiglia , sono costituiti da alternanze di conglomerati ben cementati in banchi da 1 a 2 mt, e marne argillose rosse con intercalazioni di calciruditi bioclastiche , in banchi lenticolari con spessore da 3 a 5mt.
- **Successioni del Miocene sup.. (Flysch di Agnone)**
La successione è costituita da un alternanza argilloso-arenacea in strati sottili con livelli arenacei che tendono ad aumentare in spessore e frequenza verso l'alto, dove assumono anche granulometrie più grossolane, localmente fino a conglomeratiche. di limi sabbiosi, limi argillosi, argille grigie nerastre e limi calcareo-marnosi. Questi depositi terrigeni affiorano estesamente nella zona tra Castel di Sangro e Pizzoferrato verso nord-est e fino ad Alfedena, anche se in misura minore, verso sud-ovest.
- **Successioni del Pleistocene sup.. (Depositi alluvionali terrazzati.)**
Litologicamente sono costituiti da conglomerati con clasti carbonatici, ben arrotondati di dimensioni variabili da centimetriche a decimetriche, all'interno dei conglomerati, caratterizzati anche dalla presenza di stratificazioni incrociate e piano parallele, e clasti embricati, si intercalano lenti e/o livelli di sabbie e limi di spessore decimetrico. Affiorano maggiormente nel settore centro-meridionale dell'area, con quote comprese tra i 850 e 900 m s.l.m..
- **Successioni Oloceniche.** (Depositi di piana alluvionale e detrito di versante.) Gran parte della valle del Sangro è coperta da depositi alluvionali, localizzati nel fondovalle dei vari corsi d'acqua, che attraversano la Piana, e sono caratterizzati da un'alternanza di livelli di sabbie avana e conglomerati di natura prevalentemente calcarea generalmente non cementati, immersi in matrice sabbiosa-limosa; a volte sono presenti delle embriciature.

CARATTERISTICHE DELL'AREA INDAGATA

3.1) CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE GENERALI


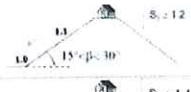
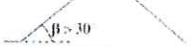
L'area in oggetto è ubicata a circa 780 m s.l.m. all'interno di una zona sub-orizzontale, i terreni che saranno interessati dalla realizzazione delle opere sono riferibili a depositi fluviali, prevalentemente ghiaiosi-sabbiosi, in particolare la successione è costituita da un'alternanza di ghiaie e sabbie ben gradate con livelli conglomeratici e sabbiosi, a luoghi possono prevalere materiali fini e coesivi come limi lacustri e/o palustri, che con l'aumentare della profondità acquistano sempre più caratteristiche argillose.

Per accertare le condizioni di **pericolosità geomorfologica ed idrogeologica**, di quest'area del territorio di Castel di Sangro, è stata realizzata una analisi foto-interpretativa utilizzando foto aeree recenti e storiche e si è effettuato un rilevamento geomorfologico speditivo. Nelle unità carbonatiche il paesaggio è costituito da versanti acclivi blandamente ondulate e frequentemente interrotte da ripidi pendii e da imponenti forme per erosione, mentre nei depositi alluvionali il paesaggio si presenta come un'area estesa sub-pianeggiante terrazzata che si estende dalle pendici della di M. Arazzecca fino a valle all'altezza di Castel di Sangro . L'indagine geomorfologica è stata eseguita con l'obiettivo di acquisire tutti gli elementi necessari alla conoscenza della geomorfologia del territorio in studio e si è svolto con un lavoro di ricerca diretta eseguita sul campo che conferma a grosse linee la presenza di forme e processi individuati nell'ambito del Progetto di Piano Stralcio di Bacino Idrogeologico(PAI) "Fenomeni Gravitativi e Processi Erosivi" redatto dalla Regione Abruzzo.

Dallo studio della **cartografia del PAI**, sono ben riconoscibili alcune frane e smottamenti immediatamente a nord e nord-ovest del F.Sangro, tali fenomeni non sembrano al momento interessare le immediate vicinanze del sito in cui si sta progettando. Per un maggior dettaglio sulle aree classificate dal PAI, come pericolosità da frana, è stata riportata negli allegati cartografici uno stralcio al 25.000.

Il terreno su cui si sta progettando non ricade nelle aree di stretta influenza delle zone a pericolosità idraulica individuate nel Piano Stralcio Difesa Alluvioni(PSDA) Regione Abruzzo e legate alle esondazioni dei fiumi principali . Dalla consultazione on-line delle cartografie del Piano, il sito in cui si sta progettando risulta esterno dalle fasce caratterizzate da "Pericolosità idraulica"(vedi ALL.1).

Le amplificazioni dovute alla **topografia** sono tra le cause principali degli effetti di sito durante gli eventi sismici, per tale motivo si è deciso di assegnare una categoria topografica poco complessa, ovvero la **categoria T1** .

Categoria topografica	α Inclinazione pendio	S_T	Ubicazione dell'opera	Altezza >30m
T1	$\alpha < 15^\circ$	1.0	-	-
T2 Pendio o rilievi isolati	$\alpha > 15^\circ$	1.2	In corrispondenza della sommità del pendio	
T3 Rilievo con larghezza alla sommità molto inferiore a quella della base	$15^\circ < \alpha < 30^\circ$	1.2	In corrispondenza della cresta del rilievo	
T4	$\alpha > 30^\circ$	1.4	In corrispondenza della cresta del rilievo	

Tab. 1 – Determinazione della categoria topografica secondo NTC 2008

Dal punto di vista strettamente idrogeologico le formazioni geologiche affioranti nell'area possono essere divise in tre gruppi: le formazioni sedimentarie marine meso-cenozoiche, che costituiscono il complesso carbonatico a monte di Castel di Sangro, i depositi terrigeni riferibili al dominio molisano sannitico nel settore più a sud e le formazioni sedimentarie continentali di età plio-quadernaria che rappresentano il riempimento della piana.

I depositi calcarei sono estremamente permeabili per l'intensa fratturazione ed il diffuso carsismo, e quindi permettono l'immagazzinamento di grandi quantità di acqua, di cui una frazione cospicua va ad alimentare l'acquifero profondo, al di sotto del complesso alluvionale fluvio-lacustre. I depositi terrigeni presentano litotipi prevalentemente a bassa permeabilità con termini argillosi-arenacei. Infine le

formazioni sedimentarie continentali di età quaternaria, che costituiscono il riempimento della depressione strutturale nota come piana di Castel di Sangro, presentano una permeabilità variabile da bassissima a buona; possono infatti esistere livelli meno permeabili (limiti idrogeologici), capaci di sostenere falde acquifere sospese, di interesse locale, con discreta produttività.

I sedimenti alluvionali ghiaiosi-sabbiosi, presenti nell'area in esame, sono caratterizzati da un grado di permeabilità che è funzione della granulometria e varia da **$K=10^{-2}$ cm/sec nelle ghiaie e sabbie** a **$K=10^{-5}$ cm/sec nei limi**, con valori ancora più bassi nei livelli in cui la frazione argillosa è più abbondante.

Per quanto riguarda l'idrografia l'asta fluviale di una certa importanza che scorre perennemente è il **Fiume Sangro** e poco più a monte il **Torrente Rasine**, ad una quota leggermente più bassa dell'area in esame, mentre i fossi che interessano i versanti dei rilievi circostanti sono sede di scorrimento superficiale in occasione degli eventi meteorici e risultano molto importanti per il regime del Sangro.

Riguardo al sito in esame, considerato la morfologia del luogo, la natura dei terreni affioranti e la vicinanza al fiume Sangro, **la falda acquifera** di natura subalvea sarà posta ad una profondità di circa **1,8 metri dal p.c.**, risentendo comunque dei regimi pluviometrici stagionali con oscillazioni variabili, positive o negative, di circa 0,5 mt.

Pur non rientrando il sito nelle aree a maggior pericolosità da alluvionamento, da notizie reperite risultano **fenomeni di allagamento** in questo pianoro; con ogni probabilità nei maggiori periodi di piena ed in concomitanza di rilasci di acqua dalla diga di Barrea, il fiume Sangro e l'innalzamento della piezometrica concorrono all'alluvionamento del sito, essendo posto ad una quota inferiore rispetto al fiume .

3.2) SISMICITÀ DELL'AREA

Nella classificazione definita dai decreti emessi sino al 1984, la sismicità è definita attraverso il "grado di sismicità" S. Nella proposta di riclassificazione del Gdl del 1988 si utilizzano 3 categorie sismiche più una categoria di Comuni Non Classificati (NC). Nella classificazione del marzo 2003 la sismicità è definita mediante quattro zone, numerate da 1 a 4.

La corrispondenza tra queste diverse definizioni è riportata nella tabella seguente:

Decreti sino al 1984	Gdl 1988	Classificazione 2003
S=12	prima categoria	zona 1
S=9	seconda categoria	zona 2
S=6	terza categoria	zona 3
Non classificato	N.C.	zona 4

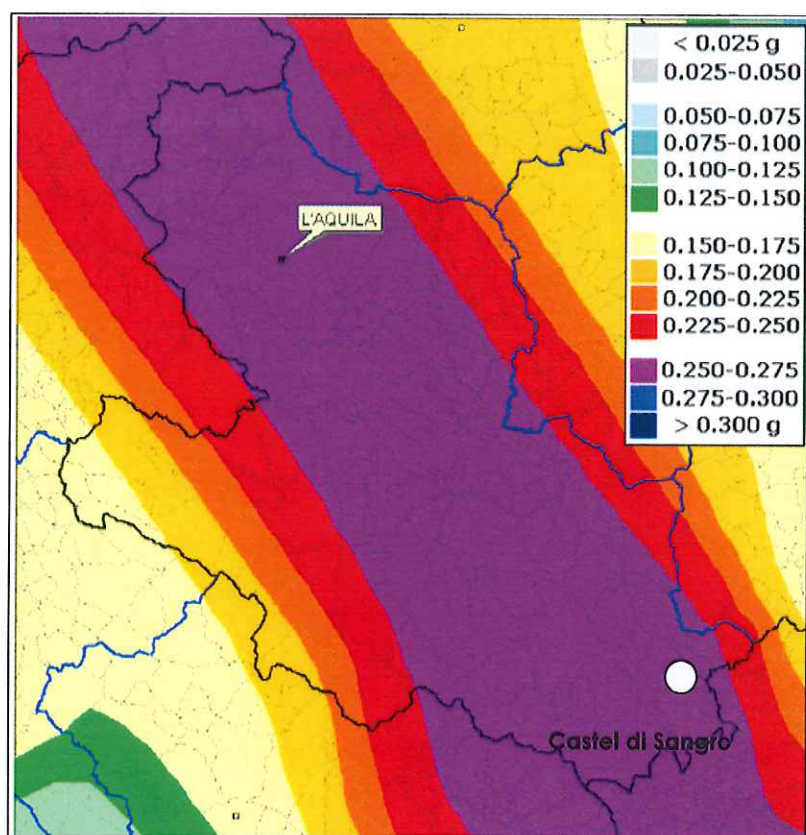
Tab. 2 – Corrispondenza tra le diverse classificazioni.

Dal punto di vista sismico quello che interessa in questa fase è la stima del **Coefficiente d'intensità sismica**; questo coefficiente C esprime l'accelerazione massima orizzontale in superficie che si sviluppa durante un evento sismico; tale parametro si calcola attraverso la seguente relazione: $C = (S - 2)/100$, dove S rappresenta il grado di sismicità della zona. Secondo l'**EC8**, i territori nazionali devono essere suddivisi in zone sismiche in funzione della pericolosità locale, descritta in termini di accelerazione massima attesa alla superficie di un sito rigido di riferimento; tale accelerazione, indicata con il simbolo **ag**, va moltiplicata per una forma spettrale di riferimento $S_e(T)$, i cui valori vanno associati alle condizioni geotecniche locali.

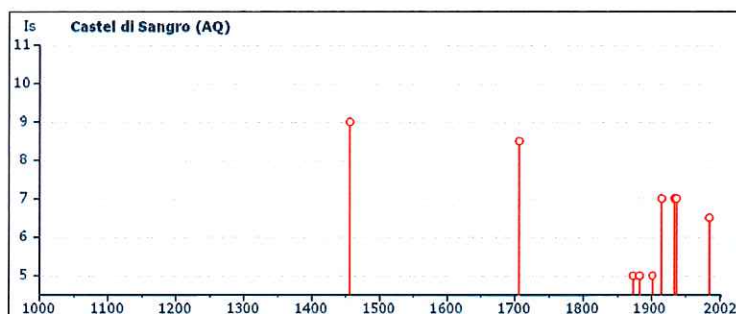
Il territorio comunale di Castel di Sangro è classificato, sulla base dell' **O.P.C.M. N.3274** del 20/03/2003, in **zona 1** cui corrisponde un coefficiente di intensità sismica, espresso in termini frazionari della accelerazione di gravità **0,35 g**, questo valore sta ad indicare l'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro elastico di risposta ed è espresso come frazione dell'accelerazione di gravità.

Successivamente, con l'**Ordinanza PCM del 28 Aprile 2006**, sono state definite sulla base di più approfonditi studi, le zone a pericolosità sismica per il territorio nazionale ed è stata definita la **mappa di pericolosità sismica MPSO4**, espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s e $T_R = 475$ anni). Sulla base di questa carta il comune di **Castel di Sangro**, ricade in una zona ad elevata pericolosità sismica e valori di accelerazione al suolo, compresi tra **0,250 e 0,275 g**.

**MAPPA DI
PERICOLOSITA'
SISMICA MPSO4**



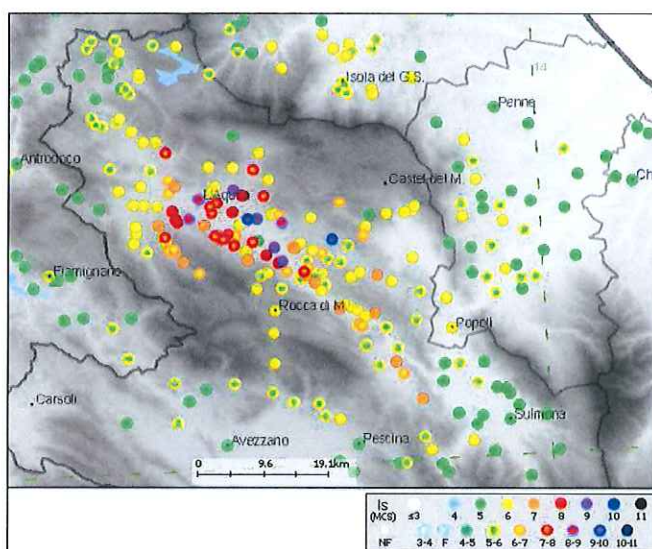
Dall'analisi del catalogo storico dei terremoti italiani (*Postpischl D.- 1985*) risulta che l'area è stata interessata , negli ultimi secoli, da forti eventi sismici che hanno avuto l'epicentro in zone poco distanti da quella considerata.



Tab. 3 – Storia sismica di Castel di Sangro (AQ), negli ultimi mille anni (INGV- database macrosismico)

La crisi sismica più recente è stata quella che è iniziata con i terremoti dell'Aprile 2009 e che ha avuto come epicentro la città dell'Aquila, con magnitudo momento M_w 6.3 e magnitudo Richter M_l 5.8, con uno sciame sismico molto prolungato nel tempo. L'area del cratere sismico è risultata molto estesa e con un raggio di circa 80 Km, essa coinvolge anche comuni ricadenti nelle provincie di Pescara, Teramo e Rieti.

Dalla consultazione del catalogo parametrico dei terremoti, aggiornato di recente con la versione parziale *DBMIO8 aq* e consultabile sul sito dell'INGV, per la località di Castel di Sangro si è rilevata una **intensità macrosismica(I_c) pari a 4**.




Area epicentrale del terremoto Aquilano del 06/04/2009 ore 3:32 (dati INGV)

Nella figura che segue è stata, invece, inserita una tabella contenente i dati sulle accelerazioni di sito espresse in PGA (Peak Ground Acceleration) e la distanza epicentrale , per il terremoto del 6 Aprile nell'Aquilano.

La località più prossima a quella considerata è la città di Sulmona che ha registrato un'accelerazione al suolo di circa venti volte inferiore rispetto a quella che si è misurata nel capoluogo.

UFFICIO VALUTAZIONE PREVENZIONE E MITIGAZIONE DEL RISCHIO SISMICO
SERVIZIO MONITORAGGIO DEL TERRITORIO E GESTIONE BANCHE DATI



RAN - RETE ACCELEROMETRICA NAZIONALE

TERREMOTO DEL 6 APRILE 2009 - ore 01:32 (UTC) - AQUILANO - M = 5.8

N.	Codice record	Codice stazione acc.	Località	Provincia	Regione	Lat N	Long E	PGA (cm/s ²)	Distanza epicentrale (Km)
1	GX066	agv	L'Aquila - V. Aterno - Centro Valle	L'Aquila	ABRUZZO	42,377	13,344	662,599	4,80
2	FA030	agg	L'Aquila - V. Aterno - Colle Grilli	L'Aquila	ABRUZZO	42,373	13,337	504,921	4,30
3	CU104	aga	L'Aquila - V. Aterno - F. Aterno	L'Aquila	ABRUZZO	42,376	13,339	478,000	5,80
4	AM043	agk	Aquil PARK Ing.	L'Aquila	ABRUZZO	42,345	13,401	366,285	5,60
5	EF021	qsa	GRAN SASSO (Assergi)	L'Aquila	ABRUZZO	42,421	13,519	148,862	18,00
6	TK033	dn	CELANO	L'Aquila	ABRUZZO	42,085	13,521	89,381	31,60
7	B1106	avz	AVEZZANO	L'Aquila	ABRUZZO	42,027	13,426	67,687	34,90
8	CR008	orc	ORTUCCIO	L'Aquila	ABRUZZO	41,954	13,642	64,399	49,40
9	BY048	mtr	MONTESANO	L'Aquila	ABRUZZO	42,524	13,245	62,233	22,40
10	CR003	sul	SULMONA	L'Aquila	ABRUZZO	42,089	13,934	33,656	56,50
11	EK007	cht	CHIETI	Chieti	ABRUZZO	42,370	14,148	29,411	67,10
12	GE1463	gsq	GRAN SASSO (Lab. INFN galleria)	L'Aquila	ABRUZZO	42,460	13,550	29,165	22,60
13	BX007	fmg	FIAMIGNANO	Rieti	LAZIO	42,268	13,117	26,352	19,30
14	DF006	ant	ANTRODOCO	Rieti	LAZIO	42,418	13,079	25,939	23,10
15	BY003	csol	CARSOLI 1	L'Aquila	ABRUZZO	42,101	13,088	18,295	33,00
16	EI160	boj	BOJANO	Campobasso	MOLISE	41,484	14,472	14,171	133,50
17	BH003	cds	CASTEL DI SANGRO	L'Aquila	ABRUZZO	41,787	14,112	9,956	88,50
18	BN048	tmo	TERMOLI	Campobasso	MOLISE	41,989	14,975	9,843	140,90
19	ZC002	lss	LEONESSA	Rieti	LAZIO	42,558	12,969	9,625	39,10
20	HB060	spo	SPOLETO	Perugia	UMBRIA	42,734	12,741	9,585	65,90
21	BS029	css	CASSINO	Latina	LAZIO	41,486	13,823	9,436	102,70
22	CU008	mmp1	MOMPED 1	Rieti	LAZIO	42,249	12,748	8,855	49,20
23	BW024	spc	SPOLETO (cantina)	Perugia	UMBRIA	42,743	12,740	7,572	66,70
24	BC018	lss	ISERNIA	Isernia	MOLISE	41,611	14,236	7,186	109,70
25	AL104	ptf	PETRELLA TIFERNINA	Campobasso	MOLISE	41,696	14,702	6,855	133,70
26	CQ001	sbc	SUBIACO	Roma	LAZIO	41,913	13,106	6,680	50,50
27	CB004	ass	ASSISI	Perugia	UMBRIA	43,075	12,604	6,050	101,70
28	AY026	scp	SERRACAPRIOLA	Foggia	PUGLIA	41,807	15,165	5,621	162,40
29	IY045	ssr	S. SEVERO	Foggia	PUGLIA	41,691	15,374	5,349	183,40

Tab. 4 – Terremoto del 6 Aprile 2009 nell'Aquilano, dati sulle accelerazioni di sito provenienti dalla RAN

PIANO DELLE INDAGINI

Le Nuove Norme Tecniche per le costruzioni (D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008 e successiva Circolare 02 febbraio 2009 n°617/C.S.LL.PP.) prevedono che per ricostruire in dettaglio un modello geologico del sottosuolo per un intorno significativo, è utile effettuare delle indagini e/o prove in funzione della tipologia e della funzionalità dell'opera stessa. Le indagini geologiche e le indagini sismiche condotte ex-novo, unitamente ai dati già esistenti (indagini penetrometriche del 2005) ha consentito di raggiungere un buon livello di conoscenze per l'area in esame e per l'opera che si prevede di realizzare.

