



COMUNE DI ALLUMIERE

(PROVINCIA DI ROMA)



INTERVENTI DI RIPRISTINO DELL'AGIBILITÀ STATICA DELL'EDIFICIO
DELLA SCUOLA ELEMENTARE DEL CAPOLUOGO

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTR. 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

COMMITTENTE: COMUNE DI ALLUMIERE

DOTT. GEOL. DARIO TINTI

STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA
DI DARIO TINTI E VINCENZO SCIUTO

Telefono/Fax 0766 546249
VIA TRAIANA, 64
00053 CIVITAVECCHIA (Roma)



STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA

ACQUA
TERRITORIO
AMBIENTE



MAGGIO 2015



COMUNE DI ALLUMIERE

(PROVINCIA DI ROMA)

INTERVENTI DI RIPRISTINO DELL'AGIBILITÀ STATICA DELL'EDIFICIO DELLA SCUOLA ELEMENTARE DEL CAPOLUOGO

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008
E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

INDICE

PREMESSE

1. UBICAZIONE E RIFERIMENTI CARTOGRAFICI
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO
3. QUADRO GEOLOGICO DEL SITO
 - 3.1 LITOSTRATIGRAFIA
 - 3.2 GEOMORFOLOGIA
4. INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE
 - 4.1 MODALITÀ ESECUTIVE DEL SONDAGGIO MECCANICO
 - 4.1.1 ATTREZZATURA IMPIEGATA
 - 4.1.2 PROVE SPT (STANDARD PENETRATION TEST)
 - 4.1.3 CAMPIONAMENTO PER ANALISI GEOTECNICHE
5. CARATTERIZZAZIONE UNITÀ LITOTECNICHE
6. MODELLO SISMICO - RISPOSTA SISMICA LOCALE
 - 6.1 INDAGINE SISMICA PER LA DETERMINAZIONE DELLA VS30
 - 6.2 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE
 - 6.3 SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE
 - 6.4 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE
 - 6.5 ANALISI NUMERICA DI RISPOSTA SISMICA LOCALE
 - 6.5.1 DEFINIZIONE MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO
 - 6.5.2 ACCELEROGRAMMI STANDARD DI RIFERIMENTO
 - 6.5.3 ACCELEROGRAMMI DI INPUT
 - 6.5.4 PROCESSAMENTO CON IL SOFTWARE GEOSTRU RSL III
 - 6.5.5 SPETTRI DI RISPOSTA
 - 6.5.6 CONFRONTO CON SPETTRI DI NORMATIVA
 - 6.6 MISURE DI RUMORE AMBIENTALE CON STAZIONE FISSA (HVSR)

7. CONCLUSIONI

- ALLEGATO 1: DIAGRAMMI STRATIGRAFICI
ALLEGATO 2: INDAGINE SISMICA – RELAZIONE DOWN-HOLE
ALLEGATO 3: INDAGINE SISMICA – ELABORATI GRAFICI MASW
ALLEGATO 4: INDAGINE SISMICA – ELABORATI GRAFICI HVSR
ALLEGATO 5: CERTIFICATI ANALISI DI LABORATORIO GEOTECNICO

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

PREMESSE

Nell'ambito del progetto degli interventi di ripristino dell'agibilità statica dell'edificio della Scuola Elementare, mese di maggio 2015 su incarico del Comune di Allumiere, è stato effettuato lo studio geologico del terreno sito in Via Giuseppe Garibaldi sede della scuola inagibile.

In accordo con il Testo Unico D.M. Infrastrutture 14/01/2008 (**nuove Norme Tecniche per le Costruzioni**) e la Nuova Classificazione Sismica del Territorio (**Ordinanza PCM n°3274 del 20/03/2003 e Deliberazione G.R. Lazio n. 387 del 22/05/2009**), lo scopo dello studio è stato di inquadrare la zona sotto il profilo geologico e sismico al fine di fornire gli elementi utili al dimensionamento strutturale.

Secondo quanto indicato nel DGR 489 del 17/10/2012 (Mod. All. 2 della DGR Lazio n.387 del 22/05/2009) gli edifici scolastici di ogni ordine e grado non inserite nei Piani di Emergenza di Protezione Civile rientrano nella **Classe D'Uso III** tra le strutture civili "**Rilevanti**". Tale classe d'uso unitamente fatto che il Comune di Allumiere rientra nella Zona Sismica 3B definisce per le opere in progetto una CLASSE DI RISCHIO GEOLOGICO MEDIO. Il piano d'indagine elaborato tenendo conto delle indicazioni e prescrizioni in merito alle "indagini minime obbligatorie", contenute nel Regolamento Regionale n°2 del 07/02/2012 - Allegato C, è consistito in:

- n.2 SONDAGGI MECCANICI a carotaggio continuo; della profondità di 10 e 15 metri dal p.c. (rispettivamente S1 ed S2). Il sondaggio S1 è prolungato a distruzione di nucleo fino alla profondità di 30 m dal p.c. ed è stato strumentato per prova DOWN HOLE;
- n.4 prove geofisiche indirette di tipo MASW;
- n.2 misure di rumore ambientale con TROMINO;
- n.1 prova DOWN HOLE

1. UBICAZIONE E RIFERIMENTI CARTOGRAFICI

L'area in esame, sede della scuola elementare comunale, è sita nel centro abitato di Allumiere in via Giuseppe Garibaldi. In riferimento alla cartografia ufficiale redatta dall'I.G.M alla scala 1:25.000 detta area rientra nella Tavoletta F°142 II NE "TOLFA" della CARTA D'ITALIA; in riferimento alla CARTA TECNICA REGIONALE alla scala di 1:10.000 essa rientra nella Sezione n°363030 "ALLUMIERE".

Le coordinate geografiche di un punto interno sono:

LATITUDINE: 42° 09' 18,8" N LONGITUDINE: 11° 54' 16,9" E

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

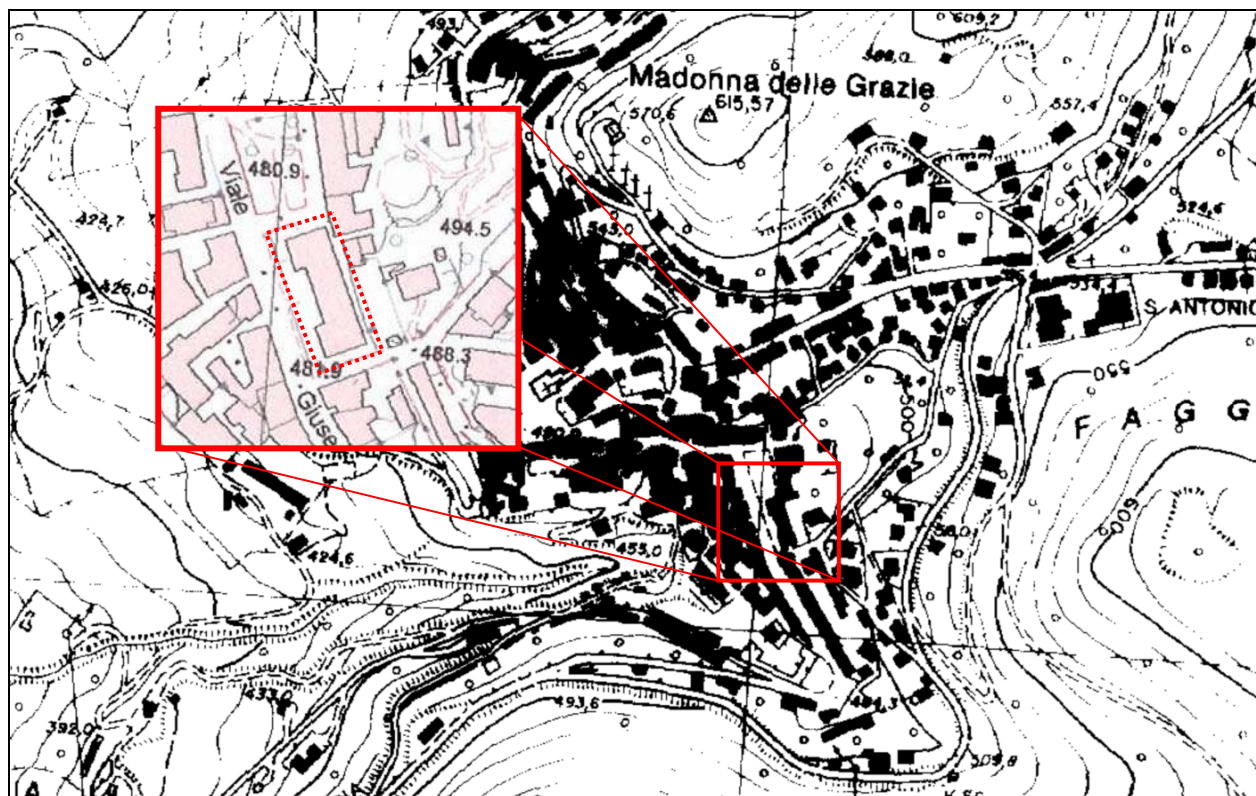


FIGURA 1A: UBICAZIONE SU CARTA TECNICA REGIONALE (SEZIONE N°363030), INGRANDIMENTO SU CTRN

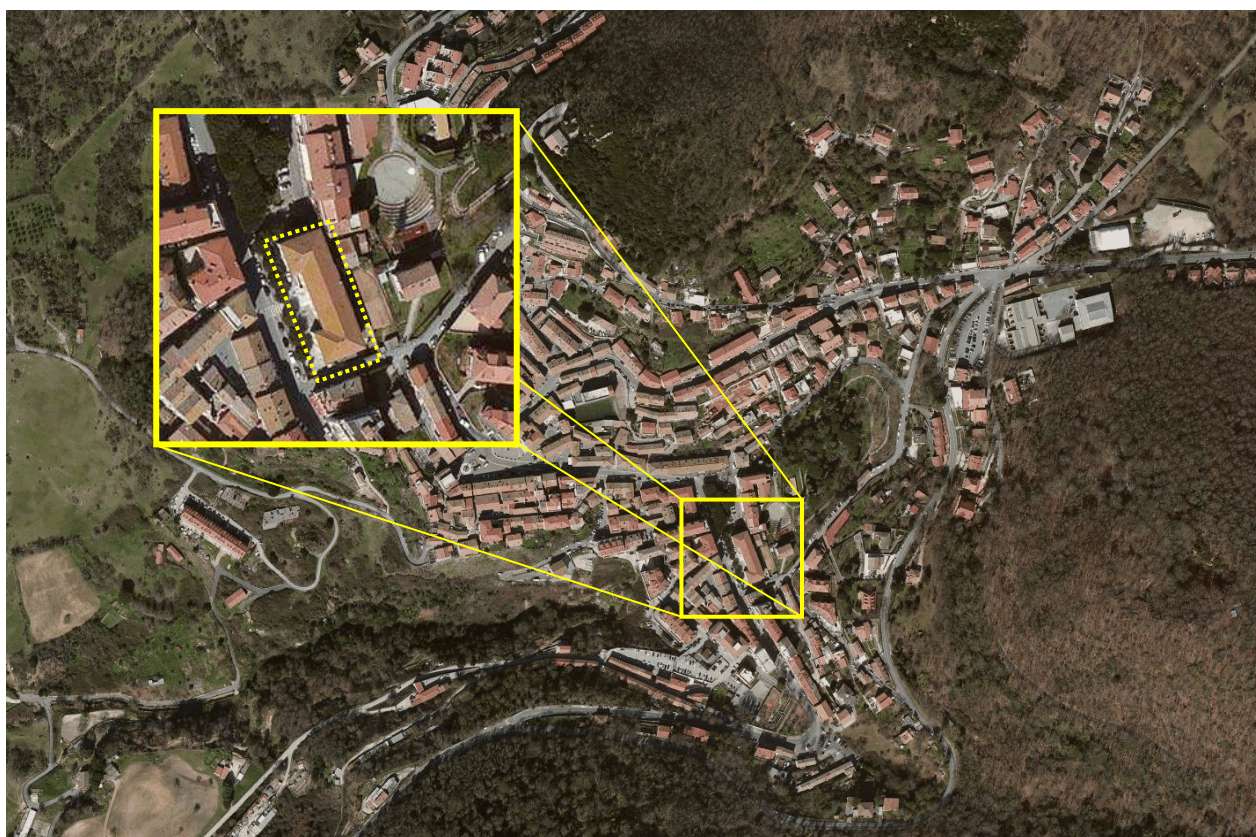


FIGURA 1B: UBICAZIONE AREA D'INDAGINE SU IMMAGINE SATELLITARE (FONTE BING MAPS)