Le informazioni sono state raccolte attraverso un rilevamento geomorfologico e geologico tecnico di dettaglio, oltre quelli desunti dalle prove che hanno visto l'esecuzione di un indagine di sismica di tipo "passivo" con la metodologia **HVSR** (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) e l'esecuzione di un'ulteriore prova penetrometrica dinamica con penetrometro superpesante **DPSH** (Dynamic Probing Super Heavy) effettuata in un'area proximale a quella già investigata in passato.

La relazione contenente tutte le modalità tecniche ed operative, i risultati ottenuti dalle elaborazioni di calcolo e il nominativo della società che ha eseguito le indagini sono state riportate in un documento finale, inserito negli allegati tecnici della presente relazione.

TIPO INDAGINE	FINALITA'	MISURE IN SITO	ESTENSIONE/ QUANTITA'
HVSR (Tromino)	Risonanza terreno-costruzione	Frequenze caratteristiche di sito F_0	1 MISURE
Prove penetrometriche DPSH	Modello stratigrafico e stima dei parametri geomeccanici	R_p (resist.alla punta)	4 PUNTI

Tab. 5 – Principali finalità della campagna di indagine, eseguita in loco

DATI SISMICI DEL SITO DI STUDIO

Secondo le NTC-08 l'azione sismica locale deriva dall'azione sismica di base ma è anche influenzata da fattori che dipendono dalle condizioni geologiche e topografiche che interessano il sito di progetto.

L'azione sismica locale è stata quindi ottenuta adeguando l'azione sismica di base alle condizioni stratigrafiche e topografiche attraverso l'introduzione dei valori relativi a tre coefficienti: due funzione della categoria del sottosuolo (S_s e S_c) ed uno in funzione della categoria topografica (S_t).

- Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, nella tab.3.2.II del D.M. 14/01/2008 il sito in questione risulta avere un **profilo stratigrafico di tipo E**, ovvero, terreni dei sottosuoli di tipo C e D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento con $V_s > 800$ m/s;
- Per tener conto delle condizioni topografiche accertate, in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si deve utilizzare il valore del coefficiente topografico S_t riportato in tab. 3.2.IV, in funzione della categoria topografica riconosciuta e dell'ubicazione dell'intervento; per il sito in questione la **categoria topografica** è la **T1** , S_t è pari a **1,0**;
- Il **fenomeno della liquefazione** dei terreni granulari durante i terremoti, interessa in genere i depositi sabbiosi e/o sabbioso limosi sciolti, a granulometria uniforme, normalmente consolidati e saturi. Durante la sollecitazione sismica, nel terreno si determina un aumento delle pressioni interstiziali fino ad eguagliare la pressione litostatica e la tensione di confinamento, annullando la resistenza al taglio e inducendo fenomeni di fluidificazione. Criteri di valutazione del *potenziale di liquefazione* sono i *metodi empirici* e i *metodi semplificati* o *semi-empirici*, in letteratura sono stati proposti da vari autori diverse soluzioni. **Il sito in questione, investigato fino alla profondità di circa 10 metri dal piano campagna, risulta avere le condizioni per un potenziale rischio di liquefazione.** Si rimanda la verifica a liquefazione alla fase della progettazione geotecnica, così come

previsto in base al D.M.14/01/2008 e successiva Circolare Esplicativa del 2 Febbraio 2009, N 617 , nel punto 7.11.3.4.

- La misurazione strumentale del rumore di fondo(microtremori) ha permesso di calcolare la **frequenza di risonanza**, uno dei parametri fondamentali per definire gli effetti di doppia risonanza(terreno-struttura) che si possono verificare all'occorrenza di forti terremoti, per il sito in questione si sono registrati due valori significativi, **4,50 Hz e 9,39 Hz**;

Il calcolo dei **parametri sismici per il sito in esame** (vedi allegati) è stato effettuato con apposito software di calcolo del tipo *GeoStru PS* (consultabile al sito www.geostru.com), riportando a modo di tabella i dati relativi alla localizzazione geografica , le caratteristiche sismiche e topografiche del terreno , tipologia dell'opera oltre che la durata, sono stati elencati i dati di inquadramento attraverso la determinazione delle coordinate geografiche nel sistema ED50. Per sito di riferimento si intende un settore geografico le cui coordinate rappresentano i vertici della maglia che definisce il reticolo di riferimento per la **pericolosità sismica di base**, i nodi di questa maglia distano tra loro circa 10 km. La Normativa, ovvero il D.M. 14/01/2008 al cap.7.1 , prescrive che le verifiche vanno effettuate utilizzando i coefficienti sismici **a_g**(accelerazione orizzontale massima sul terreno) **F_o**(valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) **T*c**(periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale) agli stati limite di danno(SLD) e di salvaguardia della vita(SLV).

A titolo indicativo si sono allegati gli spettri elastici e di progetto per gli stati limite considerati per la progettazione (vedi ALL.3).

PARAMETRI GEOTECNICI

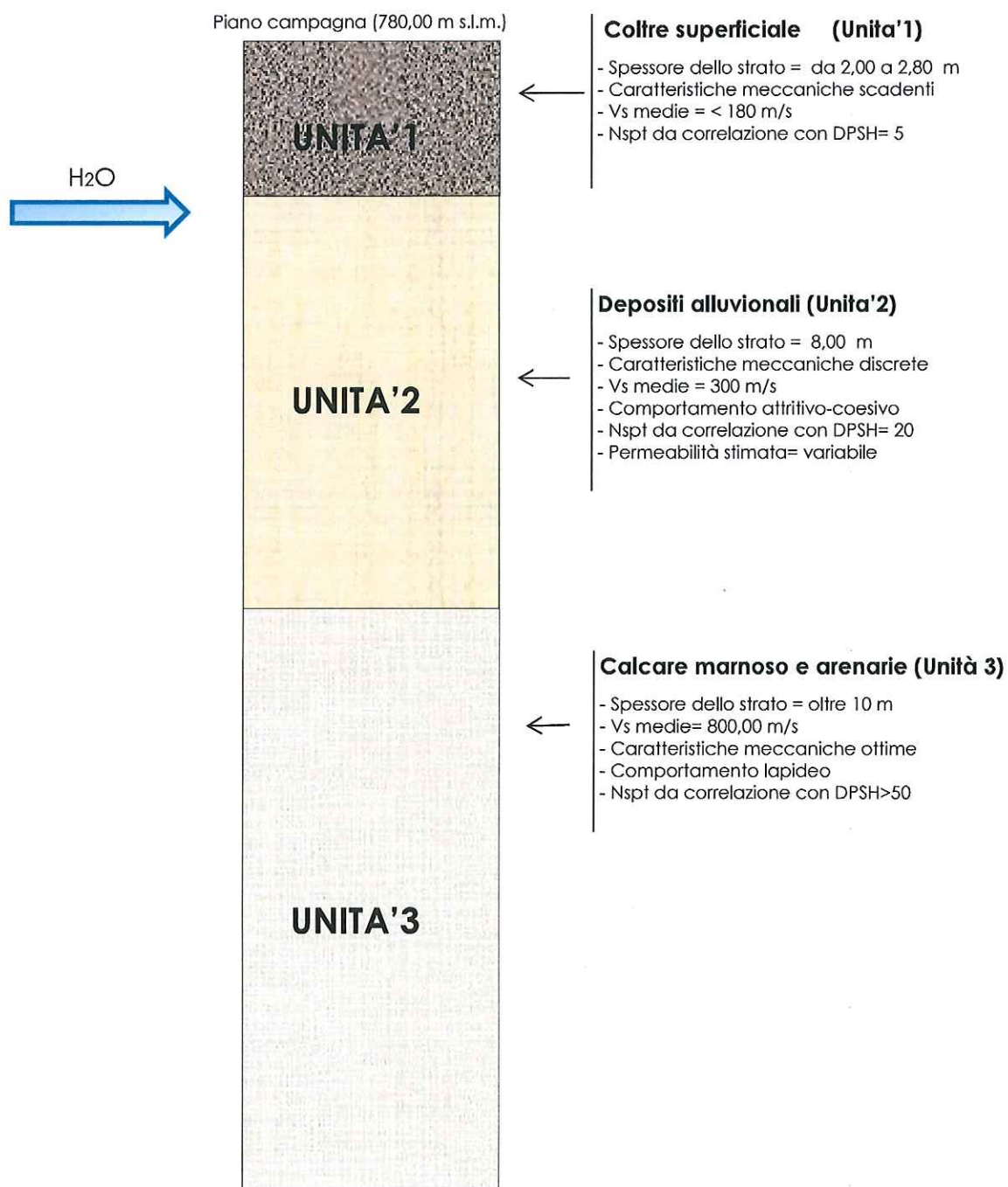
6.1 - RISULTATI DELLE INDAGINI E LORO INTERPRETAZIONE

Dall'analisi dei profili stratigrafici ottenuti nella campagna di indagini geognostiche e geofisiche, dallo studio diretto degli affioramenti, possiamo riassumere che in quest'area del territorio di Castel di Sangro si susseguono i seguenti orizzonti o livelli geotecnici di terreno :

LIVELLO 1- Coltre superficiale : Coltre eluvio-colluviale rimaneggiata dal movimento gravitativo, composta da terreno eluvio-colluviale di colore rosso bruno con granulometria limosa tendente al sabbioso e con presenza di clasti calcarei. **Il suo spessore è generalmente compreso tra 2,0 -2,80 m. Sciolto**

LIVELLO 2- Depositi alluvionali recenti : Sedimenti clastici eterometrici prevalentemente ghiaiosi trasportati e depositati dalle acque fluviali. Si tratta di depositi eterogenei caratterizzati dalla giustapposizione di elementi arrotondati di varie dimensioni e di natura calcarea. Nel proprio interno contengono livelli e strati sabbiosi limosi. **Lo spessore intercettato nelle indagini varia da 7,00 m a 8,00 m. Da poco addensato a moderatamente addensato**

LIVELLO 3- Substrato carbonatico-arenaceo : Calcarea marnosa e arenarie con argille, appartenente alla facies geologica delle unità terrigene messiniane(flysch), rappresenta il bedrock sismico della zona. **Il tetto della formazione, è stato rilevato ad una quota di circa 10 m, dal piano campagna.**

**Fig. 4** –Modello geotecnico esemplificativo del sottosuolo

6.2- VALORI CARATTERISTICI(E NOMINALI) DEL TERRENO DI FONDAZIONE

Nell'ottica di una progettazione basata sul metodo degli stati limite, i valori dei parametri geotecnici devono essere interpretati in termini di valori caratteristici, ovverosia di valori ottenuti con una stima cautelativa di un dato parametro, in relazione agli stati limite considerati per il progetto. I parametri caratteristici sono rappresentativi di una situazione di presenza di compensazione delle zone deboli e forti del volume significativo del terreno(punto 6.2.2. della Circolare n°617/C.S.LL.PP.)

Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei **valori caratteristici**, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti. Al contrario, valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità. In base ai risultati delle prove SPT(Standard Penetration Test) si determina il valore di $N_1(60)$ ovvero il valore della resistenza alla penetrazione N corretto per una tensione verticale efficace pari a 100 KPa e per una energia pari al 60 % di quella teorica, dai valori di $N_1(60)$ utilizzando le diverse correlazioni disponibili in letteratura, si ricava il valore dell'angolo di resistenza al taglio ϕ' dei terreni incoerenti e sia il modulo di deformazione in condizioni drenate E' , oppure altri parametri elastici come il modulo di Young E_y ed Edometrico E_d .

Per la valutazione dei principali parametri geotecnici ci si è avvalsi oltre che dell'esperienza del sottoscritto, anche dei risultati ottenuti da prove penetrometriche dinamiche DPSH effettuate direttamente in sito, queste prove danno una buona stima dei parametri geotecnici soprattutto in presenza di terreni incoerenti(sabbie e ghiaie) che risulta difficile campionare.

Nella tabella 6 , si riportano i valori geotecnici relativi al livello di sottosuolo che è interessato in maniera diretta dalle sollecitazioni che il manufatto trasferisce in profondità, ovvero per una profondità significativa che è buona prassi assumere ad un valore pari al lato minore dell'edificio .

	γ	ϕ'	c'	E_y	E_d
UNITA'	(KN/m ³)	(°)	(KPa)	(Mpa)	(Mpa)
GEOTECNICHE	Peso di volume non saturo	Angolo d'attrito	Coesione drenata	Modulo di Young	Modulo Edometrico
Coltre superficiale (Unità 1)	16,50	22-26	0-5	2-6	4-6

	γ_s	D_r	C_u	G_o	μ
UNITA'	(KN/m ³)	(%)	(Kpa)	(Mpa)	
GEOTECNICHE	Peso di volume saturo	Densità relativa	Coesione non drenata	Modulo di Taglio dinamico	Coefficiente di poisson
Coltre superficiale (Unità 1)	18,50	20-30	20-40	-	0,40

	γ	ϕ'	c'	E_y	E_d
UNITA'	(KN/m ³)	(°)	(KPa)	(Mpa)	(Mpa)
GEOTECNICHE	Peso di volume non saturo	Angolo d'attrito	Coesione drenata	Modulo di Young	Modulo Edometrico
Dep. alluvionali (Unità 2)	18,50	28-30	0-5	8-10	5-8

	γ_s	D_r	C_u	G_o	μ
UNITA'	(KN/m ³)	(%)	(Kpa)	(Mpa)	
GEOTECNICHE	Peso di volume saturo	Densità relativa	Coesione non drenata	Modulo di Taglio dinamico	Coefficiente di poisson
Dep. alluvionali (Unità 2)	19,50	30-60	30-60	-	0,35

Tab. 6 – Parametri nominali medi, del terreno di influenza per la fondazione

6.3- CALCOLO DELLA RESISTENZA DI PROGETTO DEL TERRENO R_d

Il presente studio riporta , oltre la caratterizzazione sismica del sito, i risultati necessari alla sola verifica agli SLU(SLV). Per le verifiche agli stati limite deve essere rispettata la condizione:

$$Ed \leq R_d$$

dove E_d è il valore di progetto dell'azione o degli effetti delle azioni e R_d è il valore di progetto della resistenza di terreno. Per giungere alla definizione di R_d occorre definire il carico limite del terreno con le formule tradizionali della geotecnica (Hansen, Meyerhof, Vesic, Brinch-Hansen) utilizzando parametri geotecnici adeguatamente scelti (parametri caratteristici X_k) e parametri ridotti (parametri di progetto X_d).

In base alla tabella 6.2.11 delle *Norme tecniche per le costruzioni*, la resistenza R_d viene determinata con riferimento ai valori caratteristici determinati direttamente in sito, divisi per i coefficienti parziali γ_m :

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_m	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi_k$	γ_φ	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_f	1,0	1,0

La normativa vigente prevede che la verifica delle fondazioni superficiali venga effettuata seguendo almeno uno dei due approcci:

Approccio 1 :

✚ Combinazione 1 = $(A1+M1+R1)$

✚ Combinazione 2 = $(A2+M2+R2)$

Approccio 2:

✚ Combinazione 1 = $(A1+M1+R3)$

I valori così ottenuti, dovranno essere infine ridotti con un coefficiente γ_R diverso a seconda dei vari approcci e rispettive combinazioni (Tab. 6.4.I-NTC 2008).

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

Nel presente lavoro, si sono effettuate verifiche secondo l'approccio 2, per una fondazione diretta di tipo circolare e diametro 7,00 m, attestata a 1,00 m di profondità dal piano campagna (UNITA' 1).

Considerando i valori più cautelativi, si indicano di seguito i valori di R_d (valori della resistenza del terreno) allo stato limite ultimo (SLU)-**SLV**- Stato limite di salvaguardia vita, fatta salva la condizione che tale valore indicativo sia valido **esclusivamente in condizioni di carico verticale con eccentricità nulla**.

CARICO LIMITE VERTICALE , BRINCH-HANSEN⁽¹⁾

Resistenza di progetto = 127,87 KN/m² (1,30 Kg/cm²)

⁽¹⁾Il calcolo della portanza ammissibile, in questo lavoro, è da considerare come un valore di riferimento sulle caratteristiche meccaniche del sito , questo valore non può essere utilizzato per le verifiche di sicurezza che il progettista geotecnico deve effettuare in funzione dei carichi trasmessi dall'opera (Ed).

CONSIDERAZIONI E RACCOMANDAZIONI CONCLUSIVE

Gli studi eseguiti hanno permesso la ricostruzione del quadro geologico della zona nonché della locale situazione stratigrafica. I dati ottenuti direttamente in sito da indagini geotecniche e geofisiche, avvalorati da osservazioni di fronti di scavo, hanno permesso la caratterizzazione meccanica e sismica dei terreni coinvolti negli interventi progettuali e di trarre le seguenti conclusioni:

- Il sito, sul quale si sta progettando, non presenta indizi di natura franosa in atto , **dal punto di vista geomorfologico e della stabilità globale risulta idoneo agli interventi considerati. L'unica problematica è legata alle esondazioni periodiche del Fiume Sangro che in questo tratto diventa pensile.**
- La categoria di suolo di fondazione, misurata con misure sismiche di tipo MASW, è la categoria di tipo B. La presenza di un rifrattore sismico, ad una profondità di dieci metri, fa sì che si possa adottare **la categoria di sottosuolo tipo E.**
- **Le frequenze di risonanza del sito**, definite dall'analisi dei microtremori, corrisponde ai valori di **4,50 Hz e 9,39 Hz** , si ritiene indispensabile che in fase di esecuzione del calcolo strutturale si abbia in considerazione il fatto che le opere abbiano frequenze di risonanza diverse da quelle del terreno.
- **La categoria topografica**, secondo la tabella 3.2.IV contenuta nel D.M. 14/01/2008, è **T1**, cui corrisponde un coefficiente $S_t=1,0$.
- In base a considerazioni scaturite dalle caratteristiche granulometriche dei terreni e dal valore di profondità della falda acquifera , **sono possibili fenomeni di liquefazione dei terreni superficiali.**
- **I valori dei parametri geotecnici** nominali, sono stati desunti dall'elaborazione di prove penetrometriche dinamiche DPSH, adottando un criterio cautelativo; nella tab.6, inserita nelle pagine 21 e 22, si sono riportati i valori utili per le verifiche di calcolo geotecnico delle fondazioni.

- Sarà opportuno scegliere come **piano di posa per la fondazione** , una profondità dal piano campagna di almeno 2,00 m, in maniera da superare lo strato superficiale con scadenti caratteristiche geomeccaniche e ammorsare la fondazione nello strato geotecnico UNITA'2, previa messa in opera di un orizzonte di materiale tipo misto granulare accuratamente costipato.
- **Gli eventuali sbancamenti superficiali** potrebbero creare problemi di instabilità locale, si raccomanda in ogni modo di evitare fronti scavo che abbiano pendenze maggiori dell'angolo di attrito del terreno prevedendo opportune opere di contenimento , si rimanda al progettista il compito di verificare la stabilità dei fronti di scavo (PUNTO 7.11.4 del DM 14/01/2008).
- Al fine di non considerare i **materiali da scavo** come "rifiuti", bisogna accertare che il suolo sia non contaminato e che lo stesso venga riutilizzato allo stato naturale nello stesso sito in cui viene escavato, in caso contrario bisogna procedere a redigere il PdU (Piano di Utilizzo) in conformità alle procedure indicate nell'art.5 del D.M. 161/2012 .

Il sottoscritto resta a disposizione per la verifica di tutte le problematiche di ordine geologico che si dovessero presentare durante la fase esecutiva dei lavori.

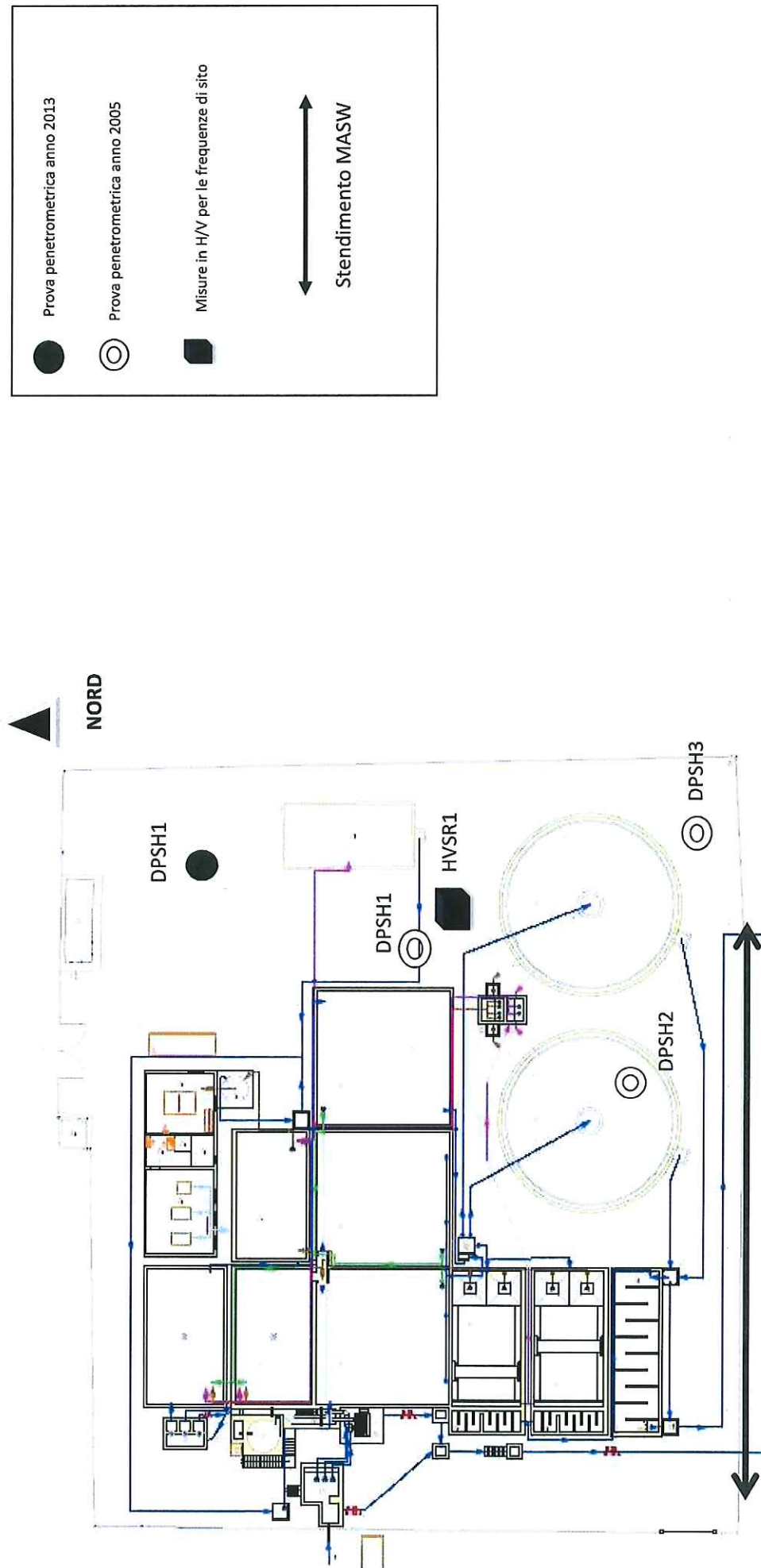
Corfinio, lì 10 Maggio 2013



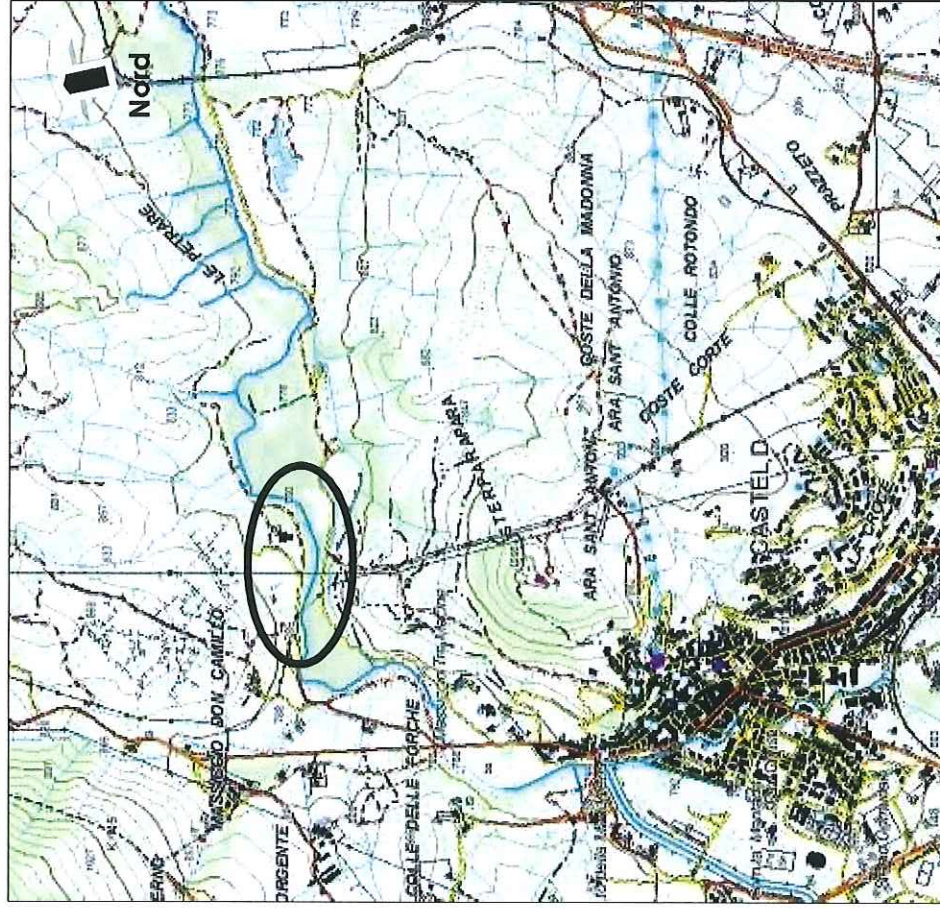
Dott. Geol. Domenico TROTTA

ALL.1 CARTOGRAFIA

UBICAZIONE DELLE INDAGINI SU PLANIMETRIA DI PROGETTO

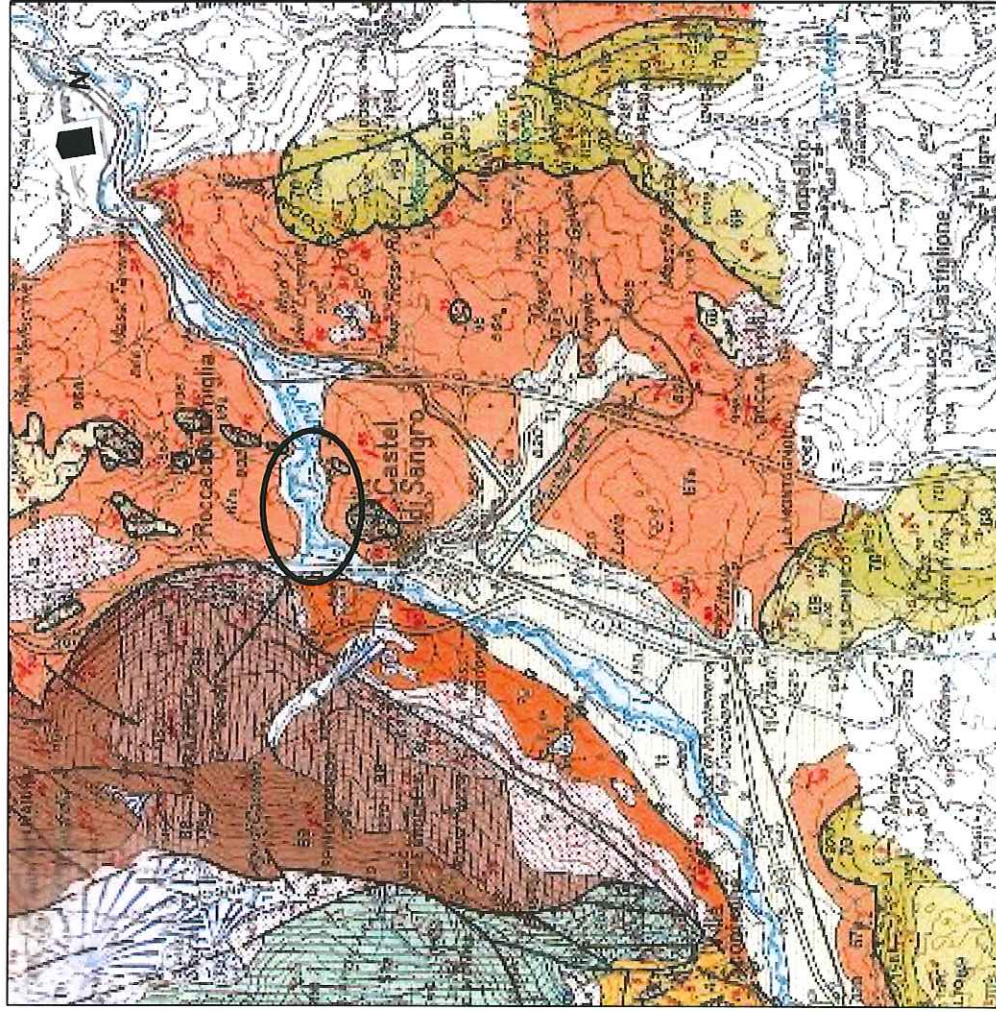


INQUADRAMENTO SU C.T.R. REGIONE ABRUZZO (DBT 1:20.000)



Area di intervento

STRALCIO DELLA CARTA GEOLOGICA DELL'ABRUZZO 1:100.000 - (Ghisetti & Vezzani)



LEGENDA



Alluvioni recenti e attuali. **OLOCENE**



Depositi alluvionali terrazzati .PLEISTOCENE SUPERIORE



Altemanze argillose-arenacee in strati sottili.
MIOCENE



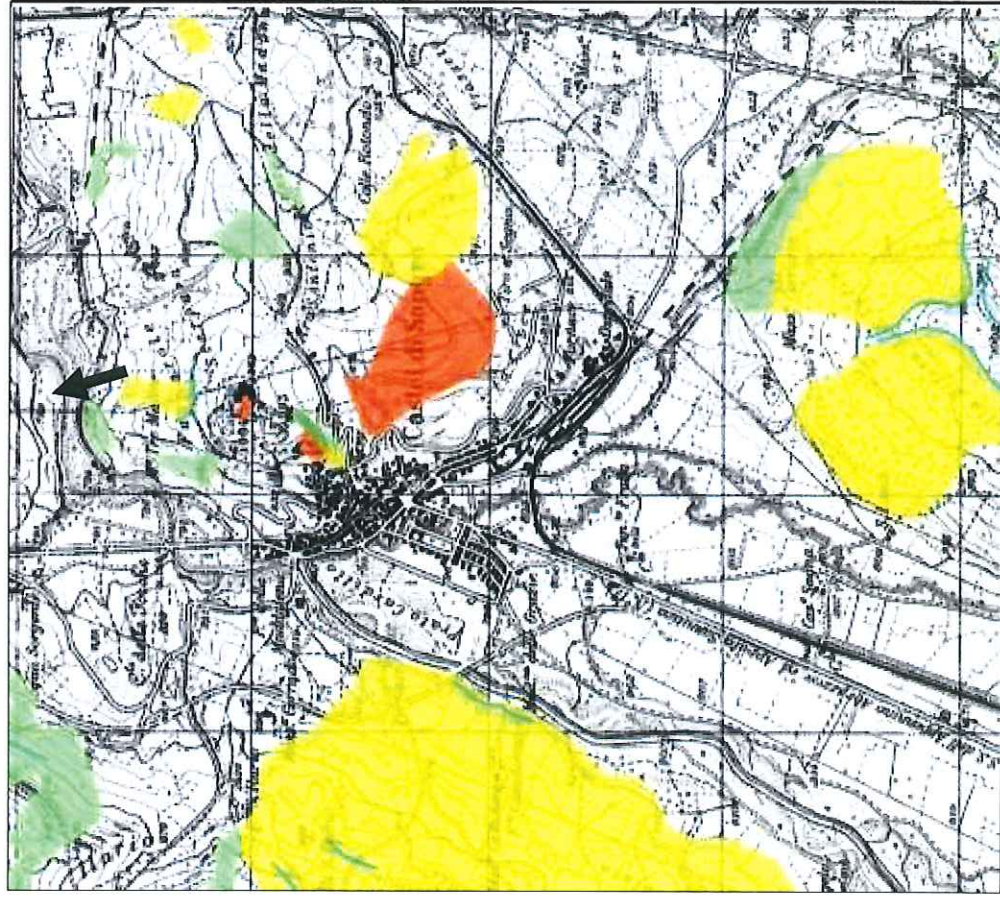
Faglia o sovrascorimento

Figura non in scala

Ubicazione degli interventi



STRALCIO DELLA CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA FRANA (P.A.I. - REGIONE ABRUZZO)



Pericolosità media

Aree interessate da dissesti con bassa possibilità di riattivazione

Pericolosità elevata

Aree interessate da dissesti con alta probabilità di riattivazione

Pericolosità molto elevata

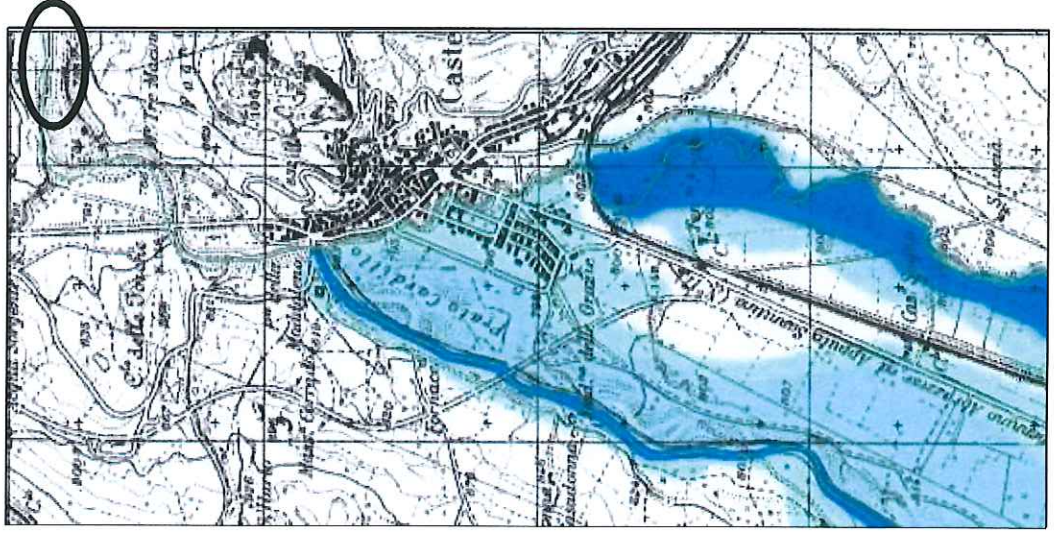
Aree interessate da dissesti in attività o riattivati stagionalmente

Pericolosità da scarpate





Aree interessate da dissesti generati da scarnato

scala 1: 25.000 FOGLIO 370 O

STRALCIO DELLA CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA-Bacino del Sangro (P.S.D.A. - REGIONE ABRUZZO)



scala 1:25.000

Classi di pericolosità idraulica (Q50 - Q100 - Q200) (*)		Reticolo idrografico
	Pericolosità molto elevata h50 > 1m v50 > 1m/s	
	Pericolosità elevata 1m > h50 > 0.5 m h100 > 1m v100 > 1m/s	
	Pericolosità media h100 > 0m	
	Pericolosità moderata h200 > 0m	



Ubicazione degli interventi

ALL.2 RAPPORTO DI INDAGINE

RISULTATI DELLE ANALISI MASW

1 - Dati sperimentali

Numero di ricevitori.....16
Distanza tra i sensori.....2m
Numero di campioni temporali.....500
Passo temporale di acquisizione.....2ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi.....16
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a.....0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a.....4098ms

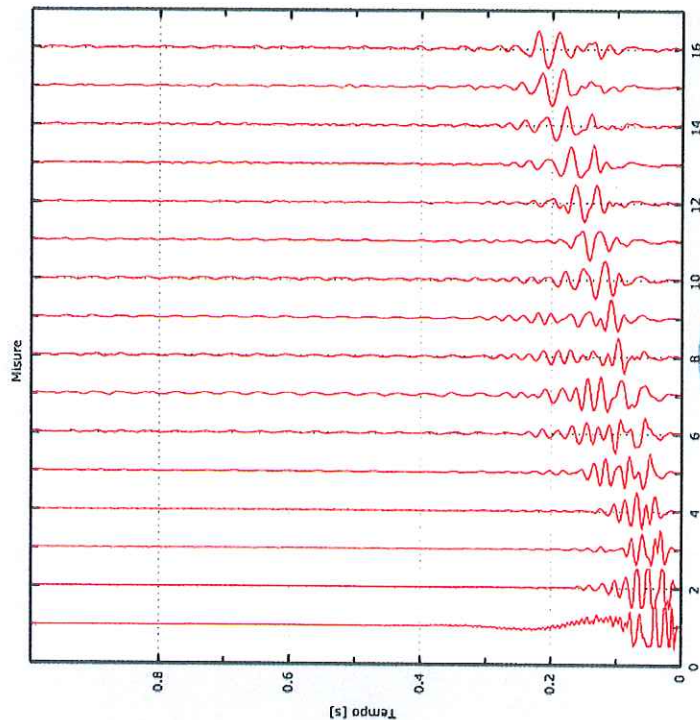


Figura 1: Tracce sperimentali

SPERIMENTATORE
Ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di accettazione del rapporto, totale o parziale, del presente rapporto

Tipologia di prova in sito:

PROVA SISMICA MULTICANALE MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

Lavoro N°: 011/2013

Committente: Dott. geol. Domenico Trotta per conto di SACA S.p.a.

Oggetto: Indagini geotecniche e sismiche presso l'impianto di depurazione di Castel di Sangro

Località: Castel di Sangro (AQ)

Caratteristiche Strumentali:

Sismografo multicanale DoReMi 16 bit
Frequenza propria geofoni verticali 4.5 Hz
Dinamica di base 96 dB
Massa battente 5 kg

Condizioni Ambientali:

Temperatura: 20°C ± 1
Umidità: non influente
Disturbi Elettromagnetici: assenti

Stima dell'incertezza dei risultati: ± 5%

SPERIMENTATORE
Ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di accettazione del rapporto, totale o parziale, del presente rapporto

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale.....70Hz
Frequenza iniziale.....2Hz

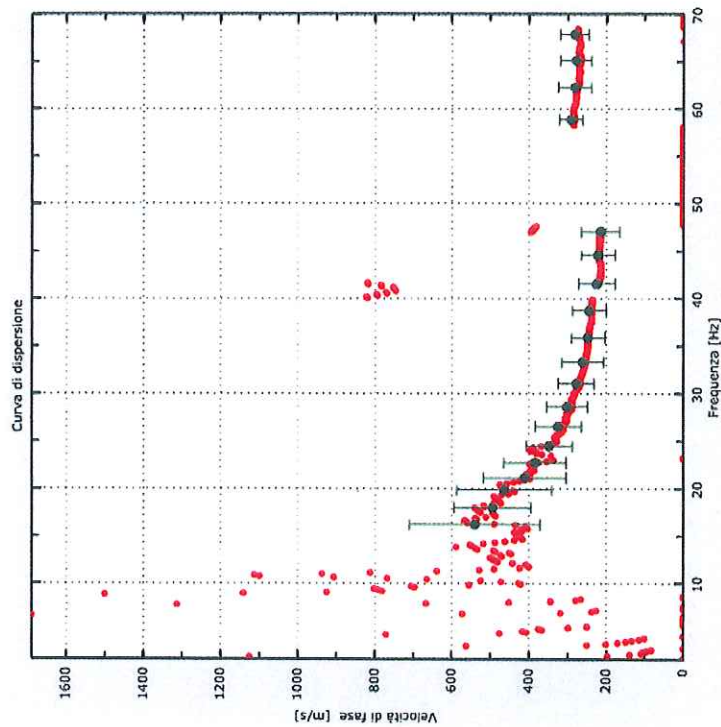


Figura 2: Curva di dispersione



SPERIMENTATORE
Ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

E' richiesta l'approvazione scritta di società autorizzata per la produzione, totale o parziale, del presente rapporto

3 - Profilo in sito

Si possono distinguere 6 sismostrati le cui caratteristiche vengono sintetizzate nella seguente tabella:

Velocità V_s (m/sec)	Profondità (m)
312	2
260	4
410	7
760	11
780	15
800	--

Tabella 1 - Sismostrati individuati.