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area in esame ricade nell'ambito della regione tolfetano-sabatina, caratterizzata da un assetto stratigrafico complesso. I termini stratigraficamente e geometricamente inferiori affioranti nell'area sono costituiti da lembi sporadici di una successione sedimentaria di età compresa tra il Trias superiore e l'Eocene. Su tale substrato, probabilmente autoctono, poggia una coltre a forte alloctonia, diffusa ampiamente dalla costa fino alle aree coperte dalle vulcaniti del complesso sabatino, costituita da una serie di formazioni flyschoidi, litologicamente differenziate, che si sviluppano dal Cretacico fino al Paleogene.

Al di sopra di queste ultime, depresse a seguito di eventi tettonici, si sono depositati i sedimenti di ambiente sia marino che continentale del ciclo neoautoctono plio-pleistocenico.

Tali depositi sono a loro volta coperti da un'ampia coltre vulcanica riconducibile a tre diverse fasi eruttive: quella, più antica, dei complessi vulcanici tolfetano e manziate; quella, intermedia, legata all'attività del complesso sabatino; quella, più recente, dell'apparato vicano.

I principali domini litologici affioranti nell'area vengono descritti di seguito a partire dal più antico al più recente (figura 2).

FLYSCH TOLFETANO TARDO-CRETACICO: rappresenta il dominio litologico più esteso della regione tolfetana ed è caratterizzato da litotipi calcareo-marnosi, argilloscistici ed arenacei disposti in sequenze e proporzioni variabili. Si distinguono tre formazioni principali: Flysch calcareo caratterizzato dal prevalere di calcari marnosi e marne; Flysch argilloso-calcareo in cui prevalgono i livelli argillitici; la formazione della Pietraforte, caratterizzata dalla netta predominanza di arenarie calcareo silicee.

DEPOSITI PLIO-PLEISTOCENICI: costituiti da diverse formazioni ciascuna delle quali rappresenta un particolare ambiente deposizionale. Si distinguono in particolare sei facies: Facies argillosa: argille grigio azzurre sostituite verso l'alto da argille sabbiose grigie ed argille scure, a volte sabbiose. Facies conglomeratica: affiora quasi esclusivamente nella parte sud orientale dell'area ed è costituita da ciottolami a clasti arrotondati di dimensioni anche rilevanti (\varnothing 30-40 cm) in matrice sabbiosa rossastra. Facies del "calcare di Tarquinia" e delle sabbie ad Amphistegina: si tratta per lo più di calcareniti e biocalcareni bianche o giallastre sfumanti in sabbie giallastre.

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICOAI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

Facies sabbiosa: costituite da sabbie gialle generalmente grossolane raramente ben cementate. Facies detritiche del Pleistocene medio-superiore: sabbie, ciottolami ed argille sabbiose legate ad un unico ciclo marino riferibile alla trasgressione tirreniana. Ciottolami con elementi vulcanici: ciottolami di deposizione continentale. I clasti sono costituiti da elementi provenienti sia dai flysch che dalle vulcaniti.

VULCANITI ACIDE TARDO-PLIOCENICHE: riferibili all'apparato tolfetano cerite, sono caratterizzate da litotipi in facies sia lavica che ignimbritica a composizione principalmente quarzo-latitica. Risultano spesso interessate da fenomeni di alterazione per caolinizzazione e/o alunitizzazione. Costituiscono l'insieme di tutti i rilievi compresi nell'area Tolfa-Allumiere: M. Rovello, M. Piantangeli e di altri nuclei minori come M. La Tolfaccia, M. Sassetto, P.gio dell'Aretta, M. Calvario.

PIROCLASTITI ALCALINO-POTASSICHE: riferibili agli apparati vulcanici vicano e sabatino. Sono costituiti da tufi di vario tipo e lembi ignimbritici. Verso le propaggini del massiccio tolfetano costituiscono estese coltri che hanno obliterato la morfologia preesistente alla loro deposizione.

TRAVERTINI: si presentano in placche isolate poggianti generalmente sui terreni di natura flyschoidi.

ALLUVIONI RECENTI ED ATTUALI E DEPOSITI DETRITICI: i depositi alluvionali sono costituiti per lo più da sabbie e ciottolame eterogeneo ed occupano i fondovalle dei fossi; i detriti formano falde ai piedi dei versanti dei rilievi vulcanici.

La configurazione morfologica del comprensorio appare strettamente legata alle sue condizioni litologico-strutturali. Nelle linee generali si possono individuare quattro paesaggi principali:

Il paesaggio delle vulcaniti vicane e sabatine è contraddistinto da ampie superfici strutturali debolmente inclinate verso Ovest, originate dalla messa in posto delle colate piroclastiche. I corsi d'acqua maggiori incidono profondamente tali superfici formando valli con versanti spesso sub-verticali, soprattutto in corrispondenza di aree intensamente fratturate.

Il paesaggio dei rilievi flyschoidi, caratterizzato da rilievi collinari spesso interessati da marcati fenomeni di erosione areale. Le valli che solcano queste aree presentano versanti svasati e spesso interessati da fenomeni gravitativi del tipo del soliflusso e delle deformazioni plastiche.

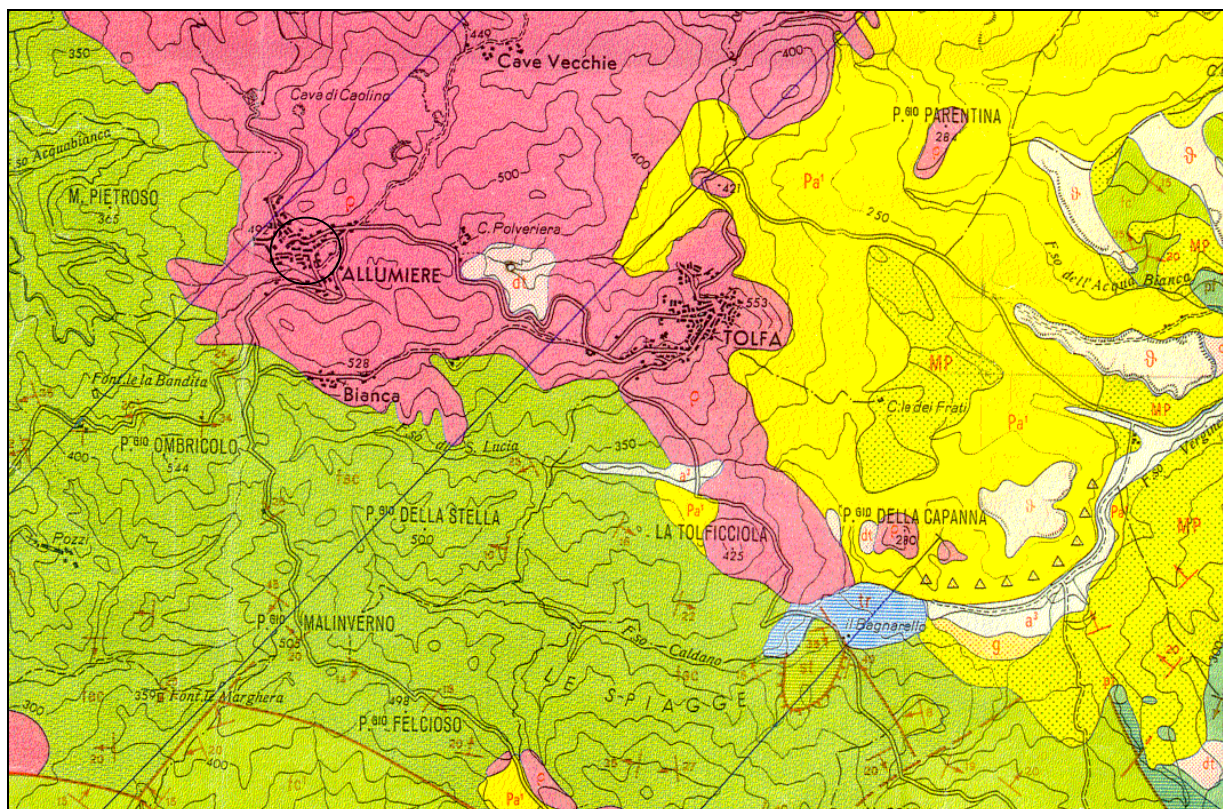
RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICOAI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

Il paesaggio dei litotipi plio-pleistocenici, caratterizzato da morfologia collinare a versanti generalmente debolmente inclinati, interessati da fenomeni gravitativi analoghi a quelli osservabili sui versanti flyschoidi ma decisamente più intensi e diffusi, soprattutto in corrispondenza degli affioramenti dei litotipi argillosi. Alcuni movimenti franosi sono segnalati in prossimità del limite fra argille e vulcaniti laddove si ritrovano pendenze maggiori e diffuse manifestazioni sorgentizie.

Il paesaggio dei rilievi vulcanici tolfetani, caratterizzato dalla presenza di numerosi domi con superfici arrotondate e versanti acclivi. Tali rilievi risultano scarsamente attaccati dai processi erosivi dando vita così ad un paesaggio estremamente aspro in netto contrasto con quello delle aree adiacenti.

Dal punto di vista idrogeologico i depositi vulcanici, nel loro insieme permeabili, ospitano gli acquiferi di maggior rilievo. A sostenere il flusso di base del reticolo idrografico perenne contribuiscono, in minor misura, anche le falde riferibili ai depositi sabbioso conglomeratici, calcarenitici, alluvionali e ai travertini. Numerose piccole sorgenti, sparse in tutto il territorio in cui affiora il dominio flyschoidi a varie quote, sono alimentate da falde superficiali di limitata estensione e potenza connesse con i suoli, le sequenze maggiormente permeabili dei flysch e con le piccole falde sospese nelle vulcaniti.

Stralcio della “**CARTA GEOLOGICA DEI MONTI DELLA TOLFA**”
(Fazzini et alii 1972)



Scala 1:50.000

LEGENDA

NEOAUTOCTONO E DEPOSITI RECENTI

- dt** Detriti
- a³** Alluvioni recenti ed attuali; sabbie e ghiaie del litorale marino
- Pa¹** Argille, argille marnose limose e sabbiose di colore grigio azzurro (**g**) con cristalli, lenti e banchi di gesso
Pliocene inferiore
- p** Lave in domi e ignimbriti del complesso tolfetano cerite a chimismo acido

ALLOCTONO

SECONDA UNITA' O INTERNA: SERIE DELLA PIETRAFORTE

- Pf** Pietraforte: arenarie calcareo quarzose a grana media e fine ed intercalazioni pelitiche. **Cretaceo superiore**
- Pfm** Argilloscisti varicolori mangesiferi: agilloscisti rossi, verdi, bruni, neri, localmente bituminosi con calcari marnosi fini verdi e grigi anch'essi talvolta mangesiferi; verso l'alto intercalazioni di arenaria tipo pietraforte. **Cretaceo superiore**

PRIMA UNITA' O ESTERNA: SERIE DEI FLYSCH TOLFETANI

- FM** Formazione del Mignone: argilloscisti varicolori, in prevalenza rossi, con calcari detritici alla base e rare intercalazioni di calcari a grana fina, verdastrì e grigi. **Cretaceo superiore – Paleocene**
- Fc¹** Flysch calcareo: calcari marnosi grigi e nocciola sovente paesinizzati, marne e calcareniti grigie con intercalazioni pelitiche. **Cretaceo superiore – Paleocene**
- Fac** Flysch argilloso - calcareo: argilloscisti grigi e bruni con passate varicolori, alternati a calcari marnosi silicei, detritici e arenarie calcarifere. **Cretaceo superiore – Paleocene**

SEGNI CONVENZIONALI



Strati orizzontali, inclinati, verticali, rovesciati e contorti



Faglie sicure e probabili

Figura 2: Carta Geologica

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

3. QUADRO GEOLOGICO DEL SITO

3.1. LITOSTRATIGRAFIA

Al fine di ricostruire l'andamento litostratigrafico locale e valutare lo spessore della coltre dei materiali di riporto, sono stati effettuati 2 sondaggi meccanici a carotaggio continuo.

Il sondaggio S1 è stato spinto fino alla profondità di 30 m dal p.c. ed è stato strumentato per l'esecuzione della prova Down Hole. Il sondaggio S2 è stato spinto fino alla profondità di 15 metri dal p.c..

Nella figura 3 è schematicamente riportata l'ubicazione dei punti d'indagine.



FIGURA 3: UBICAZIONE DEI PUNTI D'INDAGINE

Detti sondaggi, la cui stratigrafia si riporta in allegato, hanno evidenziato che al di sotto della pavimentazione e del relativo sottofondo è presente una coltre di terreni di riporto spessa circa 2 metri.

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

Detti materiali s'impostano sulla formazione vulcanica riolitico trachica caratterizzata, a sua volta da un primo stato alterato dello spessore di circa 3.8÷4.0 metri costituito da sabbia grossa limosa ben addensata di colore marrone rossastro. Procedendo verso il basso la formazione, sempre costituita da sabbia grossa con limo talora cementata, assume un colore grigio chiaro ed una consistenza durissima.

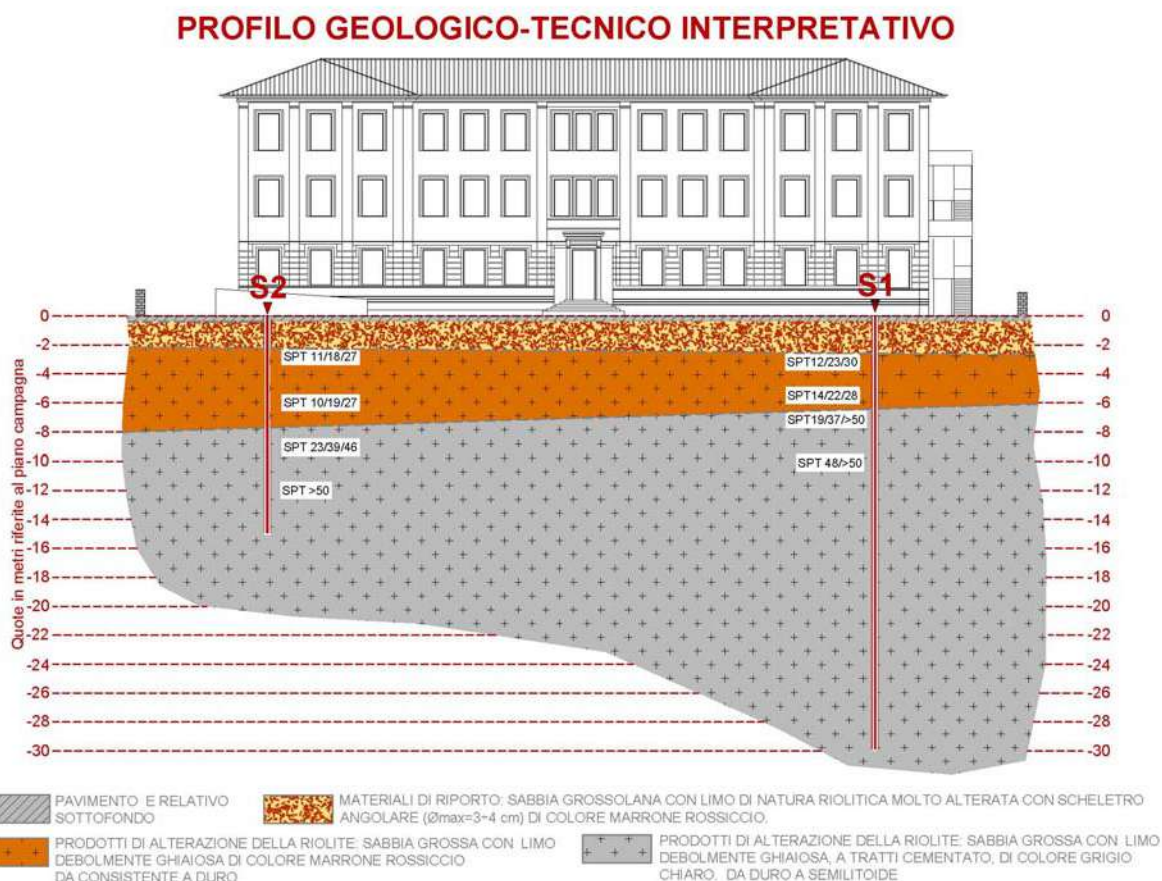


FIGURA 4: PROFILO GEOLOGICO INTERPRETATIVO PASSANTE PER L'ASSE DEI SONDAGGI S1 ED S2

3.2. GEOMORFOLOGIA

L'area in esame s'impone ad una quota di circa 481 m s.l.m., nel centro abitato di Allumiere. Da un punto di vista morfologico quest'area, fortemente antropizzata, appare scevra da evidenti fenomeni di dissesto gravitativo in atto o potenziali.

Non sono altresì stati individuati significativi indizi riconducibili a fenomeni di erosione accelerata di tipo lineare o areale.

A conferma di quanto detto, come si evince dallo stralcio del P.A.I. (Piano stralcio l'Assetto Idrogeologico – ABR Lazio) riportato in figura 5, la zona d'esame non è interessata da aree sottoposte a tutela per pericolosità idraulica o di frana.

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

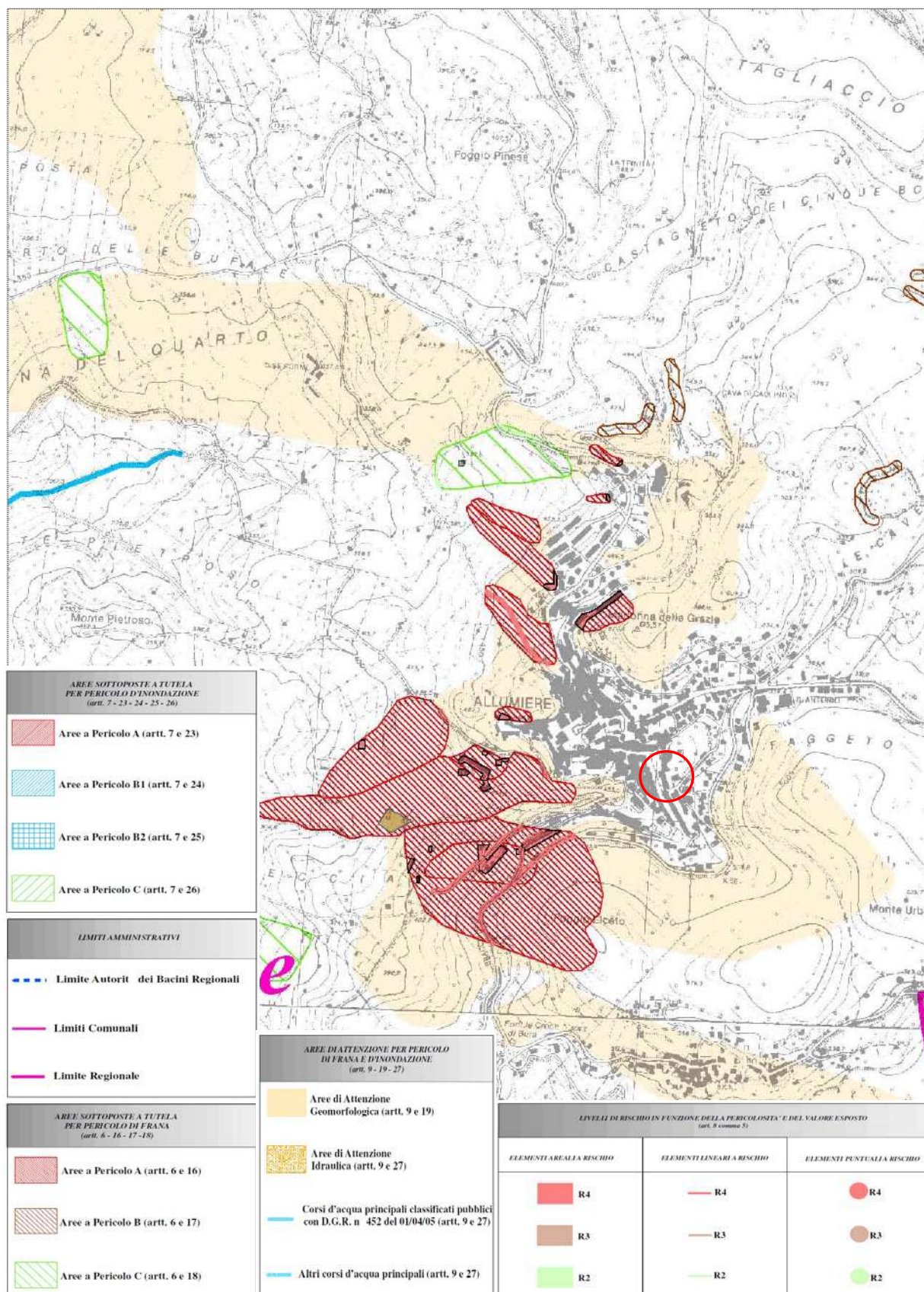


FIGURA 5: STRALCIO P.A.I. - TAVOLA . 2.04 NORD

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

4. INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE

La caratterizzazione meccanica dei litotipi affioranti è stata effettuata per mezzo di una specifica campagna d'indagini geognostiche consista in due sondaggi meccanici a carotaggio continuo, la cui ubicazione è schematicamente riportata in figura 4,

Rispetto al piano campagna, posto a circa 481 m s.l.m., il sondaggio S1 è stato spinto fino alla profondità di 30 m dal p.c. ed è stato strumentato per l'esecuzione della prova Down Hole. Il restante sondaggio è stato protratto fino alla profondità di 15 metri dal p.c..