Strato 1

h [m].....2
z [m].....-2
Densità [kg/m³].....1800
Poisson.....0.2
Vs [m/s].....312
Vp [m/s].....509
Vs min [m/s].....156
Vs max [m/s].....624
Vs fin [m/s].....312

Strato 2

h [m].....2
z [m].....-4
Densità [kg/m³].....1800
Poisson.....0.2
Vs [m/s].....260
Vp [m/s].....425
Vs min [m/s].....154
Vs max [m/s].....390
Vs fin [m/s].....260

Strato 3

h [m].....3
z [m].....-7
Densità [kg/m³].....1800
Poisson.....0.2
Vs [m/s].....410
Vp [m/s].....670
Vs min [m/s].....213
Vs max [m/s].....615
Vs fin [m/s].....410



SPERIMENTATORE
Ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

E' richiesta l'approvazione scritta di società autorizzata per la produzione, totale o parziale, del presente rapporto

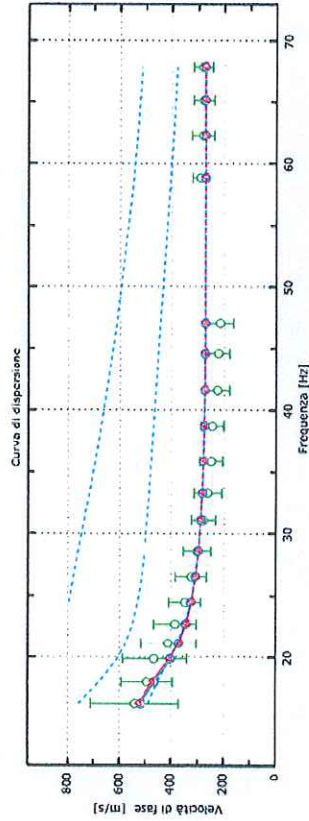


Figura 3: Velocità numeriche - punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).

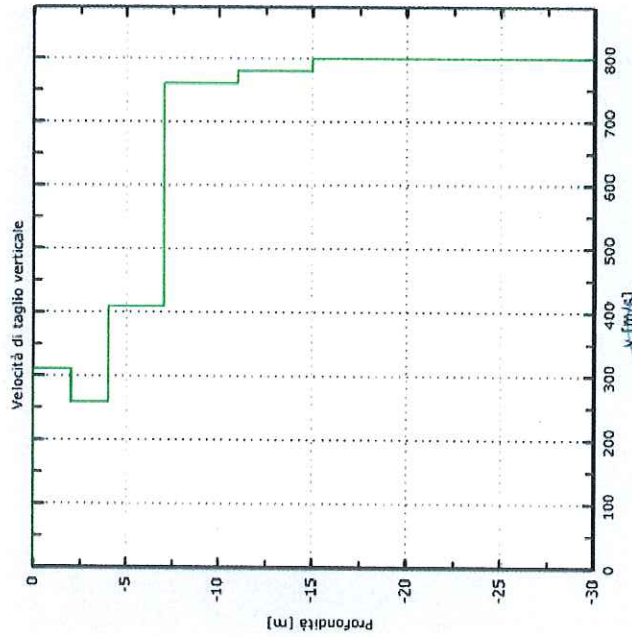


Figura 4: Profilo verticale monodimensionale di velocità V_s ottenuto dall'inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh (MASW).

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

E' richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio prima di procedere all'elaborazione, totale o parziale, del presente rapporto

Strato 4

h [m]	4
z [m]	-11
Densità [kg/m ³]	1800
Poisson	0.2
Vs [m/s]	760
Vp [m/s]	1241
Vs min [m/s]	258
Vs max [m/s]	1140
Vs fin [m/s]	760

Strato 5

h [m]	4
z [m]	-15
Densità [kg/m ³]	1800
Poisson	0.2
Vs [m/s]	780
Vp [m/s]	1274
Vs min [m/s]	300
Vs max [m/s]	1170
Vs fin [m/s]	780

Strato 6

h [m]	0
z [m]	-90
Densità [kg/m ³]	1800
Poisson	0.2
Vs [m/s]	800
Vp [m/s]	1306
Vs min [m/s]	300
Vs max [m/s]	1200
Vs fin [m/s]	800

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

E' richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio prima di procedere all'elaborazione, totale o parziale, del presente rapporto



Per la prova MASW si ha:

Piano di riferimento z=0 [m] 0

Il sito non è suscettibile di liquefazione e non è argilla sensitiva.

Vs30 [m/s] 593



4 - Il parametro Vs30

La vigente normativa sismica (NTC08), entrata in vigore il 1° luglio 2009, prevede l'identificazione della categoria di suolo di fondazione in base ai valori della velocità equivalente Vs30 di propagazione delle onde S nei primi 30 metri di profondità.

Il Vs30 è il parametro geofisico che rappresenta meglio la variabilità geotecnica dei materiali geologici presenti nel sottosuolo e si calcola mediante la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i}}$$

dove:

Vi = velocità delle onde S dello strato i-esimo;

hi = spessore in metri dello strato i-esimo compreso nei primi 30 m di profondità;

N = numero di strati presenti nei primi 30 metri.

In base al valore della Vs30 si identificano 7 categorie del suolo di fondazione, distinte nella tabella seguente:

CATEGORIA	DESCRIZIONE	PARAMETRI	
		Vss m/s	c. RP2
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale con spessore massimo di 3 m.	> 800	
B	Rocca tenera e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	< 800 > 360	> 50 > 250
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	< 300 > 180	< 50 > 15 > 70
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	< 180	< 15
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento con Vs2 > 800 m/sec.		
S1	Depositi di terreni che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argilla altamente organiche	< 100	< 20 > 10
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensibili, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti		

Tabella 2 - Categorie di sottosuolo.

SPERIMENTATORE
Ing. Angelo Gamberardino

DIRETTORE
geol. Camillo Gamberardino

SPERIMENTATORE
Ing. Angelo Gamberardino

DIRETTORE
geol. Camillo Gamberardino

E' richiesta l'approvazione scritta di codeste laboratori per la produzione, totale o parziale, del presente rapporto

E' richiesta l'approvazione scritta di codeste laboratori per la produzione, totale o parziale, del presente rapporto



ALLEGATO n. 1
RAPPORTO n. 026/MASW_1/2013
DATA DI EMISSIONE: 08/05/2013

METODOLOGIA DI LAVORO

Generalità

Il metodo MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) si basa sull'elaborazione delle proprietà spettrali delle onde superficiali di Rayleigh, registrate in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) disposti sulla superficie del suolo secondo uno stendimento lineare, per la costruzione di un modello monodimensionale verticale di velocità di propagazione delle onde di taglio V_s .

Le onde di Rayleigh si generano in corrispondenza della superficie libera del mezzo quando viene sollecitato, sono polarizzate sul piano verticale e caratterizzate sia da componenti longitudinali che trasversali. Le particelle descrivono un movimento ellittico in senso retrogrado rispetto alla direzione di propagazione delle onde che vengono generate, con l'asse maggiore dell'ellisse parallelo alla superficie libera del mezzo (Fig. 1). L'ampiezza degli spostamenti decresce esponenzialmente con la profondità fino ad estinguersi ad una quota di poco superiore alla lunghezza d'onda λ della sollecitazione indotta (*skin-depth*).

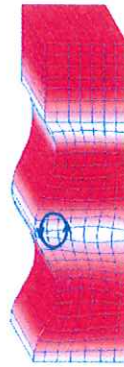


Fig. 1 - Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh.

La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle V_s è la loro natura dispersiva che si manifesta quando si propagano in mezzi stratificati.

La dispersione consiste nella variazione della velocità di fase in funzione della frequenza, così onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali mentre onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi (fig. 2). In generale, con l'aumento della lunghezza d'onda (abbassamento di frequenza) la profondità coinvolta dalla propagazione dell'onda è via via maggiore. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga.

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino



È richiesta l'approvazione scritta di coddasto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
Pagina 9 di 9



Foto 1 - Ubicazione della linea MASW.



Foto 2 - Ubicazione della linea MASW.

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino



È richiesta l'approvazione scritta di coddasto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

- 1) acquisizione multicanale delle onde superficiali generate da una sorgente energizzante artificiale lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni (fig. 3);
- 2) costruzione della curva di dispersione sperimentale (velocità di fase in funzione della frequenza) caratteristica del sito in esame;

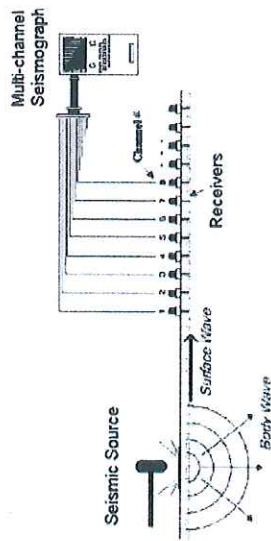


Fig. 3 - Schema di acquisizione dei segnali sismici con metodo MASW.

- 3) calcolo della velocità di fase apparente numerica (curva di dispersione numerica);
- 4) inversione della curva di dispersione per ottenere una stima del profilo verticale delle V_s ad essa associato, posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico (fig. 4).

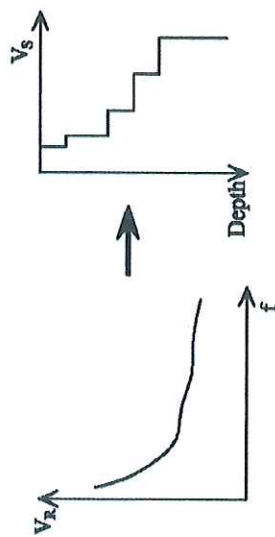


Fig. 4 - Curva di dispersione (a sinistra) e profilo di velocità di taglio in funzione della profondità (a destra) ricavato tramite processo di inversione.

L'analisi di inversione viene compiuta utilizzando un algoritmo che simula teoricamente, secondo alcune ipotesi semplificative, il fenomeno della propagazione delle onde superficiali in un mezzo stratificato. L'obiettivo dell'algoritmo di inversione è la determinazione di quel profilo incognito di velocità delle onde di taglio la cui curva di dispersione teorica calcolata con la simulazione numerica approssima al meglio quella

SPERIMENTATORE
 Ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
 Geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesta laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

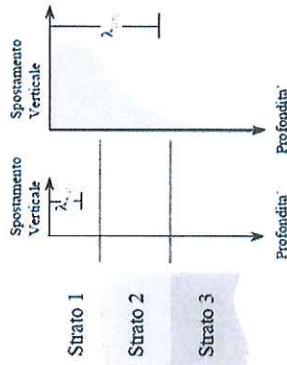


Fig. 2 - La profondità investigata dalle onde di Rayleigh dipende dalla lunghezza d'onda λ , dalla velocità delle onde di taglio V_s e dalla frequenza f : onde a piccola lunghezza d'onda interessano gli strati più superficiali mentre onde a maggiore lunghezza d'onda interessano anche gli strati più profondi.

Un'altra caratteristica rilevante delle onde di Rayleigh è che esse subiscono un'attenuazione geometrica più debole rispetto a quella delle onde di volume in superficie poiché tali onde si propagano lungo fronti d'onda cilindrici con attenuazione proporzionale all'inverso della radice di r (dove r è la distanza dalla sorgente) e non all'inverso di r come per le onde di corpo; pertanto a grandi distanze dalla sorgente esse costituiscono la componente principale del moto.

La velocità con cui si propaga l'onda di Rayleigh V_R risulta sperimentalmente assai prossima a quella delle onde di taglio V_s (variando in funzione del coefficiente di Poisson ν tra 0,86 e 0,95) secondo la relazione:

$$V_R = \frac{0,862 + 1,14\nu}{1 + \nu} V_s \approx 0,92 V_s$$

È possibile così determinare il profilo verticale di velocità delle onde di taglio V_s e le caratteristiche meccaniche del terreno tramite la misura delle onde superficiali di Rayleigh, particolarmente indicata per suoli altamente attenuanti ed ambienti rumorosi.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore coerente da eliminare per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro natura dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

Schema esecutivo della prova

Il metodo di indagine MASW generalmente fornisce informazioni sulla parte più superficiale del suolo compresa tra i 10 e i 50 m in quanto consente di ottenere una velocità di fase sperimentale apparente all'interno del range di frequenze 5-70 Hz.

I fondamenti teorici di questo metodo fanno riferimento a una superficie topografica pianeggiante e ad un semispazio elastico, omogeneo ed isotropo con strati paralleli ed orizzontali.

SPERIMENTATORE
 Ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
 Geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesta laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto



LABORATORIO AUTORIZZATO PER L'ESECUZIONE E CERTIFICAZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE, PRELIEVO DI CAMPIONI E PROVE IN SITO
DECRETO DEL MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI N. 7979 del 09/09/2010

- Tipo di convertitore A/D: SAR;
- Risoluzione: 16 bit;
- Dinamica di base: 96 dB;
- Frequenza massima di campionamento: 20.000 Hz;
- Memoria per canale: 64.000 byte;
- Numero massimo di campioni: 30.000;

L'unità di interfaccia, interposta fra la catena strumentale e il personal computer, presiede all'alimentazione dello strumento, alla corretta comunicazione con il pc e all'erogazione precisa del segnale di start proveniente dalla fonte di energizzazione.

I parametri delle stese sismiche sono i seguenti:

- Tempo di registrazione $T = 1$ sec;
- Intervallo di campionamento $\Delta t = 2$ msec;
- Frequenza di campionamento $f = 500$ Hz.

La frequenza massima dei segnali registrati, ovvero la frequenza di Nyquist, è quindi data da:

$$f_{Nyquist} = 1/2\Delta t = 250 Hz. \text{ La loro frequenza minima è invece pari a: } f_{min} = 1/T = 1 Hz.$$

I segnali sismici acquisiti sono stati elaborati con il software MASW, versione 3.0.1.1 per la determinazione della sismostratigrafia del sottosuolo.

Documentazione fornita

È stata realizzata una campagna di prospezione geofisica sismica consistente nell'esecuzione di n. 1 profilo sismico con tecnica MASW a 16 geofoni con distanza intergeofonica di 2 m e punto di battuta posizionato a sia a 2 metri sia a 4 metri di distanza dal primo e dall'ultimo geofono.

La prova è stata ripetuta più volte cambiando la distanza sorgente-geofono (*offset*) in modo da disporre di più registrazioni e l'intera procedura sperimentale è stata rifatta spostando la sorgente in posizione diametralmente opposta rispetto ai ricevitori.

Si tenga conto che per ogni stendimento MASW, sono stati analizzati i profili sismici ottenuti dalle battute dirette e reciproche e dal loro *stacking* per poi scegliere il profilo di velocità con il valore di *misfit* più basso.

Oltre ai dati generali, la documentazione definitiva contiene:

- curva di dispersione;
- profilo verticale delle V_s ad essa associato, posizionato nel punto medio dello stendimento geofonico
- tabulazione dei dati con l'indicazione del $Vs30$;
- documentazione fotografica.

SPERIMENTATORE
Ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È presente l'approvazione scritta di codice di laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto



LABORATORIO AUTORIZZATO PER L'ESECUZIONE E CERTIFICAZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE, PRELIEVO DI CAMPIONI E PROVE IN SITO
DECRETO DEL MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI N. 7979 del 09/09/2010

determinata sperimentalmente. Modificando opportunamente lo spessore, la velocità delle onde di taglio e quella delle onde di compressione, si cerca di raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la curva di dispersione sperimentale e quella numerica corrispondente al modello assegnato.

Dei valori approssimati per il coefficiente di Poisson e per la densità sono necessari per ottenere il profilo verticale V_s dalla curva di dispersione e vengono solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali.

In genere, quando l'errore relativo tra curva sperimentale e curva numerica è compresa tra il 5% e il 10% si ha un soddisfacente accordo tra le due curve e il profilo di velocità delle onde di taglio V_s e quindi il tipo di suolo sismico conseguente rappresentano una soluzione valida da un punto di vista ingegneristico.

Dopo aver determinato il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s è possibile procedere al calcolo della velocità equivalente nei primi 30 m di profondità (V_{eq}) e quindi individuare la categoria sismica del suolo.

Strumentazione adottata

L'apparecchiatura utilizzata per la prova si compone di:

- sistema sorgente;
- trigger;
- sistema di ricezione;
- sistema di acquisizione dati.

È stata utilizzata una sorgente sismica impulsiva ossia una mazza battente su piastra in alluminio disposta sul terreno.

Come trigger è stato utilizzato un geofono verticale posto in prossimità della piastra in modo tale da individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica.

Il sistema di ricezione si compone di 16 geofoni verticali GS11D 4,5 Hz - Geospace Technology - Huston, Texas (USA) aventi le seguenti caratteristiche tecniche:

- Natural frequency: 4.5 Hz;
- Operational range: Vertical to 7";
- Dc resistance: 4000 ohm;
- Damping: 0.7 (with internal damping resistor already applied of 18200 ohm);
- Moving mass: 23.6 grams
- Sensitivity: 90 V/m/s

I sensori sono equipaggiati con un contenitore a tenuta d'acqua e chiodo per l'inserimento nel terreno.

Il sistema di acquisizione dati è di tipo multicanale DoReMi in grado di registrare su ciascun canale in formato digitale le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica a 16 bit. Esso è collegato a ciascuno dei trasduttori di velocità e al trigger.

Le caratteristiche tecniche principali per ogni canale del sismografo sono:

SPERIMENTATORE
Ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È presente l'approvazione scritta di codice di laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto



The map shows a topographic view of the Camilo area. A river flows through the center, with several bridges crossing it. Contour lines indicate elevation, with labels such as 751.9, 751.2, 751.1, 751.0, 750.9, 750.8, 750.7, 750.6, 750.5, 750.4, 750.3, 750.2, 750.1, 750.0, 749.9, 749.8, 749.7, 749.6, 749.5, 749.4, 749.3, 749.2, 749.1, 749.0, 748.9, 748.8, 748.7, 748.6, 748.5, 748.4, 748.3, 748.2, 748.1, 748.0, 747.9, 747.8, 747.7, 747.6, 747.5, 747.4, 747.3, 747.2, 747.1, 747.0, 746.9, 746.8, 746.7, 746.6, 746.5, 746.4, 746.3, 746.2, 746.1, 746.0, 745.9, 745.8, 745.7, 745.6, 745.5, 745.4, 745.3, 745.2, 745.1, 745.0, 744.9, 744.8, 744.7, 744.6, 744.5, 744.4, 744.3, 744.2, 744.1, 744.0, 743.9, 743.8, 743.7, 743.6, 743.5, 743.4, 743.3, 743.2, 743.1, 743.0, 742.9, 742.8, 742.7, 742.6, 742.5, 742.4, 742.3, 742.2, 742.1, 742.0, 741.9, 741.8, 741.7, 741.6, 741.5, 741.4, 741.3, 741.2, 741.1, 741.0, 740.9, 740.8, 740.7, 740.6, 740.5, 740.4, 740.3, 740.2, 740.1, 740.0, 739.9, 739.8, 739.7, 739.6, 739.5, 739.4, 739.3, 739.2, 739.1, 739.0, 738.9, 738.8, 738.7, 738.6, 738.5, 738.4, 738.3, 738.2, 738.1, 738.0, 737.9, 737.8, 737.7, 737.6, 737.5, 737.4, 737.3, 737.2, 737.1, 737.0, 736.9, 736.8, 736.7, 736.6, 736.5, 736.4, 736.3, 736.2, 736.1, 736.0, 735.9, 735.8, 735.7, 735.6, 735.5, 735.4, 735.3, 735.2, 735.1, 735.0, 734.9, 734.8, 734.7, 734.6, 734.5, 734.4, 734.3, 734.2, 734.1, 734.0, 733.9, 733.8, 733.7, 733.6, 733.5, 733.4, 733.3, 733.2, 733.1, 733.0, 732.9, 732.8, 732.7, 732.6, 732.5, 732.4, 732.3, 732.2, 732.1, 732.0, 731.9, 731.8, 731.7, 731.6, 731.5, 731.4, 731.3, 731.2, 731.1, 731.0, 730.9, 730.8, 730.7, 730.6, 730.5, 730.4, 730.3, 730.2, 730.1, 730.0, 729.9, 729.8, 729.7, 729.6, 729.5, 729.4, 729.3, 729.2, 729.1, 729.0, 728.9, 728.8, 728.7, 728.6, 728.5, 728.4, 728.3, 728.2, 728.1, 728.0, 727.9, 727.8, 727.7, 727.6, 727.5, 727.4, 727.3, 727.2, 727.1, 727.0, 726.9, 726.8, 726.7, 726.6, 726.5, 726.4, 726.3, 726.2, 726.1, 726.0, 725.9, 725.8, 725.7, 725.6, 725.5, 725.4, 725.3, 725.2, 725.1, 725.0, 724.9, 724.8, 724.7, 724.6, 724.5, 724.4, 724.3, 724.2, 724.1, 724.0, 723.9, 723.8, 723.7, 723.6, 723.5, 723.4, 723.3, 723.2, 723.1, 723.0, 722.9, 722.8, 722.7, 722.6, 722.5, 722.4, 722.3, 722.2, 722.1, 722.0, 721.9, 721.8, 721.7, 721.6, 721.5, 721.4, 721.3, 721.2, 721.1, 721.0, 720.9, 720.8, 720.7, 720.6, 720.5, 720.4, 720.3, 720.2, 720.1, 720.0, 719.9, 719.8, 719.7, 719.6, 719.5, 719.4, 719.3, 719.2, 719.1, 719.0, 718.9, 718.8, 718.7, 718.6, 718.5, 718.4, 718.3, 718.2, 718.1, 718.0, 717.9, 717.8, 717.7, 717.6, 717.5, 717.4, 717.3, 717.2, 717.1, 717.0, 716.9, 716.8, 716.7, 716.6, 716.5, 716.4, 716.3, 716.2, 716.1, 716.0, 715.9, 715.8, 715.7, 715.6, 715.5, 715.4, 715.3, 715.2, 715.1, 715.0, 714.9, 714.8, 714.7, 714.6, 714.5, 714.4, 714.3, 714.2, 714.1, 714.0, 713.9, 713.8, 713.7, 713.6, 713.5, 713.4, 713.3, 713.2, 713.1, 713.0, 712.9, 712.8, 712.7, 712.6, 712.5, 712.4, 712.3, 712.2, 712.1, 712.0, 711.9, 711.8, 711.7, 711.6, 711.5, 711.4, 711.3, 711.2, 711.1, 711.0, 710.9, 710.8, 710.7, 710.6, 710.5, 710.4, 710.3, 710.2, 710.1, 710.0, 709.9, 709.8, 709.7, 709.6, 709.5, 709.4, 709.3, 709.2, 709.1, 709.0, 708.9, 708.8, 708.7, 708.6, 708.5, 708.4, 708.3, 708.2, 708.1, 708.0, 707.9, 707.8, 707.7, 707.6, 707.5, 707.4, 707.3, 707.2, 707.1, 707.0, 706.9, 706.8, 706.7, 706.6, 706.5, 706.4, 706.3, 706.2, 706.1, 706.0, 705.9, 705.8, 705.7, 705.6, 705.5, 705.4, 705.3, 705.2, 705.1, 705.0, 704.9, 704.8, 704.7, 704.6, 704.5, 704.4, 704.3, 704.2, 704.1, 704.0, 703.9, 703.8, 703.7, 703.6, 703.5, 703.4, 703.3, 703.2, 703.1, 703.0, 702.9, 702.8, 702.7, 702.6, 702.5, 702.4, 702.3, 702.2, 702.1, 702.0, 701.9, 701.8, 701.7, 701.6, 701.5, 701.4, 701.3, 701.2, 701.1, 701.0, 700.9, 700.8, 700.7, 700.6, 700.5, 700.4, 700.3, 700.2, 700.1, 700.0, 699.9, 699.8, 699.7, 699.6, 699.5, 699.4, 699.3, 699.2, 699.1, 699.0, 698.9, 698.8, 698.7, 698.6, 698.5, 698.4, 698.3, 698.2, 698.1, 698.0, 697.9, 697.8, 697.7, 697.6, 697.5, 697.4, 697.3, 697.2, 697.1, 697.0, 696.9, 696.8, 696.7, 696.6, 696.5, 696.4, 696.3, 696.2, 696.1, 696.0, 695.9, 695.8, 695.7, 695.6, 695.5, 695.4, 695.3, 695.2, 695.1, 695.0, 694.9, 694.8, 694.7, 694.6, 694.5, 694.4, 694.3, 69