Durante i sondaggi sono state eseguite prove in situ (tipo SPT) ed è stato prelevato un campione di terreno sottoposto ad analisi di laboratorio geotecnico per la caratterizzazione fisica.

Le quantità prodotte sono riportate nella seguente tabella riepilogativa.

| SOND. | DATA DI ESECUZIONE | | RIVESTIMENTO PROVVISORIO | PERFORAZ. | SPT | CAMPIONI |
|-------|--------------------|------------|-----------------------------|-----------|------|----------|
| (n°) | (inizio) | (fine) | (m) | (m) | (n°) | (n°) |
| S1 | 18/05/2015 | 19/05/2015 | 30.0 | 30.0 | 4 | 1 |
| S2 | 19/05/2015 | 19/05/2015 | 8.5 | 15.0 | 4 | - |

4.1. MODALITÀ ESECUTIVE DEL SONDAGGIO MECCANICO

La perforazione è stata eseguita a carotaggio continuo con l'utilizzo di CAROTIERE SEMPLICE ($\varnothing=101$ mm) fino alla profondità di 15 m dal p.c. nel sondaggio S2 e 10 m nel sondaggio S1. Il sondaggio S1 è stato inoltre protratto sino alla profondità di 30 perforando a distruzione di nucleo.

Nei diagrammi stratigrafici riportati in allegato, oltre ai dati relativi alle prove in situ e del punto di prelievo del campione, è indicata la data di perforazione e la quota di boccaforo.

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

4.1.1 ATTREZZATURA IMPIEGATA

Il sondaggio, del quale si riporta in allegato il relativo diagramma stratigrafico, è stato eseguito con una sonda cingolata, a rotazione e completo funzionamento idraulico CMV MK 600 F (Figura 6).

| CARATTERISTICHE TECNICHE DELLA SONDA | | |
|--------------------------------------|------|-----|
| MOMENTO TORCENTE MASSIMO | 600 | Kgm |
| SPINTA SULLA TESTA DI ROTAZIONE | 400 | Kg |
| GIRI/1'MAX | 500 | |
| ARGANO IDRAULICO CON TIRO | 4000 | Kg |



FIGURA 6: CMV MK 600 F DURANTE L'ESECUZIONE DEL SONDAGGIO S1

4.1.2 PROVE SPT (STANDARD PENETRATION TEST)

La prova SPT (Standard Penetration Test) è molto nota, standardizzata sia dalla ASTM (D.1586), sia dal Sottocomitato ISSMEF (Associazione Geotecnica Internazionale) per le prove penetrometriche in Europa, nonché dalle "Raccomandazioni A.G.I." per l'esecuzione di indagini geotecniche.

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICOAI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

E' una prova non continua che si esegue nel corso della perforazione e consiste nell'infiggere nel terreno un campionatore cilindrico per mezzo di un maglio a sganciamento automatico del peso di Kg. 63,5 che cade liberamente da una altezza di 76 cm.

Si rileva il numero di colpi necessari per la penetrazione di tre tratti consecutivi di 15 cm; il valore utilizzato è dato dalla somma dei colpi ottenuti per il secondo e terzo tratto. La prova viene interrotta quando il numero di colpi N, supera le 50 unità per un singolo tratto di 15 cm.

4.1.3 CAMPIONAMENTO PER ANALISI GEOTECNICHE

Per campioni indisturbati s'intendono quelli prelevati con apparecchiature idonee a conferire il massimo grado di qualità, compatibilmente con la natura del terreno: in base alla classificazione proposta dalle Raccomandazioni AGI (pag. 25):

- Q.4÷Q.5 per terreni coesivi: possibilità di determinare le caratteristiche con la sola eventuale eccezione di quelle meccaniche di resistenza e deformabilità;
- Q.2÷Q.3 per terreni incoerenti o comunque difficili: determinabilità della composizione granulometrica e del contenuto d'acqua naturale.

Ogni campionamento deve essere preceduto dalle fasi: stabilizzazione del foro (rivestimento provvisorio e/o fluido); controllo profondità; eventuale manovra di pulizia qualora fossero presenti detriti sul fondo foro per un'altezza incompatibile con la lunghezza del campionatore.

Ultimata l'infissione, il campionatore sarà estratto con l'accortezza di staccare il campione dal terreno sottostante e ridurre il disturbo dovuto alla decompressione. Il campione deve essere conservato nello stesso tubo o contenitore di prelievo, ripulito alle estremità, sigillato ermeticamente con paraffina fusa o tappi a tenuta.

Nel caso specifico, la natura dei litotipi attraversati non ha consentito il prelievo di campioni indisturbati; in seguito ad alcuni tentativi non andati a buon fine, si è deciso pertanto il prelievo di campioni rimaneggiati per la caratterizzazione granulometrica dei terreni attraversati.

Sono stati prelevati 8 campioni; i certificati delle analisi di laboratorio sono riportati in allegato alla presente relazione.

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

5 CARATTERIZZAZIONE UNITÀ LITOTECNICHE

Dal punto di vista geologico questo settore si trova all'interno del dominio vulcanico riolitico trachitico a vario grado di alterazione. L'indagine ha evidenziato la presenza di un coltre di materiali di riporto succeduta dai termini vulcanici a vario grado di alterazione.

L'assetto stratigrafico locale é schematicamente ricostruito nella sezione geologica di seguito riportata.

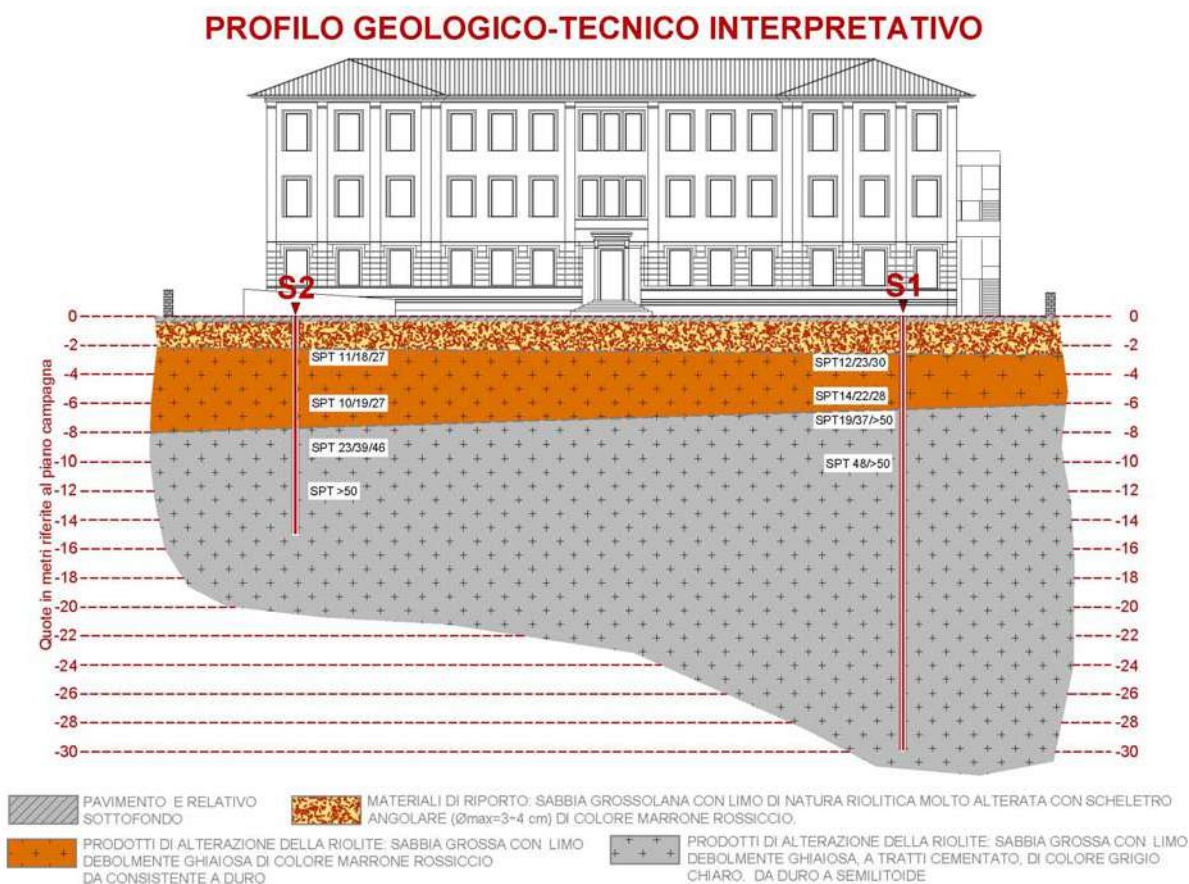


FIGURA 12: SEZIONE GEOLOGICA INTERPRETATIVA PASSANTE PER L'ASSE DEI SONDAZZI S1 ED S2

LIVELLO 1: (INTERVALLO 0.0÷2.6 M) TERRENI DI RIPORTO

Si tratta di terreni verosimilmente derivanti da antichi scavi e/o sterri eseguiti nelle vicinanze dell'area in esame in quanto di natura analoga a quella dei litotipi sottostanti. Da un punto di vista granulometrico, seppur eterogenei ed eterometrici sono assimilabili a sabbia grossolana con limo di, natura riolitica molto alterata, con scheletro angolare centimetrico.

Seppure non é stato possibile verificare la tipologia e la profondità delle

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

strutture di fondazione, considerando la presenza di locali interrati é verosimile che questi litotipi non costituiscano il piano di sedime delle fondazioni.

LIVELLO 2: (INTERVALLO 2.6÷7.8 M) RIOLITI TRACHITI ALTERATE

Come si evince dal diagramma stratigrafico riportato in allegato, immediatamente al disotto dei terreni di riporto sono presenti i litotipi ascrivibili alla coltre alterata della formazione riolitico trachitica largamente affiorante nel comprensorio.