Stralcio della Carta Tecnica Regionale Numerica in scala 1:5.000 (elemento n. 392024)



Ortofoto a colori del 2006 in scala 1:3.000

Legenda:

Ubicazione della prova sismica di tipo MASW

SPERIMENTATORE
Ing. Angelo Giamberardino

~~DIRETTORE
Geol. Camillo Giamberardino~~

1 - Dati iniziali

Data dell'acquisizione 30.04.2013
Nome del file MT_20130430_164523
Durata dell'acquisizione 1800s
Frequenza di campionamento 300Hz
Terreno di misura Naturale

2 - Risultati delle analisi

Frequenza iniziale 0,30Hz
Frequenza finale 15,0Hz
Lunghezza sotto-finestre temporali da 20s a 40s
Algoritmo di smoothing Kornò e Ohomachi

SEGNALE

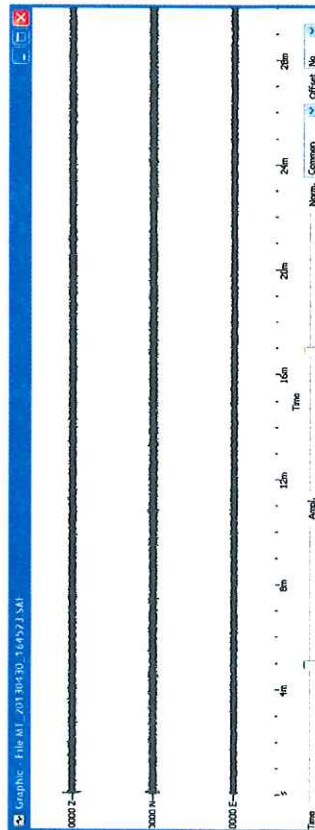


Figura 1 – Segnale registrato.

Tipologia di prova in sito:

PROVA SISMICA PASSIVA HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratios)

Lavoro N: 011/2013

Committente: Dott. geol. Domenico Trotta per conto di SACA S.p.a.

Oggetto: Indagini geotecniche e sismiche presso l'impianto di depurazione di Castel di Sangro

Località: Castel di Sangro (AQ)

Coordinate geografiche del punto di indagine: HVSR-1: lat. 41°47'52.07" N; long. 14°50'50.80" E

Caratteristiche Strumentali:

Sismografo SR04 Geobox	24 bit
Frequenza sensori	2 Hz

Condizioni Ambientali:

Temperatura: 18°C ± 1
Umidità: assente
Disturbi Elettromagnetici: assenti

Stima dell'incertezza dei risultati: ± 5%

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino



E' richiesta l'approvazione scritta di codesta ditta per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

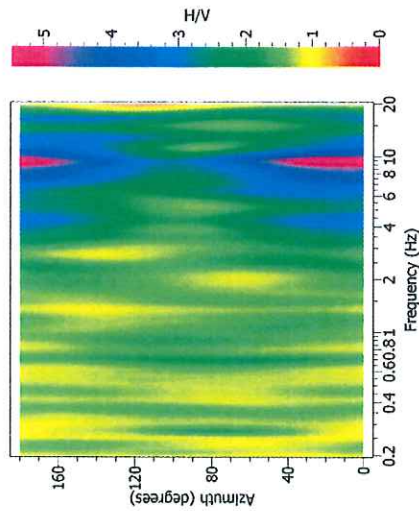


Figura 3 – Diagramma polare

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI DEL MOTO

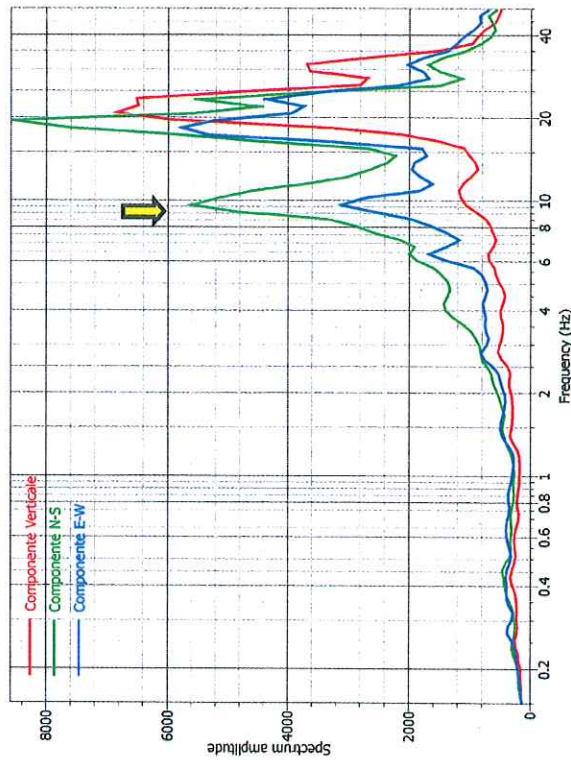


Figura 4 – Spettri registrati nel sito. La freccia evidenzia un minimo locale della sola componente verticale ad indicare una risonanza di natura stratigrafica.

SPERIMENTATORE
 ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
 geol. Camillo Giamberardino

E' richiesta l'approvazione scritta di quest'ultimo laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto



SPERIMENTATORE
 ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
 geol. Camillo Giamberardino

E' richiesta l'approvazione scritta di quest'ultimo laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Picco HV a 9.39 ± 0.19 Hz

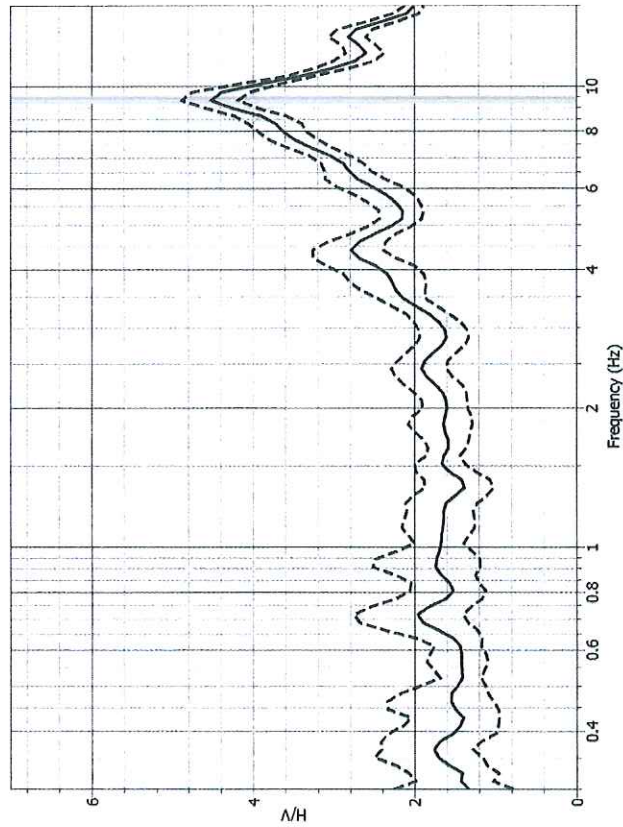


Figura 2 – Curva HV con intervalli di confidenza e relativo valore di picco.



LABORATORIO AUTORIZZATO PER L'ESECUZIONE E CERTIFICAZIONE DI INDAGINI GEONOSTICHE, PRELIEVO DI CAMPIONI E PROVE IN SITO
 DECRETO DEL MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI N. 7978 del 06/02/2010

ALLEGATO n. 1
Rapporto di prova n. 026/HVSR_3/2013
Data di emissione: 08/05/2013

METODOLOGIA DI LAVORO

Generalità

Le tecniche di sismica passiva si basano sulla misura e l'analisi del cosiddetto "rumore sismico ambientale" costituito da piccole vibrazioni del terreno (spostamenti dell'ordine di 10^{-4} - 10^{-3} cm) che si possono osservare sperimentalmente in qualunque punto della superficie terrestre. Nel campo del rumore ambientale sono presenti sia onde di volume (onde P e S) che onde superficiali (onde di Love e di Rayleigh).

Il metodo HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratios*), o HVNSR (*Horizontal to Vertical Spectral Noise Ratios*) o "metodo di Nakamura", è una tecnica di registrazione a stazione singola che valuta sperimentalmente i rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e le componenti verticali (V) del segnale registrato, nell'ipotesi che la componente verticale non risenta degli effetti di amplificazione.

Il risultato che si ottiene è una curva sperimentale che rappresenta il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni ambientali in funzione della frequenza di vibrazione. Le frequenze alle quali la curva HVV mostra dei massimi dipendono dalla sismostratigrafia del sottosuolo e sono funzione diretta della frequenza fondamentale di sito.

In contesti geologico-tecnici semplici (coperture soffici al di sopra di un basamento sismico rigido), è possibile stabilire una relazione fra lo spessore h dello strato soffice, la velocità media delle onde S all'interno di quest'ultimo (V_s) e la frequenza di risonanza fondamentale f dello strato, attraverso la formula:

$$f = \frac{V_s}{4h}$$

Dall'equazione sovrastante emerge come la tecnica HVV possa fornire anche indicazioni di carattere stratigrafico: a partire da una misura di vibrazioni ambientali che vincola il valore di f , nota la V_s delle coperture, si può infatti stimare la profondità dei riflettori sismici principali o viceversa.

Strumentazione impiegata e schema esecutivo della prova

Il sistema di acquisizione utilizzato per le misure di microtremore a stazione singola si compone di un sensore a tre componenti (verticale, est-ovest e nord-sud) di frequenza naturale pari a 2 Hz, di un convertitore analogico digitale e di un sistema GPS.



SPERIMENTATORE
 Ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
 geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la pubblicazione, totale o parziale, del presente rapporto



LABORATORIO AUTORIZZATO PER L'ESECUZIONE E CERTIFICAZIONE DI INDAGINI GEONOSTICHE, PRELIEVO DI CAMPIONI E PROVE IN SITO
 DECRETO DEL MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI N. 7978 del 06/02/2010

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
Pagina 5 di 5



Foto 1 - Ubicazione del punto di misura HVSR-1.



Foto 2 - Ubicazione del punto di misura HVSR-1.

SPERIMENTATORE
 Ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
 geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la pubblicazione, totale o parziale, del presente rapporto

Sulla base delle frequenze di risonanza determinate sperimentalmente viene fornita una stima dello spessore della copertura responsabile dei possibili fenomeni di risonanza osservati.

Documentazione fornita

La documentazione fornita contiene:

- Indicazioni sui parametri di acquisizione;
- Curva HV con deviazione standard in tutto l'intervallo di frequenze analizzato;
- Spettri delle singole componenti del moto (X, Y, Z) nello stesso intervallo di frequenze della curva HV;
- Documentazione fotografica;
- Ubicazione della zona di indagine con l'indicazione del punto di indagine tramite planimetria di dettaglio.

In particolare, è stato utilizzato un sismografo SR04 Geobox dotato di ricevitore GPS, le cui caratteristiche tecniche principali riportate in figura 1.

Per questo studio le misure sono state effettuate con una frequenza di campionamento di 300 Hz e una durata di 20 minuti.

Caratteristiche tecniche generali

Alimentazione: 10-16Vdc o da batteria interna < 1W
Numero canali: 3 a 24 bit (ΣΔ)
Range dinamico: 124dB (144dB, 24 bit effettivi [enob], fra 0.1 e 10Hz)
Campionamento: simultaneo sui tre canali
Sampling rates: da 10-600 Hz
Real Time Clock: +/-10ppm (-20/+50°C)
Sincronizzazione: GPS via PPS modulato
Precisione rispetto a UTC: <50µs
Interfaccia dati sismici: RS232, cavo USB in dotazione
Formato dati: protocollo binario SADC20HS
Velocità: 115200 baud
Contenitore: Monoblocco in alluminio IP66
Temperatura operativa: -30/+60°C
Dimensioni e peso: 155x140x110 mm
Peso: 3.1kg con sensori da 4.5Hz; 4.4kg con sensori da 2Hz
Conformità: CE (EN55022, EN55011)

Fig. 1 - Caratteristiche tecniche del sismografo SR04.

Lo strumento di misura è stato posto a diretto contatto con il terreno e reso solido con questo, curando la messa in bolla dei sensori.

Le parti mobili della strumentazione sono state poste al riparo da spostamenti d'aria, evitando il contatto con elementi mobili (fil di erba, ecc.).

È stata verificata la sufficiente distanza da edifici, alberi o strutture in elevazione, per evitare risentimenti di risonanze non dipendenti dalle geometrie del sottosuolo.

Interpretazione

Il processing dei dati è stato effettuato con il software *Geopsy Versione 2.7.4* nel seguente modo:

1. Suddivisione della finestra di registrazione (di 20 minuti) in sottofinestre di almeno 120 secondi;
2. Eliminazione delle sottofinestre contenenti transienti che mostrano un andamento anomalo rispetto al comportamento medio (per esempio legati al passaggio di automobili);
3. Utilizzo della FFT (*Fast Fourier Transform*) per il calcolo degli spettri;
4. Liscio degli spettri utilizzando il filtro Kono-Ohmachi;
5. Calcolo del rapporto spettrale HV per ciascuna sottofinestra;
6. Stima del valore medio della curva HV e della sua deviazione standard.

SPERIMENTATORE
Ing. Angelo Gamberardino

DIRETTORE
Geo: Camillo Gamberardino



È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la registrazione, totale o parziale, del presente rapporto

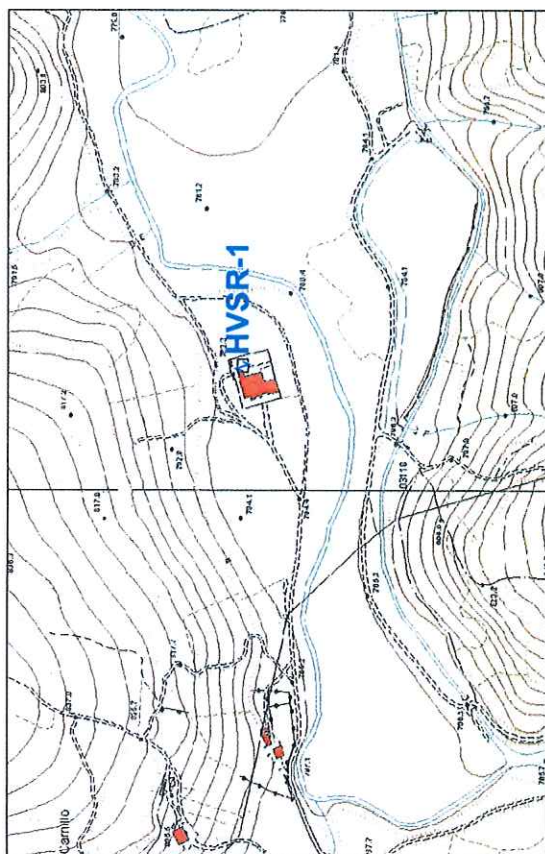
SPERIMENTATORE
Ing. Angelo Gamberardino

DIRETTORE
Geo: Camillo Gamberardino



È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la registrazione, totale o parziale, del presente rapporto

Corografia dell'area di indagine Comune di Castel di Sangro (AQ)



Stralcio della Carta Tecnica Regionale Numerica in scala 1:5.000 (elemento n. 392024)



Ortofoto a colori del 2006 in scala 1:3.000

Legenda:



Ubicazione della misura di sismica passiva a stazione singola

SPERIMENTATORE
Ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
Geol. Camillo Giamberardino



LABORATORIO AUTORIZZATO PER L'ESECUZIONE E CERTIFICAZIONE DI INDAGINI GEODINAMICHE, PRELIEVO DI CAMPIONI E PROVE IN SITO
DECRETO DEL MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI N. 7373 del 08/05/2010

Pagina 2 di 4

PROVA DPSH-1

Strumento utilizzato

DPSH TG 63-200 PAGANI

30/04/2013

Prova eseguita in data

5,80 mt

Profondità prova

Presenza di acqua da 2,0 m dal p.c.

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	3	0.855	26.94	31.52	1.35	1.58
0.40	1	0.851	8.94	10.51	0.45	0.53
0.60	2	0.847	16.34	19.29	0.82	0.96
0.80	2	0.843	16.27	19.29	0.81	0.96
1.00	1	0.840	8.10	9.64	0.40	0.48
1.20	4	0.836	32.26	38.57	1.61	1.93
1.40	1	0.833	8.03	9.64	0.40	0.48
1.60	3	0.830	22.18	26.73	1.11	1.34
1.80	1	0.826	7.36	8.91	0.37	0.45
2.00	2	0.823	14.67	17.82	0.73	0.89
2.20	4	0.820	29.23	35.64	1.46	1.78
2.40	4	0.817	29.13	35.64	1.46	1.78
2.60	7	0.814	47.20	57.97	2.36	2.90
2.80	7	0.811	47.04	57.97	2.35	2.90
3.00	7	0.809	46.88	57.97	2.34	2.90
3.20	11	0.806	73.43	91.10	3.67	4.55
3.40	19	0.753	118.55	157.35	5.93	7.87
3.60	11	0.801	68.15	85.09	3.41	4.25
3.80	7	0.798	43.23	54.15	2.16	2.71
4.00	7	0.796	43.10	54.15	2.16	2.71
4.20	9	0.794	55.26	69.62	2.76	3.48
4.40	6	0.791	36.73	46.41	1.84	2.32
4.60	5	0.789	28.64	36.28	1.43	1.81
4.80	7	0.787	39.98	50.80	2.00	2.54
5.00	19	0.735	101.35	137.88	5.07	6.69
5.20	10	0.783	56.82	72.57	2.84	3.63
5.40	12	0.781	68.02	87.08	3.40	4.35
5.60	24	0.679	111.39	164.02	5.57	8.20
5.80	30	0.677	138.86	205.02	6.94	10.25

SUPERINTENDENTE
ing. Argento Giamberardino

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino



È stata approvata la presente relazione, totale o parziale, del presente certificato



LABORATORIO AUTORIZZATO PER L'ESECUZIONE E CERTIFICAZIONE DI INDAGINI GEODINAMICHE, PRELIEVO DI CAMPIONI E PROVE IN SITO
DECRETO DEL MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI N. 7373 del 08/05/2010

Pagina 1 di 4

Certificato n. 076/DPSH_3/2013

Data di emissione: 08/05/2013

Tipologia di prova in sito:

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA (DPSH)

Lavoro N. 011/2013

Committente: Dott. geol. Domenico Trotta per conto di SACA S.p.a.