Lo spessore varia da circa 4 a circa 5 metri e tende ad aumentare spostandosi nord. Da un punto di vista granulometrico si tratta di sabbia grossa con limo ben addensata di colore marrone rossiccio. Per la valutazione delle proprietà meccaniche sono state eseguite alcune prove in situ, tipo SPT, i cui valori sono riportati nella seguente tabella

| SONDAGGIO | PROFONDITÀ DI ESECUZIONE (m) | RISULTATO DELLA PROVA | NSPT |
|-----------|------------------------------|-----------------------|------|
| S1 | 3.0 | 12/23/30 | 53 |
| | 5.5 | 14/22/28 | 50 |
| S2 | 2.5 | 11/18/27 | 45 |
| | 6.0 | 10/19/27 | 46 |

Sono state inoltre effettuate delle prove di laboratorio su un campione appositamente prelevato alla profondità di 3.6 metri dalla bocca foro; i certificati sono riportati in allegato.

I risultati delle prove in situ e quelli di laboratorio indicano che si tratta di terreni granulari "addensati" per i quali possono essere considerati idonei e cautelativi i seguenti parametri

| | | |
|----------------------------|----------------|-------------------------|
| ANGOLO DI ATTRITO INTERNO | ϕ' | 33° |
| COESIONE | c' | 0 kPa |
| UMIDITÀ NATURALE | W_n | 17.4 |
| INDICE DEI VUOTI | e | 0,66 |
| POROSITÀ | n | 39,6 % |
| GRADO DI SATURAZIONE | S_r | 72.3 % |
| PESO DI VOLUME NATURALE | γ_n | 18.95 kN/m ³ |
| PESO DI VOLUME SECCO | γ_d | 16.14 kN/m ³ |
| PESO DI VOLUME SATURO | γ_{sat} | 20.03 kN/m ³ |
| PESO SPECIFICO DEI GRANULI | γ_s | 26.74 kN/m ³ |

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

LIVELLO 3: (INTERVALLO 7.8÷ >30.0 M) RIOLITI / TRACHITI

Come si evince dal diagramma stratigrafico riportato in allegato, a partire dalla profondità di 6.3 (S1) e 7.8 (S1) il grado di alterazione si riduce significativamente ed i litotipi assumono una colorazione grigio chiaro.

Questi materiali sono stati intercettati fino alla profondità di 30 m dal p.c. (S1). Da un punto di vista granulometrico si tratta di sabbia grossa con limo di colore marrone grigio chiaro, molto addensata a tratti cementata.

Per la valutazione delle proprietà meccaniche sono state eseguite alcune prove in situ, tipo SPT, i cui valori sono riportati nella seguente tabella

| SONDAGGIO | PROFONDITÀ DI ESECUZIONE (m) | RISULTATO DELLA PROVA | NSPT |
|-----------|------------------------------|-----------------------|------|
| S1 | 7.0 | 19/37/>50 | Rif. |
| | 10.0 | 48/>50 | Rif. |
| S2 | 9.0 | 23/39/46 | 85 |
| | 12.0 | >50 | rif |

Questi materiali sono assimilabili a terreni granulari "molto addensati", talora semilitopidi, per i quali possono essere considerati idonei e cautelativi i seguenti parametri.

| | | |
|---------------------------|------------|----------------------|
| ANGOLO DI ATTRITO INTERNO | φ' | 40° |
| COESIONE | c' | 0 kPa |
| PESO DI VOLUME NATURALE | γ_n | 19 kN/m ³ |

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

6 MODELLO SISMICO - RISPOSTA SISMICA LOCALE

Studi riguardanti la distribuzione delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani (Stucchi et al. 2007 – disponibile on-line <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04>) indicano, per il Comune di Allumiere come eventi sismici di grande risentimento quelli riportati nello schema di seguito allegato:

| EARTHQUAKE OCCURRED: | | | | | |
|----------------------|------------------|-------------------------|-----|-----|------|
| Is | Anno Me Gi Or | Area epicentrale | Np | Ix | Mw |
| NF | 1898 06 27 23 38 | RIETI | 186 | 8 | 5.48 |
| 6 | 1969 07 02 07 55 | TOLFA | 72 | 7 | 5.08 |
| 4 | 1971 02 06 18 09 | TUSCANIA | 89 | 8-9 | 4.90 |
| 3 | 1997 09 26 09 40 | APPENNINO UMBRO – MARC. | 869 | 9 | 6.05 |

TABELLA I: EVENTI SISMICI PRINCIPALI DI ALLUMIERE

Il rischio sismico per la zona di Allumiere e per la Regione Lazio, in genere, è modesto, ma non trascurabile, poiché a fronte di una sismicità, registrata dalle reti sismiche nazionali, caratterizzata da scosse frequenti ma di bassa intensità, il territorio presenta una vulnerabilità degli edifici esistenti ed un valore esposto (densità di popolazione, patrimonio storico-monumentale, ecc) molto elevati.

Non va dimenticato che i terremoti con epicentro nell'Appennino centrale, in particolare in Umbria e Abruzzo, vengono fortemente avvertiti in tutto il territorio provocando, storicamente, effetti classificabili fino all'VI÷VII grado della Scala Mercalli.

I dati di pericolosità sismica prodotti da INGV (MPS04 e successive integrazioni prodotte nell'ambito del progetto INGV-DPC S1, disponibili sui siti web <http://zonesismiche.mi.ingv.it/> e <http://esse1.mi.ingv.it/>) hanno fornito una prima risposta, che ha avuto un riconoscimento ufficiale nell'Ordinanza PCM 3519/06 aventi per oggetto i “Criteri per l'individuazione delle zone sismiche e la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”.

Come si evince dalla Carta della Classificazione Sismica allegata a pagina seguente (Delibera di Giunta Regione Lazio n. 387 del 22.05.2009), l'area in esame rientra nella categoria sismica 3B.

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

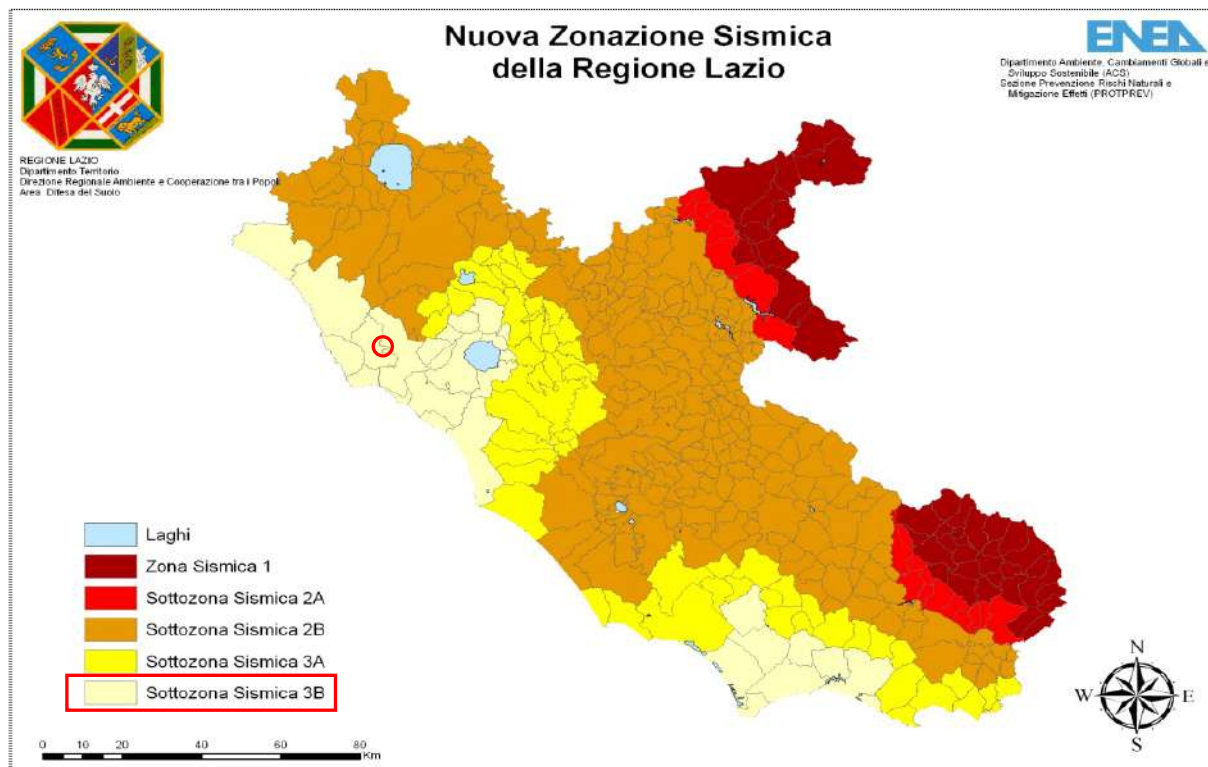


FIGURA 13 : ZONAZIONE SISMICA DELLA REGIONE LAZIO CON DETTAGLIO SULLA CLASSE D'APPARTENENZA.

Per ogni UAS è stato calcolato il valore di Ag_{orif} corrispondente alla massima accelerazione attesa del suolo, vale a dire per $T=0$, calcolato come 90esimo percentile dei valori elaborati da INGV (probabilità di eccedenza inferiore al 10% in 50 anni) compresi all'interno dei relativi confini amministrativi; al comune di Allumiere viene attribuito un valore di accelerazione orizzontale attesa pari a: **$Ag_{orif} = 0.0910$** (Figura 14 – Fonte: http://www.regione.lazio.it/rl_ambiente).

| U.A.S. | File dati | Sismicità | Gruppo | Ag_{orif} |
|--------------------|-----------------------------|-----------|--------|-------------|
| Affile | 1258001_000 | 2B | 4 | 0.1581 |
| Agosta | 1258002_000 | 2B | 4 | 0.1597 |
| Albano Laziale | 1258003_000 | 2B | 3 | 0.1657 |
| Allumiere | 1258004_000 | 3B | 1 | 0.0910 |
| Anguillara Sabazia | 1258005_000 | 3B | 1 | 0.0704 |
| Anticoli Corrado | 1258006_000 | 2B | 4 | 0.1583 |
| Anzio | 1258007_000 | 3A | 1 | 0.1238 |
| Arcinazzo Romano | 1258008_000 | 2B | 4 | 0.1601 |
| Ardea | 1258117_000 | 2B | 3 | 0.1616 |
| Ariccia | 1258009_000 | 2B | 3 | 0.1660 |
| Arsoli | 1258010_000 | 2B | 4 | 0.1617 |
| Artena | 1258011_000 | 2B | 3 | 0.1678 |
| Bellegra | 1258012_000 | 2B | 4 | 0.1556 |

FIGURA 14: CODICE ACCELEROGRAMMI DI RIFERIMENTO ED Ag_{orif} (FONTE: WWW.REGIONE.LAZIO.IT)

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

Per la determinazione della massima intensità degli eventi sismici attesi nella zona di interesse si è fatto anche riferimento alla zona sismogenetica più vicina che risulta essere quella di “Velletri” (Figura 15).

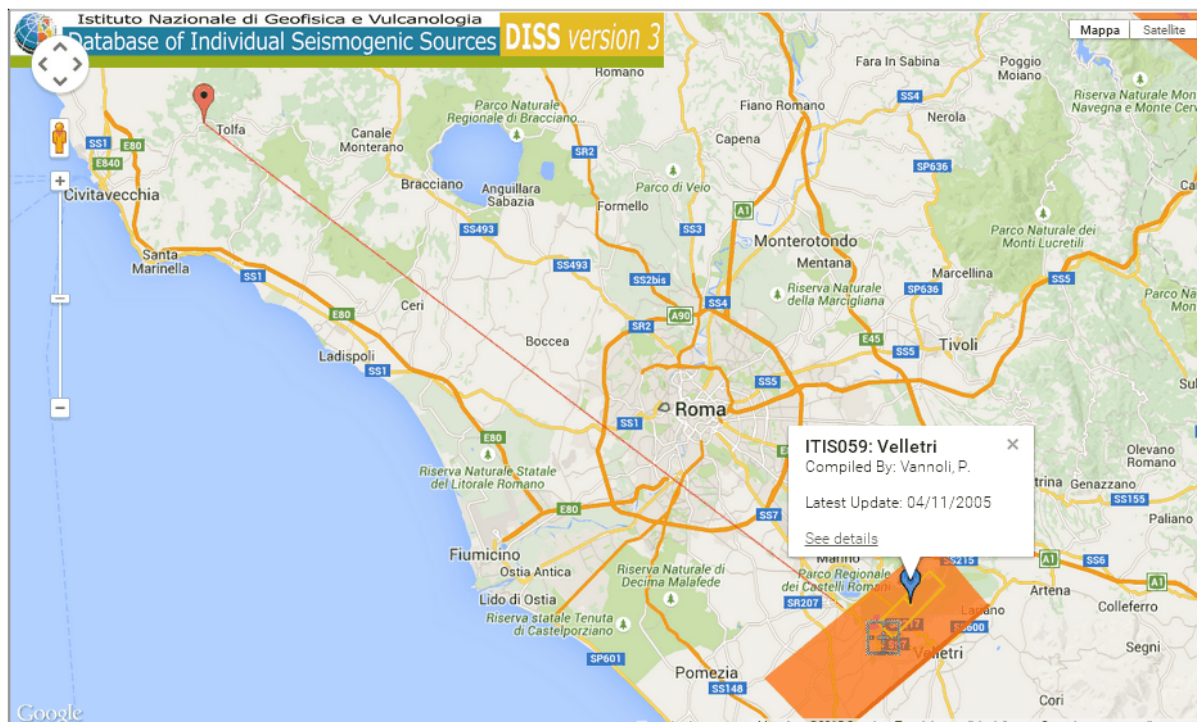


FIGURA 15: ZONE SISMOGENETICHE PROSSIME ALLA ZONA D'INTERVENTO

La zona sismogenetica di Velletri presenta valori di magnitudo momento pari a **Mw=5,6**; mediante relazioni di attenuazione utilizzate per determinare il livello di accelerazione massima attesa su un affioramento rigido in funzione della distanza epicentrale e magnitudo, può essere calcolata un'accelerazione al suolo attesa al sito in studio pari a 0.019 g ad una distanza di circa 78,9 Km (Figura 16).

| Sorgente sismogenetica | P1 | | P2 | | Distanza (Km) | Magnitudo (Mw) | Accelerazione al suolo (g) |
|------------------------|----------|-----------|----------|-----------|---------------|----------------|----------------------------|
| | Lat. (°) | Long. (°) | Lat. (°) | Long. (°) | | | |
| Velletri | 42.1554 | 11.9045 | 41.7261 | 12.6645 | 78.93 | 5.6 | 0.019 |

| DISS 3.1.1: Seismogenic Source ITIS059 - Velletri | |
|---|--|
| Code | ITIS059 |
| Name | Velletri |
| Compiled By | Vannoli, P. |
| Latest Update | 04/11/2005 |
| Recurrence (y) | 300 - 3000 EJ Inferred from slip rate and average displacement. |
| Magnitude (Mw) | 5.6 LD Value adopted from the historical earthquake catalogue CFTI. |
| Q-keys: | LD = Literature Data; OD = Original Data; ER = Empirical Relationship; AR = Analytical Relationship; EJ = Expert Judgement |

FIGURA 16: MAGNITUDO MOMENTO (Mw) ED ACCELERAZIONE AL SUOLO (G)

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

6.1 INDAGINI SISMICHE PER LA DETERMINAZIONE DELLA VS30

Al fine di individuare la sismo-stratigrafia, di verificare il valore della VS30 ed individuare la categoria del suolo di fondazione, è stata effettuata una specifica indagine sismica consistita in:

- N°1 prova sismica diretta DownHole (DH) nel foro di sondaggio S1;
- N°4 prove sismiche indirette tipo MASW;
- N°2 misure di rumore ambientale tipo HVSR

Come si evince dai rapporti di indagine, il valore delle velocità sismiche ottenuti con le due diverse metodologie (DH e MASW) risultano in accordo tra loro:

- **PROVA DH: VS30 = 573.58 m/s**
- **PROVE MASW: VS30 = 514,09 m/s (MASW1); 502,71 m/s (MASW2), 501,35 m/s (MASW3); 505,55 m/s (MASW4).**

Ai fini della definizione semplificata dell'azione sismica di progetto i suddetti valori della VS30, unitamente all'andamento dei relativi diagrammi Velocità/Profondità, permettono di collocare la sequenza dei terreni che caratterizzano l'area in studio in **Classe B** (ROCCE TENERE 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).

6.2 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Considerando il contesto topografico e geomorfologico in cui si inserisce il sito, l'area d'interesse può essere collocata nella Categoria Topografica T1: "SUPERFICI PIANEGGIANTI E RILIEVI ISOLATI CON INCLINAZIONE MEDIA $i < 15^\circ$ "

| CATEGORIA | CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA |
|-----------|--|
| T1 | SUPERFICIE PIANEGGIANTE, PENDII E RILIEVI ISOLATI CON INCLINAZIONE $i < 15^\circ$ |
| T2 | Pendii con inclinazione media di $i > 15^\circ$ |
| T3 | Rilievi di larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ < i < 30^\circ$ |
| T4 | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$ |

TAB. II : CATEGORIE TOPOGRAFICHE (TAB. 3.2.IV DEL T.U. D.M. INFRASTRUTTURE 4/01/2008)

6.3 SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

Secondo l'art. 7.11.3.4.2 del Testo Unico D.M. Infrastrutture 14/01/2008 (**Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni**) “La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. Eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0,1g$;
3. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$ “

Nel caso specifico la falda idrica, è posta ad una profondità > 15 m dal p.c. ed inoltre le accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) sono minori di $0,1g$; per questi motivi la verifica a liquefazione può pertanto essere omessa.

6.4 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Al fine di definire le **AZIONI SISMICHE DI PROGETTO**, di cui al § 3.2 delle NTC08 e della relativa Circolare, occorre partire dalla “**PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE**”.

La stima di quest'ultima, intesa come accelerazione orizzontale massima attesa **Ag** su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale (categoria “A” e T1 delle NTC08), e pertanto in condizioni ideali, viene eseguita mediante un approccio “sito dipendente”.

La stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica, sia per la valutazione della sicurezza e sia per il progetto degli interventi, viene quindi calcolata direttamente per il sito in esame (Ag di progetto).

A tal fine sono state calcolate, in base a parametri correlati al reticolo di riferimento, le coordinate geografiche della zona in esame, riferite all'ellissoide ED50, sistema di riferimento utilizzato per la carta di pericolosità dell'INGV; esse sono:

Latitudine: ϕ (ED50) 42,156332 Longitudine: λ (ED50) 11,905699

Una volta ricavata la pericolosità sismica di base, fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it>, o in alternativa dai tabulati di cui all'allegato B delle NTC08, è possibile passare alla definizione delle azioni sismiche nei vari stati limite, attraverso l'approccio prestazionale introdotto dalle NTC08; è possibile fare una valutazione in relazione ad un periodo di riferimento V_r con la seguente relazione:

$V_r = V_n$ (vita nominale della struttura) x C_u (coefficiente d'uso)

Ai fini della normativa (NTC08) le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento **P_{Vr}** , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- ☐ **Ag** = accelerazione orizzontale massima del terreno, determinata su un reticolo a maglia inferiore a 10 Km (corrispondente all'ordinata spettrale per $t = 0$);
- ☐ **Fo** = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- ☐ **Tc*** = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale su suolo rigido.

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

Tramite software dedicato (*Geostru Ps* - www.geostru.com/geoapp/parametri-sismici.aspx) è stato possibile stimare i parametri per la definizione dell'azione sismica caratteristica ai vari stati limite considerati per il sito, tenendo conto delle indicazioni fornite dai progettisti:

- ☐ COORDINATE DEL SITO: Latitudine **42,156332** e Longitudine **11,905699** (ED50);
- ☐ VITA NOMINALE: VN: **50** anni;
- ☐ CLASSE D'USO: **III** con COEFFICIENTE $C_u=1.5$;

Ai quattro stati limite, STATO LIMITE DI IMMEDIATA OPERATIVITÀ (SLO), STATO LIMITE DI DANNO (SLD), STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (SLV) E STATO LIMITE DI PREVENZIONE DEL COLLASSO (SLC), sono stati attribuiti (v. Tabella 3.2.1 delle NTC08) i valori della probabilità di superamento P_{vr} nel periodo di riferimento, pari rispettivamente a 81%, 63%, 10% e 5%, cui corrispondono periodi di ritorno di anni 45, 75, 712, 1462.

I parametri di azione sismica del sito in esame, per i diversi stati limite, desunti a partire dalle coordinate geografiche del sito e conseguentemente dai tabulati di cui all'allegato B delle NTC08, sono riportati nella seguente tabella :

| Stato Limite | Tr [anni] | a_g [g] | Fo | Tc* [s] |
|--|-----------|--------------|-------|---------|
| Operatività (SLO) | 45 | 0,035 | 2,617 | 0,240 |
| Danno (SLD) | 75 | 0,042 | 2,610 | 0,267 |
| Salvaguardia vita (SLV) | 712 | 0,092 | 2,605 | 0,310 |
| Prevenzione collasso (SLC) | 1462 | 0,115 | 2,633 | 0,317 |
| Periodo di riferimento per l'azione sismica: | 75 | | | |

TAB. III – PARAMETRI DI AZIONE SISMICA DEL SITO IN ESAME PER I DIVERSI STATI LIMITE

| | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | Kh [-] | Kv [-] | Amax [m/s ²] | Beta [-] |
|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------------------|-------------|
| SLO | 1,200 | 1,460 | 1,000 | 0,007 | 0,004 | 0,408 | 0,180 |
| SLD | 1,200 | 1,430 | 1,000 | 0,009 | 0,004 | 0,489 | 0,180 |
| SLV | 1,200 | 1,390 | 1,000 | 0,020 | 0,010 | 1,086 | 0,180 |
| SLC | 1,200 | 1,380 | 1,000 | 0,033 | 0,017 | 1,353 | 0,240 |

Ss= Amplificazione stratigrafica; **Cc**= Coeff. funz. categoria; **St**= Amplificazione topografica

TAB. IV – COEFFICIENTI SISMICI DEL SITO IN ESAME PER I DIVERSI STATI LIMITE IN FUNZIONE DELLA CATEGORIA SISMICA DI SOTTOSUOLO (B) E DELLA CATEGORIA TOPOGRAFICA (T1)

Tali parametri concorrono alla determinazione degli spettri di risposta, necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto.