Oggetto: Indagini geotecniche e sismiche presso l'impianto di depurazione di Castel di Sangro

Località: Castel di Sangro (AQ)

Coordinate geografiche del punto di indagine: DPSH 1: lat. 41°47'52.26" N; long. 14°6'51.14" E

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: PROVA DPSH

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,63 Kg
Diametro punta conica	51,00 mm
Area di base punta	20,43 cm²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coef. Correlazione	1,489
Rivestimento/foranghi	No
Angolo di apertura punta	90°

Condizioni Ambientali:

Temperatura: non influente
Umidità: non influente
Disturbi Elettromagnetici: non influenti

Stima dell'incertezza dei risultati: ± 5%

SUPERINTENDENTE
ing. Argento Giamberardino

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino



È stata approvata la presente relazione, totale o parziale, del presente certificato



LABORATORIO AUTORIZZATO PER L'ESECUZIONE E CERTIFICAZIONE DI INDAGINI GEOTECHNICHE, PRELIEVO DI CAMPIONI E PROVE IN SITO
DECRETO DEL MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI N. 7919/06/05992/0

Committenza:
Dott. Domenico Trotta

Oggetto:
Indagini geotecniche e sismiche presso l'impianto di
depurazione di Castel di Sangro

Pagina 4 di 4

Id prova:	DPSH 1	Profondità prova:	5,80 m	Data esecuzione prova:	30/04/2013
-----------	--------	-------------------	--------	------------------------	------------



Foto 1

Ubicazione prova



Foto 2

Ubicazione prova



SPERIMENTATORE
Ing. Angelo Giamberardino

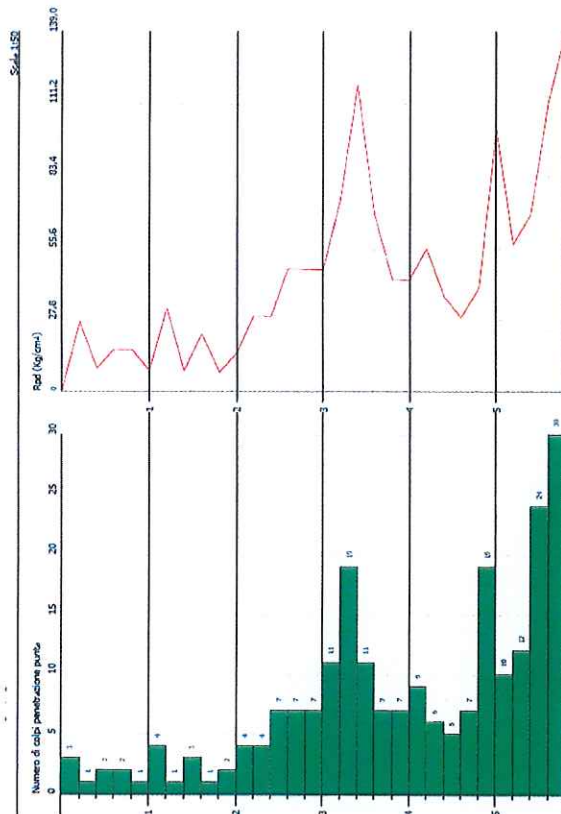
DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di corretto laboratorio per la produzione, totale o parziale, del presente certificato



LABORATORIO AUTORIZZATO PER L'ESECUZIONE E CERTIFICAZIONE DI INDAGINI GEOTECHNICHE, PRELIEVO DI CAMPIONI E PROVE IN SITO
DECRETO DEL MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI N. 7919/06/05992/0

Pagina 3 di 4



SPERIMENTATORE
Ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di corretto laboratorio per la produzione, totale o parziale, del presente certificato

METODOLOGIA DI LAVORO

Generalità

La prova penetrometrica dinamica DPSH (*Dynamic Probing Super Heavy*) consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni *standard*, infissa per battitura nel terreno per mezzo di un idoneo dispositivo di percussione. Le informazioni che la prova fornisce sono di tipo continuo, poiché le misure di resistenza alla penetrazione sono eseguite durante tutta l'infissione. Il campo di utilizzo della prova comprende principalmente i terreni a granulometria grossolana, potendo altresì essere eseguita in pratica in tutti i tipi di terreno, coesivo o granulare. La prova fornisce una valutazione qualitativa del grado di addestramento e di consistenza dei terreni attraversati.

Normativa di riferimento

La normativa di riferimento per l'esecuzione di prove penetrometriche dinamiche DPSH è la seguente:

- AGI, Associazione Geotecnica Italiana – Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche (1977);
- ISSMFE, Technical Committee on Penetration Testing Dynamic Probing (DP) International Reference Test Procedure (1988).

L'attrezzatura utilizzata è conforme alle norme sopra citate per penetrometri dinamici di classe superpesante o comunque rientra nelle tolleranze elencate nel successivo paragrafo. Le modalità esecutive non differiscono e sono specificate nel seguito.

Secondo la terminologia ISSMFE la prova eseguita fa parte del tipo "Super-Pesante (DPSH)".

Attrezzatura di prova

È stato utilizzato un penetrometro dinamico del tipo superpesante *DPSH TG 63-200 PAGANI* le cui caratteristiche tecniche-strutturali sono:

- Batteria di aste
Lunghezza aste: 1 m

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
ceol. Camillo Giannini

La richiesta d'approvazione scritta di codice è la base per la certificazione. Totale o parziale dei presenti certificati

Metodologia della prova

Le prove sono state eseguite misurando il numero di colpi necessari per infiggere la punta conica nel terreno per tratti consecutivi di 20 cm (N_{20}), a partire dal piano campagna.

Il dispositivo di infissione della punta è costituito da un maglio del peso di 63,5 kg che, attraverso un meccanismo automatico di rilascio, cade liberamente a velocità costante da un'altezza di 75 cm. La testa di battuta, costruita in acciaio ad alta resistenza, è rigidamente fissata all'estremità superiore delle aste. Si è proceduto con un'infissione continua, mantenendo una velocità compresa fra 15 e 30 colpi al minuto. La prova viene interrotta quando il numero di colpi supera il valore di 100.

Fra la testa di battuta alla sommità della batteria e il piano campagna è stato installato un centratore con funzione di guida e di irrigidimento delle aste di infissione, per assicurarne la verticalità.

Documentazione fornita

La documentazione comprendere, oltre alle informazioni generali:

- tabulazione dei dati rilevati (numero di colpi N_{20}) per ciascuna verticale della prova;
- grafico del numero di colpi N_{20} in funzione della profondità;
- documentazione fotografica;
- ubicazione della zona di indagine con l'indicazione del punto di indagine tramite planimetria di dettaglio.

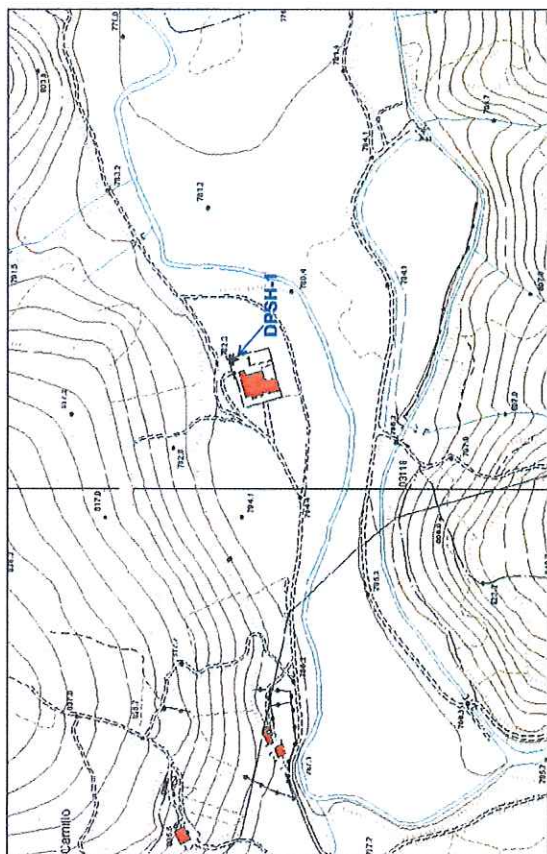
SPERIMENTATORE
Ing. Angelo Giambardino

~~DIRETTORE
Geol. Camillo Giamberardino~~

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

Corografia dell'area di indagine

Comune di Castel di Sangro (AQ)



Stralcio della Carta Tecnica Regionale Numerica in scala 1:5.000 (elemento n. 392024)



Ortofoto a colori del 2006 in scala 1:3.000

Legenda:

✚ Ubicazione della Prova penetrometrica dinamica DPSH

SPERIMENTATORE
Ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
Geol. Camillo Giamberardino

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH1 20013

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
[1]	3.47	2.40	Terzaghi-Peck	0.22
[2]	12.78	4.80	Terzaghi-Peck	0.86
[3]	28.29	5.80	Terzaghi-Peck	1.91

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1]	3.47	2.40	Robertson (1983)	6.94
[2]	12.78	4.80	Robertson (1983)	25.56
[3]	28.29	5.80	Robertson (1983)	56.58

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
[1]	3.47	2.40	Stroud e Butler (1975)	15.92
[2]	12.78	4.80	Stroud e Butler (1975)	58.64
[3]	28.29	5.80	Stroud e Butler (1975)	129.80

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
[1]	3.47	2.40	Apollonia	34.70
[2]	12.78	4.80	Apollonia	127.80
[3]	28.29	5.80	Apollonia	282.90

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1]	3.47	2.40	Classificaz. A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[2]	12.78	4.80	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[3]	28.29	5.80	Classificaz. A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[1]	3.47	2.40	Meyerhof ed altri	1.67
[2]	12.78	4.80	Meyerhof ed altri	2.03
[3]	28.29	5.80	Meyerhof ed altri	2.14

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[1]	3.47	2.40	Meyerhof ed altri	1.86
[2]	12.78	4.80	Meyerhof ed altri	2.23
[3]	28.29	5.80	Meyerhof ed altri	2.32

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m^3)
[1]	3,47	2,40	3,47	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,88
[2]	12,78	4,80	12,78	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,94
[3]	28,29	5,80	28,29	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1]	3,47	2,40	3,47	(A.G.I.)	0,35
[2]	12,78	4,80	12,78	(A.G.I.)	0,33
[3]	28,29	5,80	28,29	(A.G.I.)	0,3

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm^2)
[1]	3,47	2,40	3,47	Ohsaki & Iwasaki	304,28
[2]	12,78	4,80	12,78	Ohsaki & Iwasaki	819,56
[3]	28,29	5,80	28,29	Ohsaki & Iwasaki	1499,2

Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1]	3,47	2,40	3,47	Ohia e Goto (1978)	87,88
[2]	12,78	4,80	12,78	Ohia e Goto (1978)	193,33
[3]	28,29	5,80	28,29	Ohia e Goto (1978)	260,93

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1]	3,47	2,40	3,47	Navfac 1971-1982	0,63
[2]	12,78	4,80	12,78	Navfac 1971-1982	2,68
[3]	28,29	5,80	28,29	Navfac 1971-1982	5,37

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm^2)
[1]	3,47	2,40	3,47	Robertson (1983)	6,94
[2]	12,78	4,80	12,78	Robertson (1983)	38,34
[3]	28,29	5,80	28,29	Robertson (1983)	113,16

Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1]	3,47	2,40	Ohia e Goto (1978)	87,88
[2]	12,78	4,80	Ohia e Goto (1978)	177,36
[3]	28,29	5,80	Ohia e Goto (1978)	219,27

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1]	3,47	2,40	3,47	Gibbs & Holtz 1957	16,5
[2]	12,78	4,80	12,78	Gibbs & Holtz 1957	34,2
[3]	28,29	5,80	28,29	Gibbs & Holtz 1957	46,95

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito ($^\circ$)
[1]	3,47	2,40	3,47	Meyerhof (1956)	15,99
[2]	12,78	4,80	12,78	Shioi-Fukuni (1982)	28,85
[3]	28,29	5,80	28,29	Shioi-Fukuni (1982)	35,6

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm^2)
[1]	3,47	2,40	3,47	Bowles (1982)	28,41
[2]	12,78	4,80	12,78	Bowles (1982)	138,9
[3]	28,29	5,80	28,29	Bowles (1982)	411,48

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm^2)
[1]	3,47	2,40	3,47	Begemann (1974)	34,59
[2]	12,78	4,80	12,78	Begemann (1974)	53,72
[3]	28,29	5,80	28,29	Begemann (1974)	350,44

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1]	3,47	2,40	3,47	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[2]	12,78	4,80	12,78	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMEN TE ADDENSATO
[3]	28,29	5,80	28,29	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMEN TE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m^3)
[1]	3,47	2,40	3,47	Meyerhof ed altri	1,47
[2]	12,78	4,80	12,78	Meyerhof ed altri	1,82
[3]	28,29	5,80	28,29	Meyerhof ed altri	2,12

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 2	23,53	2,80	23,53	Sowers (1961)	34,59
Strato 3	6,95	3,40	6,95	Sowers (1961)	29,95
Strato 4	27,55	4,60	21,275	Sowers (1961)	33,96
Strato 5	7,74	5,60	7,74	Sowers (1961)	30,17
Strato 6	19,36	6,20	17,18	Sowers (1961)	32,81
Strato 7	8,44	8,00	8,44	Sowers (1961)	30,36
Strato 8	28,93	9,40	21,965	Sowers (1961)	34,15

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 2	23,53	2,80	23,53	Bowles (1982)	192,65
Strato 3	6,95	3,40	6,95	Sabbia Media	---
Strato 4	27,55	4,60	21,275	Sabbia Media	181,38
Strato 5	7,74	5,60	7,74	Bowles (1982)	---
Strato 6	19,36	6,20	17,18	Sabbia Media	160,90
Strato 7	8,44	8,00	8,44	Bowles (1982)	---
Strato 8	28,93	9,40	21,965	Sabbia Media	184,82

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 2	23,53	2,80	23,53	Begemann 1974 (Chiaia con sabbia)	75,80
Strato 3	6,95	3,40	6,95	Begemann 1974 (Chiaia con sabbia)	41,74
Strato 4	27,55	4,60	21,275	Begemann 1974 (Chiaia con sabbia)	71,16
Strato 5	7,74	5,60	7,74	Begemann 1974 (Chiaia con sabbia)	43,36
Strato 6	19,36	6,20	17,18	Begemann 1974 (Chiaia con sabbia)	62,75
Strato 7	8,44	8,00	8,44	Begemann 1974 (Chiaia con sabbia)	44,80
Strato 8	28,93	9,40	21,965	Begemann 1974 (Chiaia con sabbia)	72,58

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

TERRENI COESIVI
Coesione non drenata

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	8,44	0,80	Terzaghi-Peck	0,57

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato 1	8,44	0,80	Robertson (1983)	16,88

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	8,44	0,80	Stroud e Butler (1975)	38,72

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato 1	8,44	0,80	Apollonia	84,40

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	8,44	0,80	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	8,44	0,80	Meyerhof ed altri	1,92

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	8,44	0,80	Bowles 1982, Terzaghi- Peck 1948/1967	--

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 2	23,53	2,80	23,53	Gibbs & Holtz 1957	53,28
Strato 3	6,95	3,40	6,95	Gibbs & Holtz 1957	22,62
Strato 4	27,55	4,60	21,275	Gibbs & Holtz 1957	49,27
Strato 5	7,74	5,60	7,74	Gibbs & Holtz 1957	20,13
Strato 6	19,36	6,20	17,18	Gibbs & Holtz 1957	36,45
Strato 7	8,44	8,00	8,44	Gibbs & Holtz 1957	18,25
Strato 8	28,93	9,40	21,965	Gibbs & Holtz 1957	39,74

Modulo di deformazione a taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 2	23,53	2,80	23,53	Ohsaki (Sabbie pulite)	1265,43
Strato 3	6,95	3,40	6,95	Ohsaki (Sabbie pulite)	402,14
Strato 4	27,55	4,60	21,275	Ohsaki (Sabbie pulite)	1151,09
Strato 5	7,74	5,60	7,74	Ohsaki (Sabbie pulite)	444,97
Strato 6	19,36	6,20	17,18	Ohsaki (Sabbie pulite)	941,53
Strato 7	8,44	8,00	8,44	Ohsaki (Sabbie pulite)	482,70
Strato 8	28,93	9,40	21,965	Ohsaki (Sabbie pulite)	1186,15

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Velocità onde m/s
Strato 2	23,53	2,80	23,53	266,79
Strato 3	6,95	3,40	6,95	145
Strato 4	27,55	4,60	21,275	253,69
Strato 5	7,74	5,60	7,74	153,01
Strato 6	19,36	6,20	17,18	227,97
Strato 7	8,44	8,00	8,44	159,78
Strato 8	28,93	9,40	21,965	257,77

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
Strato 2	23,53	2,80	23,53	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	0,04-0,10
Strato 3	6,95	3,40	6,95	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	< 0,04
Strato 4	27,55	4,60	21,275	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	0,04-0,10
Strato 5	7,74	5,60	7,74	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	< 0,04
Strato 6	19,36	6,20	17,18	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	0,04-0,10
Strato 7	8,44	8,00	8,44	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	< 0,04
Strato 8	28,93	9,40	21,965	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	0,04-0,10

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 2	23,53	2,80	23,53	Navfac 1971-1982	4,64
Strato 3	6,95	3,40	6,95	Navfac 1971-1982	1,43
Strato 4	27,55	4,60	21,275	Navfac 1971-1982	4,27
Strato 5	7,74	5,60	7,74	Navfac 1971-1982	1,61
Strato 6	19,36	6,20	17,18	Navfac 1971-1982	3,54
Strato 7	8,44	8,00	8,44	Navfac 1971-1982	1,76
Strato 8	28,93	9,40	21,965	Navfac 1971-1982	4,39

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 2	23,53	2,80	23,53	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMEN TE ADDENSATO
Strato 3	6,95	3,40	6,95	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
Strato 4	27,55	4,60	21,275	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMEN TE ADDENSATO
Strato 5	7,74	5,60	7,74	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
Strato 6	19,36	6,20	17,18	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMEN TE ADDENSATO
Strato 7	8,44	8,00	8,44	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
Strato 8	28,93	9,40	21,965	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMEN TE ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
Strato 2	23,53	2,80	23,53	Meyerhof ed altri	2,06
Strato 3	6,95	3,40	6,95	Meyerhof ed altri	1,62
Strato 4	27,55	4,60	21,275	Meyerhof ed altri	2,02
Strato 5	7,74	5,60	7,74	Meyerhof ed altri	1,65
Strato 6	19,36	6,20	17,18	Meyerhof ed altri	1,93
Strato 7	8,44	8,00	8,44	Meyerhof ed altri	1,68
Strato 8	28,93	9,40	21,965	Meyerhof ed altri	2,03

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m ³)
Strato 2	23,53	2,80	23,53	Terzaghi-Peck 1948-1967	---
Strato 3	6,95	3,40	6,95	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,90
Strato 4	27,55	4,60	21,275	Terzaghi-Peck 1948-1967	---
Strato 5	7,74	5,60	7,74	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,90
Strato 6	19,36	6,20	17,18	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,96
Strato 7	8,44	8,00	8,44	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,91
Strato 8	28,93	9,40	21,965	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 2	23,53	2,80	23,53	(A.G.I.)	0,31
Strato 3	6,95	3,40	6,95	(A.G.I.)	0,34
Strato 4	27,55	4,60	21,275	(A.G.I.)	0,31
Strato 5	7,74	5,60	7,74	(A.G.I.)	0,34
Strato 6	19,36	6,20	17,18	(A.G.I.)	0,32
Strato 7	8,44	8,00	8,44	(A.G.I.)	0,34
Strato 8	28,93	9,40	21,965	(A.G.I.)	0,31