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

6.5 ANALISI NUMERICA DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle caratteristiche topografiche, stratigrafiche, fisiche e meccaniche dei depositi di terreno e/o degli ammassi rocciosi che lo caratterizzano.

Alla scala della singola opera o del singolo sistema geotecnico, la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A, NTC08 §3.2.2).

Lo scopo principale dell'analisi di RSL è, in breve, quello di prevedere come e quanto il movimento dello strato superficiale sia influenzato (ed eventualmente amplificato) a seguito del movimento del bedrock in profondità; le modifiche che un segnale sismico subisce, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, determinano la Risposta Sismica Locale, così come definita dalle NTC08 (§.7.11.3.1).

Gli effetti della Risposta Sismica Locale possono essere valutati con metodi semplificati se l'azione sismica in superficie è descritta dall'accelerazione massima o dallo spettro di risposta elastico, oppure, come nel caso in studio, mediante specifiche analisi che descrivono l'azione mediante accelerogrammi.

ASSUNZIONI E METODO DI ANALISI:

L'analisi è stata condotta secondo il seguente iter procedurale:

- 1) Definizione del modello geotecnico del sottosuolo (indagini dirette e indirette);
- 2) Individuazione dei 5 accelerogrammi al bedrock forniti dalla Regione Lazio per il Comune di Allumiere relativi a condizioni standard (cioè assunto che la stratigrafia del suolo sia orizzontale, che le onde sismiche si propagano verticalmente dal basso, e polarizzate orizzontalmente e che le deformazioni del suolo siano funzione delle proprietà dinamiche dei litotipi);
- 3) Normalizzazione degli accelerogrammi standard al fine di ottenere i 5 accelerogrammi di input corretti secondo Ag0 RIF (nel caso in cui occorre scalare accelerogrammi non forniti dalla Regione Lazio) e secondo Ag0 dello stato limite in oggetto di analisi;
- 4) Processamento dei 5 accelerogrammi con il software dedicato (Geostru RSL III);
- 5) Stima dell'amplificazione del moto in superficie rispetto al bedrock in funzione della frequenza, e stima dello spettro di risposta dell'oscillatore armonico "tipo" (strutture in progetto) ad un grado di libertà in termini di accelerazioni massime attese in funzione del periodo proprio della struttura, per uno smorzamento assunto pari al 5%.

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

6.5.1 DEFINIZIONE MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO

Il modello del sottosuolo rappresentativo del sito, ricostruito a partire dall'analisi dei risultati dalle prove eseguite (Sondaggio meccanico e Down-Hole), è sinteticamente descritto come segue:

- Da 0.0 a 3.0 m da p.c. Sabbia con limo (riporti) Vs media 409.56 m/s;
- Da 3.0 a 7.0 m da p.c. Materiali piroclastici sabbioso limosi addensati con Vs media 454.52 m/s;
- Da 7.0 a 30.0 m da p.c. Materiali piroclastici sabbioso limosi da addensati a cementati con Vs media 635.75 m/s;

Nella seguente figura è schematicamente riassunta la situazione sismostratigrafica locale comprensiva dei valori delle velocità Vs e Vp ricavate dalla prova Down-Hole eseguita in situ:

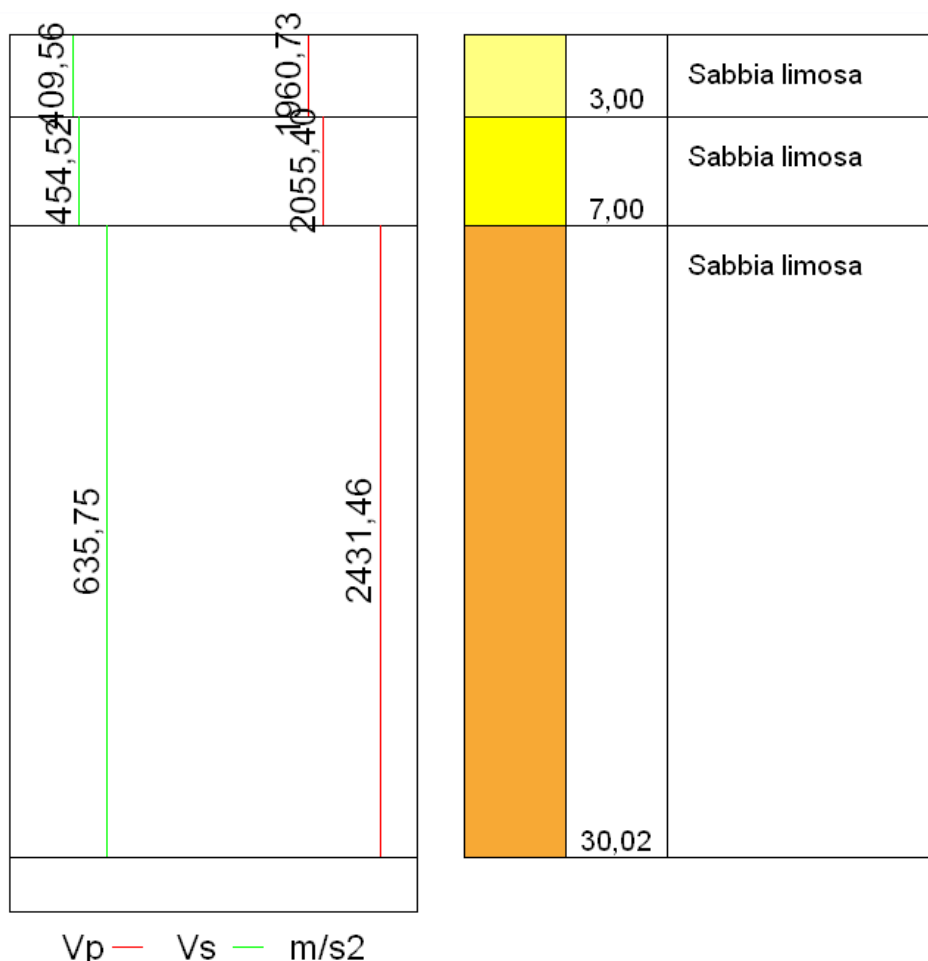


FIGURA 17: SISMOSTRATIGRAFIA LOCALE CON RELATIVE VELOCITÀ VS E VP

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

Al fine di completare le analisi di RISPOSTA SISMICA LOCALE (RSL) sono state inoltre effettuate anche le seguenti assunzioni:

- la superficie di riferimento a livello della quale è stata valutata la risposta sismica locale è quello piroclastico (Livello2) in quanto considerato come piano d'imposta delle fondazioni delle opere in studio.
- la profondità del livello freatico è stata considerata a profondità > 30 m.

6.5.2 ACCELEROGRAMMI STANDARD DI RIFERIMENTO

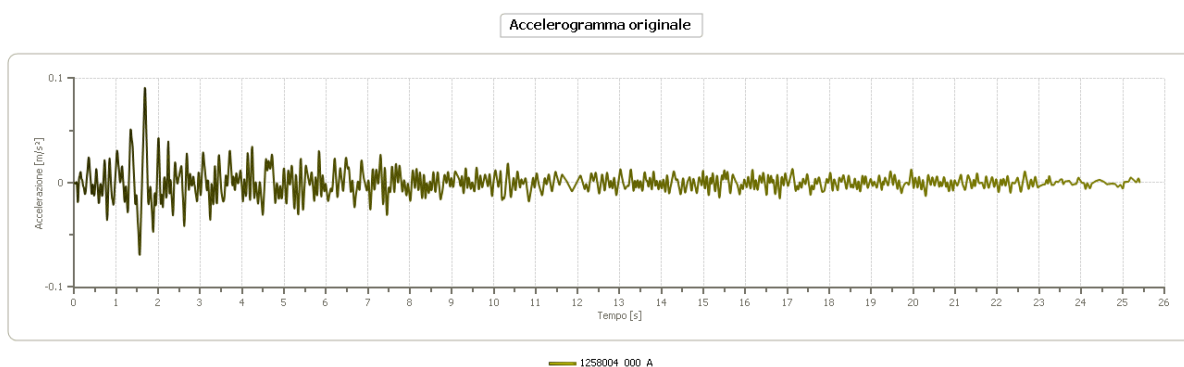
Allo scopo di definire l'azione sismica di progetto mediante studio di risposta sismica locale (RSL) sono stati utilizzati 5 accelerogrammi reali spettro compatibili forniti dalla Regione Lazio per la UAS del Comune di Allumiere (codice di riferimento 11258004_000) reperibili sul sito http://www.regione.lazio.it/rl_ambiente/?vw=contenutidettaglio&id=29.

Tali accelerogrammi sono relativi ad un sito su roccia ed a “condizioni standard”, cui corrisponde una probabilità di eccedenza del 10%, ed un periodo di riferimento di 50 anni, da cui consegue un periodo di ritorno di riferimento pari a 475 anni.

Con tali presupposti, per il sito in esame, si ha che gli accelerogrammi forniti dalla Regione Lazio siano già normalizzati rispetto ad un valore di accelerazione di picco di riferimento pari a: $A_{g0RIF} = 0,0910 \text{ g}$.

Va osservato che l'uso di 4 cifre significative nella definizione di A_{g0RIF} , pur imposto dalla normativa, è privo di significato poiché l'incertezza di questo parametro riguarda già la prima cifra significativa (cfr. Kramer, *Geotechnical Earthquake* 1996).