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato 2	23,53	2,80	23,53	Robertson 1983	47,06
Strato 3	6,95	3,40	6,95	Robertson 1983	13,90
Strato 4	27,55	4,60	21,275	Robertson 1983	42,55
Strato 5	7,74	5,60	7,74	Robertson 1983	15,48
Strato 6	19,36	6,20	17,18	Robertson 1983	34,36
Strato 7	8,44	8,00	8,44	Robertson 1983	16,88
Strato 8	28,93	9,40	21,965	Robertson 1983	43,93

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 2	4,91	2,40	4,91	Sowers (1961)	29,37
Strato 3	27,17	3,20	21,085	Sowers (1961)	33,9
Strato 4	8,68	4,40	8,68	Sowers (1961)	30,43
Strato 5	15,63	4,80	15,315	Sowers (1961)	32,29
Strato 6	9,78	6,20	9,78	Sowers (1961)	30,74
Strato 7	29,78	6,60	22,39	Sowers (1961)	34,27
Strato 8	7,44	6,80	7,44	Sowers (1961)	30,08
Strato 9	42,32	9,20	28,66	Sowers (1961)	36,02

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (kg/cm ²)
Strato 2	4,91	2,40	4,91	Bowles (1982)	---
Strato 3	27,17	3,20	21,085	Sabbia Media	180,42
Strato 4	8,68	4,40	8,68	Sabbia Media	---
Strato 5	15,63	4,80	15,315	Sabbia Media	151,57
Strato 6	9,78	6,20	9,78	Sabbia Media	---
Strato 7	29,78	6,60	22,39	Sabbia Media	186,95
Strato 8	7,44	6,80	7,44	Sabbia Media	---
Strato 9	42,32	9,20	28,66	Sabbia Media	218,30

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (kg/cm ²)
Strato 2	4,91	2,40	4,91	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	37,55
Strato 3	27,17	3,20	21,085	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	70,77
Strato 4	8,68	4,40	8,68	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	45,29
Strato 5	15,63	4,80	15,315	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	58,92
Strato 6	9,78	6,20	9,78	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	47,55
Strato 7	29,78	6,60	22,39	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	73,45
Strato 8	7,44	6,80	7,44	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	42,75
Strato 9	42,32	9,20	28,66	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	86,33

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata				
	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	23,82	0,40	Terzaghi-Peck	1,61

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato 1	23,82	0,40	Robertson (1983)	47,64

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	23,82	0,40	Stroud e Butler (1975)	109,29

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato 1	23,82	0,40	Apollonia	238,20

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	23,82	0,40	Classificaz. A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	23,82	0,40	Meyerhof ed altri	2,11

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	23,82	0,40	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	2,19

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 2	4,91	2,40	4,91	Gibbs & Holtz 1957	21,98
Strato 3	27,17	3,20	21,085	Gibbs & Holtz 1957	54,61
Strato 4	8,68	4,40	8,68	Gibbs & Holtz 1957	26,25
Strato 5	15,63	4,80	15,315	Gibbs & Holtz 1957	36,19
Strato 6	9,78	6,20	9,78	Gibbs & Holtz 1957	24,77
Strato 7	29,78	6,60	22,39	Gibbs & Holtz 1957	46,37
Strato 8	7,44	6,80	7,44	Gibbs & Holtz 1957	17,69
Strato 9	42,32	9,20	28,66	Gibbs & Holtz 1957	50,91

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 2	4,91	2,40	4,91	(A.G.I.)	0,34
Strato 3	27,17	3,20	21,085	(A.G.I.)	0,31
Strato 4	8,68	4,40	8,68	(A.G.I.)	0,34
Strato 5	15,63	4,80	15,315	(A.G.I.)	0,32
Strato 6	9,78	6,20	9,78	(A.G.I.)	0,33
Strato 7	29,78	6,60	22,39	(A.G.I.)	0,31
Strato 8	7,44	6,80	7,44	(A.G.I.)	0,34
Strato 9	42,32	9,20	28,66	(A.G.I.)	0,3

Modulo di deformazione a taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 2	4,91	2,40	4,91	Ohsaki (Sabbie pulite)	290,09
Strato 3	27,17	3,20	21,085	Ohsaki (Sabbie pulite)	1141,43
Strato 4	8,68	4,40	8,68	Ohsaki (Sabbie pulite)	495,59
Strato 5	15,63	4,80	15,315	Ohsaki (Sabbie pulite)	845,13
Strato 6	9,78	6,20	9,78	Ohsaki (Sabbie pulite)	554,41
Strato 7	29,78	6,60	22,39	Ohsaki (Sabbie pulite)	1207,71
Strato 8	7,44	6,80	7,44	Ohsaki (Sabbie pulite)	428,74
Strato 9	42,32	9,20	28,66	Ohsaki (Sabbie pulite)	1523,19

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Velocità onde m/s
Strato 2	4,91	2,40	4,91	121,87
Strato 3	27,17	3,20	21,085	252,55
Strato 4	8,68	4,40	8,68	162,04
Strato 5	15,63	4,80	15,315	215,24
Strato 6	9,78	6,20	9,78	172
Strato 7	29,78	6,60	22,39	260,25
Strato 8	7,44	6,80	7,44	150,02
Strato 9	42,32	9,20	28,66	294,44

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 2	4,91	2,40	4,91	Classificazione A.G.I. 1977	POCO
Strato 3	27,17	3,20	21,085	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO
Strato 4	8,68	4,40	8,68	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato 5	15,63	4,80	15,315	Classificazione A.G.I. 1977	POCO
Strato 6	9,78	6,20	9,78	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO
Strato 7	29,78	6,60	22,39	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato 8	7,44	6,80	7,44	Classificazione A.G.I. 1977	POCO
Strato 9	42,32	9,20	28,66	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	4,91	2,40	4,91	Meyerhof ed altri	1,53
Strato 3	27,17	3,20	21,085	Meyerhof ed altri	2,01
Strato 4	8,68	4,40	8,68	Meyerhof ed altri	1,68
Strato 5	15,63	4,80	15,315	Meyerhof ed altri	1,89
Strato 6	9,78	6,20	9,78	Meyerhof ed altri	1,72
Strato 7	29,78	6,60	22,39	Meyerhof ed altri	2,04
Strato 8	7,44	6,80	7,44	Meyerhof ed altri	1,64
Strato 9	42,32	9,20	28,66	Meyerhof ed altri	2,12

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m ³)
Strato 2	4,91	2,40	4,91	Terrazghi-Peck 1948-1967	1,89
Strato 3	27,17	3,20	21,085	Terrazghi-Peck 1948-1967	---
Strato 4	8,68	4,40	8,68	Terrazghi-Peck 1948-1967	1,91
Strato 5	15,63	4,80	15,315	Terrazghi-Peck 1948-1967	1,95
Strato 6	9,78	6,20	9,78	Terrazghi-Peck 1948-1967	1,92
Strato 7	29,78	6,60	22,39	Terrazghi-Peck 1948-1967	---
Strato 8	7,44	6,80	7,44	Terrazghi-Peck 1948-1967	1,90
Strato 9	42,32	9,20	28,66	Terrazghi-Peck 1948-1967	---

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
Strato 2	4,91	2,40	4,91	Seed (1979) Sabbie e ghiaie)	< 0,04
Strato 3	27,17	3,20	21,085	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	0,04-0,10
Strato 4	8,68	4,40	8,68	Seed (1979) Sabbie e ghiaie)	< 0,04
Strato 5	15,63	4,80	15,315	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	0,04-0,10
Strato 6	9,78	6,20	9,78	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	< 0,04
Strato 7	29,78	6,60	22,39	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	0,04-0,10
Strato 8	7,44	6,80	7,44	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	< 0,04
Strato 9	42,32	9,20	28,66	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	0,10-0,35

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 2	4,91	2,40	4,91	Navfac 1971-1982	0,97
Strato 3	27,17	3,20	21,085	Navfac 1971-1982	4,24
Strato 4	8,68	4,40	8,68	Navfac 1971-1982	1,82
Strato 5	15,63	4,80	15,315	Navfac 1971-1982	3,19
Strato 6	9,78	6,20	9,78	Navfac 1971-1982	2,06
Strato 7	29,78	6,60	22,39	Navfac 1971-1982	4,46
Strato 8	7,44	6,80	7,44	Navfac 1971-1982	1,54
Strato 9	42,32	9,20	28,66	Navfac 1971-1982	5,42

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato 2	4,91	2,40	4,91	Robertson 1983	9,82
Strato 3	27,17	3,20	21,085	Robertson 1983	42,17
Strato 4	8,68	4,40	8,68	Robertson 1983	17,36
Strato 5	15,63	4,80	15,315	Robertson 1983	30,63
Strato 6	9,78	6,20	9,78	Robertson 1983	19,56
Strato 7	29,78	6,60	22,39	Robertson 1983	44,78
Strato 8	7,44	6,80	7,44	Robertson 1983	14,88
Strato 9	42,32	9,20	28,66	Robertson 1983	57,32

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 2	5,21	1,20	5,21	Sowers (1961)	29,46
Strato 3	19,36	1,40	19,36	Sowers (1961)	33,42
Strato 4	7,44	3,40	7,44	Sowers (1961)	30,08
Strato 5	15,89	4,00	15,445	Sowers (1961)	32,32
Strato 6	9,47	6,80	9,47	Sowers (1961)	30,65
Strato 7	38,18	9,60	26,59	Sowers (1961)	35,45

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 2	5,21	1,20	5,21	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato 3	19,36	1,40	19,36	Bowles (1982) Sabbia Media	171,80
Strato 4	7,44	3,40	7,44	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato 5	15,89	4,00	15,445	Bowles (1982) Sabbia Media	152,23
Strato 6	9,47	6,80	9,47	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato 7	38,18	9,60	26,59	Bowles (1982) Sabbia Media	207,95

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 2	5,21	1,20	5,21	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	38,17
Strato 3	19,36	1,40	19,36	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	67,23
Strato 4	7,44	3,40	7,44	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	42,75
Strato 5	15,89	4,00	15,445	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	59,19
Strato 6	9,47	6,80	9,47	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	46,92
Strato 7	38,18	9,60	26,59	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	82,08

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 2	5,21	1,20	5,21	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
Strato 3	19,36	1,40	19,36	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMEN TE ADDENSATO
Strato 4	7,44	3,40	7,44	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
Strato 5	15,89	4,00	15,445	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMEN TE ADDENSATO
Strato 6	9,47	6,80	9,47	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
Strato 7	38,18	9,60	26,59	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	4,47	0,40	Terzaghi-Peck	0,28

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato 1	4,47	0,40	Robertson (1983)	8,94

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	E _{ed} (Kg/cm ²)
Strato 1	4,47	0,40	Stroud e Butler (1975)	20,51

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	E _y (Kg/cm ²)
Strato 1	4,47	0,40	Apollonia	44,70

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	4,47	0,40	Classificaz. A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	4,47	0,40	Meyerhof ed altri	1,73

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	4,47	0,40	Bowles 1982, Terzaghi- Peck 1948/1967	1,87

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 2	5,21	1,20	5,21	Gibbs & Holtz 1957	25,04
Strato 3	19,36	1,40	19,36	Gibbs & Holtz 1957	51,75
Strato 4	7,44	3,40	7,44	Gibbs & Holtz 1957	27,12
Strato 5	15,89	4,00	15,445	Gibbs & Holtz 1957	39,28
Strato 6	9,47	6,80	9,47	Gibbs & Holtz 1957	24,63
Strato 7	38,18	9,60	26,59	Gibbs & Holtz 1957	48,21

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Velocità onde m/s
Strato 2	5,21	1,20	5,21	125,54
Strato 3	19,36	1,40	19,36	242
Strato 4	7,44	3,40	7,44	150,02
Strato 5	15,89	4,00	15,445	216,15
Strato 6	9,47	6,80	9,47	169,25
Strato 7	38,18	9,60	26,59	283,61

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
Strato 2	5,21	1,20	5,21	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	< 0,04
Strato 3	19,36	1,40	19,36	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	0,04-0,10
Strato 4	7,44	3,40	7,44	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	< 0,04
Strato 5	15,89	4,00	15,445	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	0,04-0,10
Strato 6	9,47	6,80	9,47	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	< 0,04
Strato 7	38,18	9,60	26,59	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	0,10-0,35

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 2	5,21	1,20	5,21	Navfac 1971-1982	1,04
Strato 3	19,36	1,40	19,36	Navfac 1971-1982	3,94
Strato 4	7,44	3,40	7,44	Navfac 1971-1982	1,54
Strato 5	15,89	4,00	15,445	Navfac 1971-1982	3,21
Strato 6	9,47	6,80	9,47	Navfac 1971-1982	1,99
Strato 7	38,18	9,60	26,59	Navfac 1971-1982	5,12

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato 2	5,21	1,20	5,21	Robertson 1983	10,42
Strato 3	19,36	1,40	19,36	Robertson 1983	38,72
Strato 4	7,44	3,40	7,44	Robertson 1983	14,88
Strato 5	15,89	4,00	15,445	Robertson 1983	30,89
Strato 6	9,47	6,80	9,47	Robertson 1983	18,94
Strato 7	38,18	9,60	26,59	Robertson 1983	53,18

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 2	5,21	1,20	5,21	Meyerhof ed altri	1,55
Strato 3	19,36	1,40	19,36	Meyerhof ed altri	1,98
Strato 4	7,44	3,40	7,44	Meyerhof ed altri	1,64
Strato 5	15,89	4,00	15,445	Meyerhof ed altri	1,89
Strato 6	9,47	6,80	9,47	Meyerhof ed altri	1,71
Strato 7	38,18	9,60	26,59	Meyerhof ed altri	2,10

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 2	5,21	1,20	5,21	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,89
Strato 3	19,36	1,40	19,36	Terzaghi-Peck 1948-1967	---
Strato 4	7,44	3,40	7,44	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,90
Strato 5	15,89	4,00	15,445	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,95
Strato 6	9,47	6,80	9,47	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,91
Strato 7	38,18	9,60	26,59	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 2	5,21	1,20	5,21	(A.G.I.)	0,34
Strato 3	19,36	1,40	19,36	(A.G.I.)	0,32
Strato 4	7,44	3,40	7,44	(A.G.I.)	0,34
Strato 5	15,89	4,00	15,445	(A.G.I.)	0,32
Strato 6	9,47	6,80	9,47	(A.G.I.)	0,34
Strato 7	38,18	9,60	26,59	(A.G.I.)	0,3

Modulo di deformazione a taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 2	5,21	1,20	5,21	Ohsaki (Sabbie pulite)	306,72
Strato 3	19,36	1,40	19,36	Ohsaki (Sabbie pulite)	1053,43
Strato 4	7,44	3,40	7,44	Ohsaki (Sabbie pulite)	428,74
Strato 5	15,89	4,00	15,445	Ohsaki (Sabbie pulite)	851,87
Strato 6	9,47	6,80	9,47	Ohsaki (Sabbie pulite)	537,88
Strato 7	38,18	9,60	26,59	Ohsaki (Sabbie pulite)	1419,54

ALL.3 DATI SISMICI E SPETTRI DI NORMATIVA

- $V_N \geq 50$ anni per le opere ordinarie, ponti, infrastrutture e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale.
- $V_N \geq 100$ anni per grandi opere, ponti, infrastrutture e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica.

Nel caso specifico $V_N = 50$ anni.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Le NTC08 prevedono quattro classi d'uso a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli. $C_U = 0.7$;

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti. $C_U = 1.0$;

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso. $C_U = 1.5$;

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie, ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica. $C_U = 2.0$;

Nel caso in esame viene presa in considerazione la **classe d'uso II** a cui è associato il coefficiente d'uso $C_U = 1$.

Una volta ottenuti V_N e C_U , è possibile calcolare il periodo di riferimento V_R , che qui vale:

$$V_R = 50 * 1 = 50 \text{ anni.}$$

3. STATI LIMITE, PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO E PERIODO DI RITORNO

Le NTC08 prendono in considerazione 4 possibili *stati limite* (SL) individuati facendo riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti: due sono *stati limite di esercizio* (SLE) e due sono *stati limite ultimi* (SLU). Uno stato limite è una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata.

STUDIO DI GEOLOGIA - viale G. Cesare n.8, 67030, Corfinio, (L'AQUILA) - Tel.0864732017, Tel.3283715223, Fax:0864732017, e-mail:troiladomenico@interfree.it - C.F.TKTDNC70S26G878L, P.Iva.01722910666

1. PREMessa

Per valutare se un'opera strutturale è sicura bisogna far riferimento a degli *stati limite*, che possono verificarsi durante un determinato *periodo di riferimento* della stessa opera. Quindi per poter stimare l'azione sismica, che dovrà essere utilizzata nelle verifiche agli stati limite o nella progettazione, bisognerà stabilire:

- *nominale* dell'opera, che congiuntamente alla *classe d'uso*, permette di determinare quel *periodo di riferimento*; in primo luogo la *vita*
- periodo di riferimento e i diversi stati limite da considerare, una volta definite le relative *probabilità di superamento*, è possibile stabilire il *periodo di ritorno* associato a ciascun stato limite; una volta definito il
- possibile definire la *pericolosità sismica di base* per il sito interessato alla realizzazione dell'opera, facendo riferimento agli studi condotti sul territorio nazionale dal Gruppo di Lavoro 2004 nell'ambito della convenzione-progetto S1 DPC-INGV 2004-2006 e i cui risultati sono stati promulgati mediante l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3519/2006. a questo punto è

2. VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

Nelle NTC08 il periodo di riferimento, che non può essere inferiore a 35 anni, è dato dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N \times C_U \quad (2.1)$$

dove:

V_R = *periodo di riferimento*

V_N = *vita nominale*

C_U = *coefficiente d'uso*

La vita nominale di un'opera strutturale V_N , secondo le NTC08, è definita come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata e viene definita attraverso tre diversi valori, a seconda dell'importanza dell'opera e perciò delle esigenze di durabilità:

- opere provvisorie, provvisoriale e le strutture in fase costruttiva che però abbiano una durata di progetto ≥ 2 anni. $V_N \leq 10$ anni per le

Tabella 3.1 – Stati limite e rispettive probabilità di superamento, nel periodo di riferimento V_R

Stati limite di esercizio	Stati limite		PVR
	Stato limite di operatività	SLO	
Stati limite ultimi	Stato limite di danno	SLD	81%
	Stato limite di salvaguardia della vita	SLV	63%
	Stato limite di prevenzione del collasso	SLC	10%
		SLC	5%

Fissati V_R e PVR associata ad ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R , espresso in anni, mediante l'espressione riportata nell'Allegato A delle NTC08:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (3.1)$$

Tale relazione tra PVR (probabilità) e T_R (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

Poiché è $V_R = 50$ anni, il tempo di ritorno T_R sarà:

Tabella 3.2 – Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento V_R

Stati limite di esercizio	Stati limite		TR
	Stato limite di operatività	SLO	
Stati limite ultimi	Stato limite di danno	SLD	30
	Stato limite di salvaguardia della vita	SLV	50
	Stato limite di prevenzione del collasso	SLC	475
		SLC	975

Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite di esercizio sono:

– **Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

– **Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

– **salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

– **prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le NTC08, in presenza di azioni sismiche, richiedono le verifiche allo SLO solo per gli elementi non strutturali e per gli impianti di strutture di classi d'uso III e IV (NTC08, punto 7.1). Lo SLO si utilizza anche come riferimento progettuale per quelle opere che devono restare operative durante e subito dopo il terremoto. Le verifiche allo SLC sono, invece, richieste solo per le costruzioni o ponti con isolamento e/o dissipazione (NTC08, punto 7.10).

Ad ogni stato limite è associata una *probabilità di superamento* P_{VR} (Tabella 3.1), ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento V_R , si verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di a_g prefissata (a_g = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza $\lambda = 1/T_R$ (T_R = periodo di ritorno).

Figura 4.2 – Stralcio della tabella contenuta nell'Allegato B delle NTC08, che fornisce i 3 parametri di pericolosità sismica, per diversi periodi di ritorno e per ogni nodo del reticolo che viene identificato da un ID e dalle coordinate geografiche.

Qualora la pericolosità sismica del sito sul reticolo di riferimento non consideri il periodo di ritorno T_R corrispondente alla V_R e P_{VR} fissate, il valore del generico parametro p ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione (figura 3), a partire dai dati relativi ai tempi di ritorno previsti nella pericolosità di base, utilizzando la seguente espressione dell'Allegato A alle NTC08:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \times \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right) \times \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1} \quad (4.1)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (a_g , F_0 , T_C^*) corrispondente al periodo di ritorno T_R desiderato, mentre p_1 , p_2 è il valore di tale parametro corrispondente al periodo di ritorno T_{R1} , T_{R2} .

Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri p possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando l'espressione dell'Allegato A alle NTC08:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}} \quad (4.2)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (a_g , F_0 , T_C^*) corrispondente al punto considerato, p_i è il valore di tale parametro nell' i -esimo vertice della maglia elementare contenente il punto in esame e d_i è la distanza del punto in esame dall' i -esimo vertice della suddetta maglia.

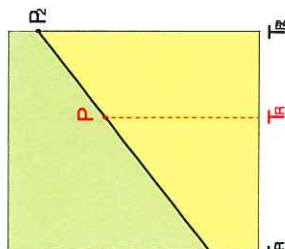


Figura 4.3 – Interpolazione dei periodi di ritorno, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.

4. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, nelle NTC08, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima (a_g) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Per poter definire la pericolosità sismica di base le NTC08 si rifanno ad una procedura basata sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV <http://essel-gis.mi.ingv.it/>, nella sezione "Mappe interattive della pericolosità sismica".

Secondo le NTC08 le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno T_R (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito, definiti nell'Allegato A alle NTC08:

a_g = accelerazione orizzontale massima;

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_C^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I tre parametri si ricavano per il 50° percentile ed attribuendo a:

a_g , il valore previsto dalla pericolosità sismica S1

F_0 e T_C^* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC08 scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica S1 (il minimo è ottenuto ai minimi quadrati, su valori normalizzati).

I valori di questi parametri vengono forniti in tabella (figura 4.2), contenuta nell'Allegato B delle NTC08, per i 10751 punti di un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine.

ID	LON	LAT	T _R = 30			T _R = 50			T _R = 72			T _R = 101		
			a _g	F ₀	T _C [*]	a _g	F ₀	T _C [*]	a _g	F ₀	T _C [*]	a _g	F ₀	T _C [*]
13111	6.5448	45.1340	0.263	2.500	0.180	0.340	2.510	0.210	0.394	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13333	6.5506	45.0850	0.264	2.490	0.180	0.341	2.510	0.210	0.395	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13555	6.5564	45.0350	0.264	2.500	0.180	0.340	2.510	0.200	0.393	2.550	0.220	0.466	2.500	0.240
13777	6.5621	44.9850	0.263	2.500	0.180	0.338	2.520	0.200	0.391	2.550	0.220	0.462	2.510	0.240
12890	6.6096	45.1880	0.284	2.460	0.190	0.364	2.510	0.210	0.431	2.500	0.220	0.509	2.480	0.240
13112	6.6153	45.1390	0.286	2.460	0.190	0.366	2.510	0.210	0.433	2.500	0.220	0.511	2.480	0.240
13334	6.6210	45.0890	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.434	2.500	0.220	0.511	2.490	0.240
13556	6.6268	45.0390	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.433	2.510	0.220	0.510	2.490	0.240
13778	6.6325	44.9890	0.288	2.460	0.190	0.366	2.520	0.210	0.430	2.510	0.220	0.507	2.500	0.240
14000	6.6383	44.9390	0.286	2.470	0.190	0.363	2.520	0.210	0.426	2.520	0.220	0.502	2.500	0.240
14222	6.6439	44.8890	0.284	2.470	0.190	0.360	2.530	0.210	0.421	2.530	0.220	0.497	2.500	0.240
12891	6.6803	45.1920	0.306	2.430	0.200	0.389	2.500	0.210	0.467	2.470	0.230	0.544	2.490	0.230
10228	6.6826	45.7940	0.283	2.420	0.200	0.364	2.460	0.220	0.430	2.460	0.240	0.503	2.440	0.250
13113	6.6860	45.1430	0.309	2.430	0.200	0.391	2.510	0.210	0.470	2.470	0.230	0.546	2.490	0.230
10450	6.6885	45.7450	0.278	2.440	0.200	0.356	2.480	0.220	0.415	2.500	0.230	0.485	2.470	0.250
13335	6.6915	45.0930	0.310	2.430	0.200	0.392	2.510	0.210	0.470	2.480	0.230	0.546	2.500	0.230
10672	6.6942	45.6950	0.275	2.450	0.200	0.351	2.490	0.210	0.406	2.520	0.230	0.475	2.490	0.250
13557	6.6975	45.0430	0.311	2.440	0.200	0.392	2.520	0.210	0.469	2.480	0.230	0.545	2.500	0.230
13779	6.7029	44.9930	0.310	2.440	0.200	0.391	2.520	0.210	0.467	2.480	0.230	0.543	2.500	0.230

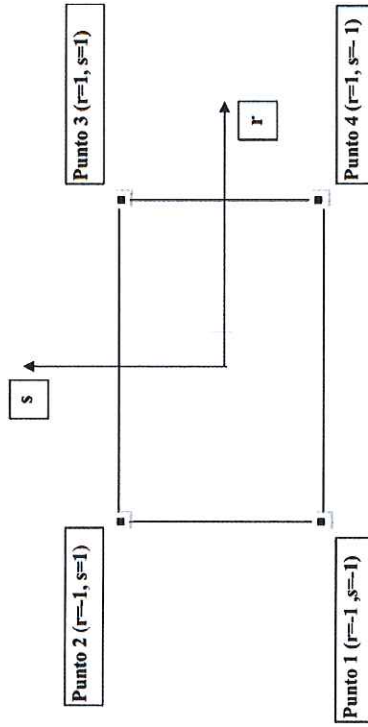


Figura 4.5 – Applicazione dell'interpolazione bilineare.

Definiti i 4 vertici di una generica maglia i polinomi di Lagrange sono così determinati:

$$h_1 = (1-r)(1-s)/4 \quad (4.4)$$

$$h_2 = (1-r)(1+s)/4 \quad (4.5)$$

$$h_3 = (1+r)(1+s)/4 \quad (4.6)$$

$$h_4 = (1+r)(1-s)/4 \quad (4.7)$$

Tra le coordinate x,y di un punto generico e le coordinate r, s dello stesso punto valgono le seguenti relazioni:

$$4x = \sum_{i=1}^4 h_i x_i = [(1-r)(1-s)x_1 + (1-r)(1+s)x_2 + (1+r)(1+s)x_3 + (1+r)(1-s)x_4] \quad (4.8)$$

$$4y = \sum_{i=1}^4 h_i y_i = [(1-r)(1-s)y_1 + (1-r)(1+s)y_2 + (1+r)(1+s)y_3 + (1+r)(1-s)y_4] \quad (4.9)$$

La soluzione del sistema di equazioni non lineari è ottenuta iterativamente e, tramite i valori di r ed s, si determinano i parametri a_0, F_0, T_c dall'equazione:

$$4p = \sum_{i=1}^4 h_i p_i = [(1-r)(1-s)p_1 + (1-r)(1+s)p_2 + (1+r)(1+s)p_3 + (1+r)(1-s)p_4] \quad (4.10)$$

Dove p rappresenta il parametro cercato.

5. Pericolosità sismica di sito

STUDIO DI GEOLOGIA - viale G.Cesare n.8, 67030, Corfinio, (L'AQUILA) - Tel.0864732017, Tel.3283715223, Fax:0864732017, e-mail:triodadomenico@interfree.it, - C.F.TRTDNC70S26G878L, P.Iva.01722910666

La procedura per interpolare le coordinate geografiche è schematizzata nella figura 4.4

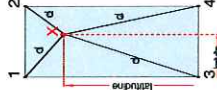


Figura 4.4 – Interpolazione delle coordinate geografiche, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.

Pertanto per poter procedere all'interpolazione delle coordinate geografiche, in accordo alla procedura delle NTC08, bisogna calcolare le distanze che intercorrono tra i 4 punti del reticolo e il punto di interesse. Questo calcolo può essere eseguito approssimativamente utilizzando le formule della trigonometria sferica, che danno la distanza geodetica tra due punti, di cui siano note le coordinate geografiche. Utilizzando quindi il teorema di Eulero, la distanza d tra due punti, di cui siano note latitudine e longitudine, espresse però in radianti, si ottiene dall'espressione seguente:

$$d = R \cdot \arccos[\sin(\text{lat}\beta) \cdot \sin(\text{lat}\alpha) + \cos(\text{lat}\alpha) \cdot \cos(\text{lat}\beta) \cdot \cos(\text{lon}\alpha - \text{lon}\beta)] \quad (4.3)$$

dove R = 6371 è il raggio medio terrestre in km, mentre $\text{lat}\alpha$, $\text{lon}\alpha$, $\text{lat}\beta$ e $\text{lon}\beta$ sono la latitudine e la longitudine, espresse in radianti, di due punti A e B di cui si vuole calcolare la distanza.

La formula di interpolazione sopra proposta, semplice da usare, presenta però l'inconveniente di condurre a valori di pericolosità lievemente diversi per punti affacciati ma appartenenti a maglie contigue. La modestia delle differenze (scostamenti in termini di PGA dell'ordine di $\pm 0,01$ g ossia della precisione dei dati) a fronte della semplicità d'uso, rende tale stato di cose assolutamente accettabile.

Qualora si vogliano rappresentazioni continue della funzione interpolata, si dovrà ricorrere a metodi di interpolazione più complessi, ad esempio i polinomi di Lagrange.

$$a_{max} = S_S S_T a_g$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica) ($0.90 \leq S_S \leq 1.80$) è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

S_T (effetto di amplificazione topografica), varia con il variare delle quattro categorie topografiche:

$$T1: S_T = 1.0; T2: S_T = 1.20; T3: S_T = 1.2; T4: S_T = 1.40.$$

5.3. Muri di sostegno

Per i muri di sostegno pendii i coefficienti K_h e K_v sono così determinati:

$$K_h = \beta_m \times (a_{max}/g)$$

$$K_v = \pm 0.5 \times K_h$$

Con:

β_m coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, per i muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno assume valore unitario altrimenti assume i valori riportati nella Tabella 5.2.

Tabella 5.2. - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Crescita di sottosuolo				
	A	B	C	D	E
$0.2 < a(g) \leq 0.4$		β_m			
$0.1 < a(g) \leq 0.2$	0.31		0.31		
$a(g) \leq 0.1$	0.29		0.29		0.18

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
 g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_S S_T a_g$$

S è il coefficiente comprendente l'effetto di amplificazione stratigrafica S_s e di amplificazione topografica S_T .

a_g accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

5.4 Paratie

In mancanza di studi specifici, a_h (accelerazione orizzontale) può essere legata all'accelerazione di picco a_{max} attesa nel volume di terreno significativo per l'opera mediante la relazione:

STUDIO DI GEOLOGIA - viale G. Cesare n.8, 67030, Corfinio, (L'AQUILA) - Tel.0864732017, Tel.3283715223, Fax:0864732017, e-mail:trotaadomenico@interfree.it, - C.F.TRTDNC70S26G878L, P.Iva.01722910666

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A, definito al § 3.2.2).

5.1. Coefficienti sismici

I coefficienti sismici orizzontale K_h e verticale K_v dipendono del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi e del tipo di opera da calcolare. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno (T_R) dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - PVR)$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R non può essere inferiore a 35 anni.

5.2. Stabilità dei pendii e fondazioni

Nel caso di stabilità dei pendii i coefficienti K_h e K_v sono così determinati:

$$K_h = \beta_s \times (a_{max}/g)$$

$$K_v = \pm 0.5 \times K_h$$

Con

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;
 a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
 g accelerazione di gravità.

I valori di β_s sono riportati nella tabella 5.1.

Tabella 5.1 - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Crescita di sottosuolo				
	A	B	C	D	E
$0.2 < a(g) \leq 0.4$		β_s			
$0.1 < a(g) \leq 0.2$	0.30		0.28		
$a(g) \leq 0.1$	0.27		0.24		0.20

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa al sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

STUDIO DI GEOLOGIA - viale G. Cesare n.8, 67030, Corfinio, (L'AQUILA) - Tel.0864732017, Tel.3283715223, Fax:0864732017, e-mail:trotaadomenico@interfree.it, - C.F.TRTDNC70S26G878L, P.Iva.01722910666

PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Descrizione: COSTRUZIONE DI VASCHE IN C.A.
Comittente: SACA S.P.A.
Cantiere: CASTEL DI SANGRO
Località: Fiume Sangro
Data: 07/05/2013

Vita nominale (Vn): 50 [anni]
Classe d'uso: II
Coefficiente d'uso (Cu): I
Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto
Latitudine (WGS84): 41,7977100 [°]
Longitudine (WGS84): 14,1138700 [°]
Latitudine (ED50): 41,7986900 [°]
Longitudine (ED50): 14,1147600 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	28980	41,783420	14,093690	2435,91
2	28981	41,783050	14,160710	4187,97
3	28759	41,833050	14,161280	5427,87
4	28758	41,833420	14,094170	4221,78

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC08, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

$a_H = K_H \cdot g = \alpha \cdot \beta \cdot a_{max}$

dove:

g è l'accelerazione di gravità;

K_H è il coefficiente sismico in direzione orizzontale;

$\alpha \leq 1$ è un coefficiente che tiene conto della deformabilità dei terreni interagenti con l'opera. Può essere ricavato a partire dall'altezza complessiva H della paratia e dalla categoria di sottosuolo mediante il diagramma in Figura 5.1;

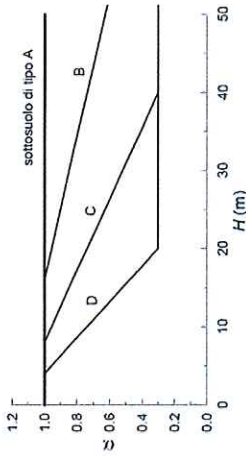


Figura 5.1 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità α.

Per la valutazione della spinta nelle condizioni di equilibrio limite passivo deve porsi $\alpha = 1$.

$\beta \leq 1$ è un coefficiente funzione della capacità dell'opera di subire spostamenti senza cadute di resistenza. Il valore del coefficiente β può essere ricavato dal diagramma riportato in Figura 5.2, in funzione del massimo spostamento u_s che l'opera può tollerare senza riduzioni di resistenza.

Per $u_s = 0$ si ha $\beta = 1$; $u_s \leq 0.00H$

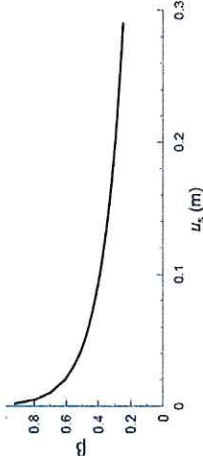


Tabella 5.2 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento β.

L'accelerazione di picco a_{max} è valutata mediante un'analisi di risposta sismica locale, ovvero come

$a_{max} = S_a = S_s \cdot S_T \cdot a_g$

dove:

S è il coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_s) e dell'amplificazione topografica (S_T), di cui al § 3.2.3.2;

a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Se $\alpha \cdot \beta \leq 0.2$ deve assumersi $K_H = 0.2 \cdot \alpha_{max}/g$.

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %
Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{1/2}$: 1,000
Categoria sottosuolo:
E: Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs maggiore di 800m/s)
Categoria topografica:
T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Coefficienti sismici per muri di sostegno

Coefficienti SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,022	0,029	0,108
kv	0,011	0,014	0,054
Amax [m/s²]	1,192	1,567	3,421
Beta	0,180	0,180	0,310

Coefficienti sismici per muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

Coefficienti SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,122	0,160	0,349
kv	0,061	0,080	0,174
Amax [m/s²]	1,192	1,567	3,421
Beta	1,000	1,000	1,000

Coefficienti sismici per paratie

Altezza paratia (H):			
Spostamento ammissibile us:			
3,0 [m]			
0,015 [m]			
Coefficienti SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,079	0,104	0,227
kv	--	--	--
Amax [m/s²]	1,192	1,567	3,421
Beta	0,650	0,650	0,650

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,024	0,032	0,098
kv	0,012	0,016	0,049
Amax [m/s²]	1,192	1,567	3,421
Beta	0,200	0,200	0,280

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,077	2,364	0,275
SLD	50	0,102	2,338	0,284
SLV	475	0,265	2,319	0,350
SLC	975	0,339	2,360	0,368

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,075	2,366	0,277
SLD	50	0,098	2,325	0,287
SLV	475	0,263	2,292	0,350
SLC	975	0,338	2,328	0,367

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,074	2,365	0,278
SLD	50	0,097	2,318	0,288
SLV	475	0,256	2,312	0,349
SLC	975	0,328	2,354	0,366

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,077	2,361	0,276
SLD	50	0,101	2,334	0,284
SLV	475	0,261	2,333	0,349
SLC	975	0,333	2,375	0,367

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,076	2,364	0,276
SLD	50	0,100	2,331	0,285
SLV	475	0,262	2,315	0,350
SLC	975	0,336	2,355	0,367

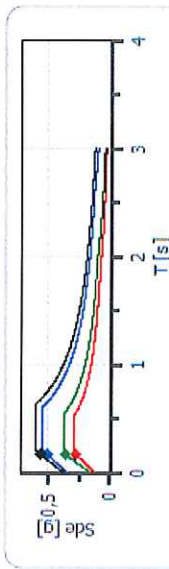
Spettro di progetto

Fattore di struttura spettro orizzontale q:
Fattore di struttura spettro verticale q:
Periodo fondamentale T:

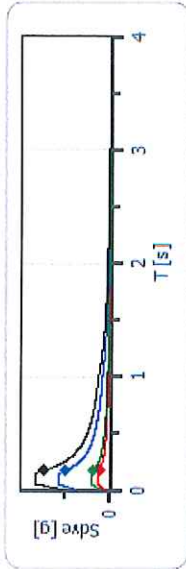
1,50
1,50
0,17 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Orizzontale [g]	0,281	0,360	0,507	0,554
kv = Sdve(T) Verticale [g]	0,059	0,088	0,247	0,364

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



Spettro di progetto delle componenti verticali



cu	ag	F0	Tc*	Ss	Cc	St	S	q	TB	TC	TD	Sd(0)	Sd(T)
	[g]	[-]	[s]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[s]	[s]	[s]	[g]	[g]
SLO	1,0	0,076	2,364	0,276	1,600	1,920	1,000	1,000	0,177	0,530	1,904	0,122	0,287
SLD	1,0	0,100	2,331	0,285	1,900	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,028	0,067
SLV	1,0	0,262	2,315	0,350	1,750	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,043	0,099
SLC	1,0	0,336	2,355	0,367	1,130	1,720	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,263	0,619

STUDIO DI GEOLOGIA - viale G.Cesare n.8, 67030, Corfinio, (L'AQUILA) - Tel.0864732017, Tel.3283715223,
Fax:0864732017, e-mail:triodadomencio@interfree.it, - C.F.TRTDNC70526G878L, P.Iva.01722910666

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



cu	ag	F0	Tc*	Ss	Cc	St	S	η	TB	TC	TD	Se(0)	Se(T)
	[g]	[-]	[s]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[s]	[s]	[s]	[g]	[g]
SLO	1,0	0,076	2,364	0,276	1,600	1,920	1,000	1,000	0,177	0,530	1,904	0,122	0,287
SLD	1,0	0,100	2,331	0,285	1,600	1,900	1,000	1,000	0,181	0,542	1,999	0,160	0,372
SLV	1,0	0,262	2,315	0,350	1,330	1,750	1,000	1,330	0,204	0,612	2,649	0,349	0,807
SLC	1,0	0,336	2,355	0,367	1,130	1,720	1,000	1,130	0,211	0,632	2,943	0,379	0,894

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

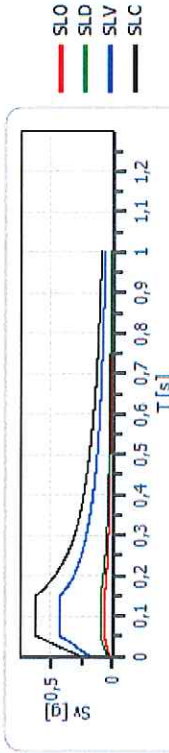
Coefficiente di smorzamento viscoso ξ:

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{1/2}$:

1,000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



cu	ag	F0	Tc*	Ss	Cc	St	S	η	TB	TC	TD	Se(0)	Se(T)
	[g]	[-]	[s]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[s]	[s]	[s]	[g]	[g]
SLO	1,0	0,076	2,364	0,276	1,600	1,920	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,028	0,067
SLD	1,0	0,100	2,331	0,285	1,900	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,043	0,099
SLV	1,0	0,262	2,315	0,350	1,750	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,181	0,420
SLC	1,0	0,336	2,355	0,367	1,130	1,720	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,263	0,619

STUDIO DI GEOLOGIA - viale G.Cesare n.8, 67030, Corfinio, (L'AQUILA) - Tel.0864732017, Tel.3283715223,
Fax:0864732017, e-mail:triodadomencio@interfree.it, - C.F.TRTDNC70526G878L, P.Iva.01722910666

Pericolosità sismica di base	12
Parametri di pericolosità sismica	12
Pericolosità sismica di sito	15
Coefficienti sismici	15
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali	16
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali	16
Spettro di progetto	17
Indice	19

[illegible]