Di seguito si riportano gli accelerogrammi originali sopra descritti:



RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

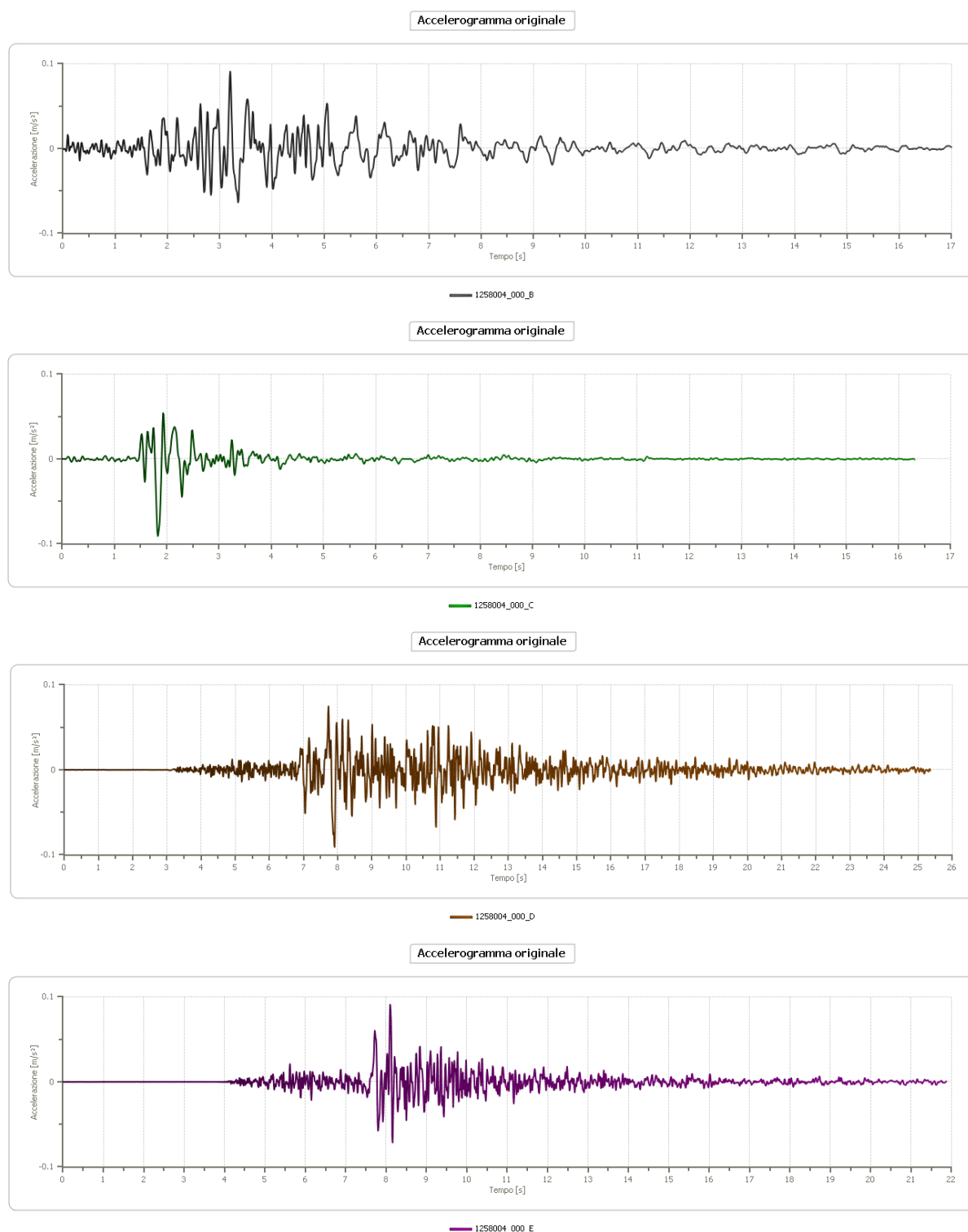


FIGURA 18: ACCELEROGRAMMI DI RIFERIMENTO ORIGINALI UAS DI ALLUMIERE (DA SITO REGIONE LAZIO)

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

6.5.3 ACCELEROGRAMMI DI INPUT

Gli accelerogrammi corrispondenti alle condizioni standard sono stati normalizzati rispetto ai valori di A_{g0} corrispondenti agli stati limite ed al periodo di riferimento per la struttura in oggetto così da essere processati con programma di calcolo.

Sotto l'effetto delle azioni sismiche, deve essere garantito il rispetto degli stati limite ultimi e di esercizio, e vanno individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo il volume significativo di terreno, le strutture di fondazione, gli elementi strutturali, gli elementi non strutturali e gli impianti.

Ai fini delle verifiche dinamiche della struttura, sono stati considerati i seguenti stati limite:

SLO: con probabilità di eccedenza del 81 %
SLD: con probabilità di eccedenza del 63 %
SLV: con probabilità di eccedenza del 10 %
SLC: con probabilità di eccedenza del 5 %

Per l'analisi in studio è stata considerata, come detto, una Vita Nominale $V_N = 50$ anni e una Classe d'Uso III cui corrisponde un $C_u = 1.5$ e da cui deriva un periodo di riferimento $V_R = V_N * C_u = 50 * 1.5 = 75$ anni.

Per il sito in oggetto, relativamente al periodo di riferimento 75 anni ed all'ubicazione reale, sono stati valutati i seguenti valori di A_{g0} :

| STATO LIMITE | A_{g0} (g) |
|--------------|--------------|
| SLO | 0,035 |
| SLD | 0,042 |
| SLV | 0.092 |
| SLC | 0,115 |

TAB. V – VALORI DI A_{g0} (G) ACCELERAZIONE MASSIMA ATTESA AI VARI STATI LIMITE**6.5.4 PROCESSAMENTO CON SOFTWARE GEOSTRU RSL III**

Per il calcolo degli spettri di accelerazione orizzontale attesi al sito è stato usato il programma "GEOSTRU RSL III" che permette la valutazione della risposta sismica locale di III livello.

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

Con tale metodica è possibile valutare puntualmente l'effettiva amplificazione stratigrafica sfruttando la soluzione dell'equazione differenziale che governa la stima della propagazione di onde di taglio in un solido alla Kelvin-Voigt ed un comportamento dei terreni secondo curve di decadimento per G e lo smorzamento tratte dalla letteratura scientifica e/o normative o da curve di decadimento personalizzate. La procedura di calcolo utilizzata da RSL III per la risposta sismica locale è di tipo lineare equivalente su un modello di "n" strati piani e paralleli di estensione orizzontale infinita su un semispazio corrispondente al bedrock.

L'input sismico, rappresentato da uno o più accelerogrammi, viene applicato al bedrock e viene valutato il moto di propagazione delle onde in direzione perpendicolare alla superficie utilizzando l'equazione di equilibrio dinamico in funzione dello spostamento.

I valori finali forniti dall'analisi di III° livello sono gli accelerogrammi ed i relativi spettri di risposta, lo spettro medio e quello medio normalizzato da confrontare con lo spettro di normativa.

Le curve di decadimento utilizzate per le analisi sono state reperite sul sito della Regione Lazio; sono state assegnate secondo la standardizzazione necessaria *"sabbie di alterazione e depositi piroclastici"* per i terreni di riporto e per la formazione piroclastica più o meno alterata :

| Profilo | | | Velocità onde di taglio | | Tensione verticale | |
|---------|----------|----------|-------------------------|--|--------------------|--|
| | 3.00 [m] | | 409.0 [m/s] | | 25.5 [kPa] | |
| | | 3.00 [m] | | | | |
| | 4.00 [m] | | 454.0 [m/s] | | 37.0 [kPa] | |
| | | 7.00 [m] | | | | |
| | | | 635.0 [m/s] | | 123.0 [kPa] | |
| | | | | | | |
| | | oo | | | | |

FIGURA 19: STRATIGRAFIA CORRELATA ALLA VELOCITÀ DELLE ONDE ED ALLA TENSIONE VERTICALE

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

6.5.5 SPETTRI DI RISPOSTA**STATO LIMITE DI OPERATIVITA' (SLO)**

Lo **Stato Limite di Operatività (SLO)** indica la condizione superata la quale a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

Per lo studio di detto stato limite, a partire dagli accelerogrammi normalizzati al valore di $A_{g0}=0.035$ g, si è proceduto a calcolare il moto atteso in superficie processando gli accelerogrammi stessi con il software "GEOSTRU RSLIII".

Il risultato sono i seguenti fattori di amplificazione caratteristici per il valore A_{g0} impostato per lo "STATO LIMITE DI OPERATIVITA'" (SLO) applicati alla zona in esame:

| <u>FATTORI DI AMPLIFICAZIONE</u> | |
|---|---------------------------|
| Tai | 0.120 [s] |
| Tvi | 0.330 [s] |
| Tao | 0.120 [s] |
| Tvo | 0.330 [s] |
| Sami | 0.684 [m/s ²] |
| Svmi | 0.033 [m/s] |
| Samo | 0.733 [m/s ²] |
| Svmo | 0.033 [m/s] |
| Fa | 1.072 [-] |
| Fv | 1.017 [-] |
| TB | 0.095 [s] |
| TC | 0.286 [s] |
| SA(0) | 0.004 [g] |
| SA(TB) | 0.075 [g] |

La figura a pagina seguente rappresenta la funzione di trasferimento e cioè il rapporto di amplificazione in funzione della frequenza tra lo spettro del moto atteso in superficie e quello atteso al bedrock per i 5 terremoti (sismogrammi).

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

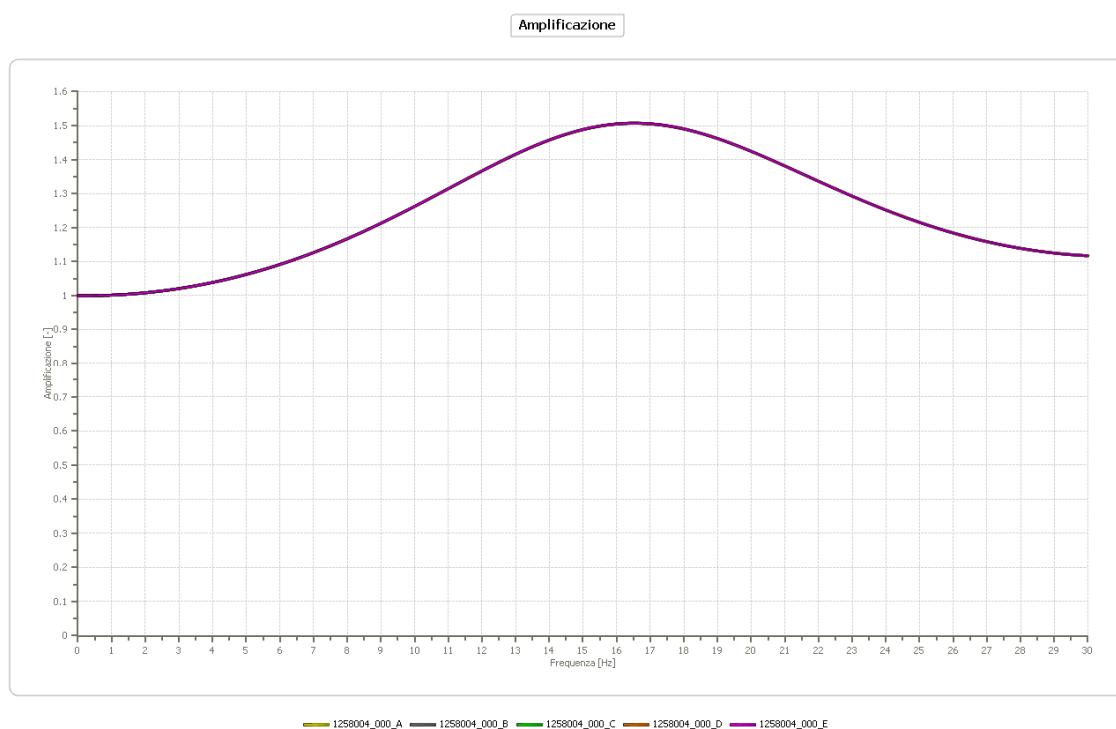


FIGURA 20: CURVA DI AMPLIFICAZIONE PER LO STATO LIMITE SLO

Di seguito si riportano gli spettri di risposta dell'oscillatore armonico "tipo" ad un grado di libertà, in funzione del periodo della struttura e per uno smorzamento del 5%, ottenuti a partire dagli accelerogrammi prescelti.

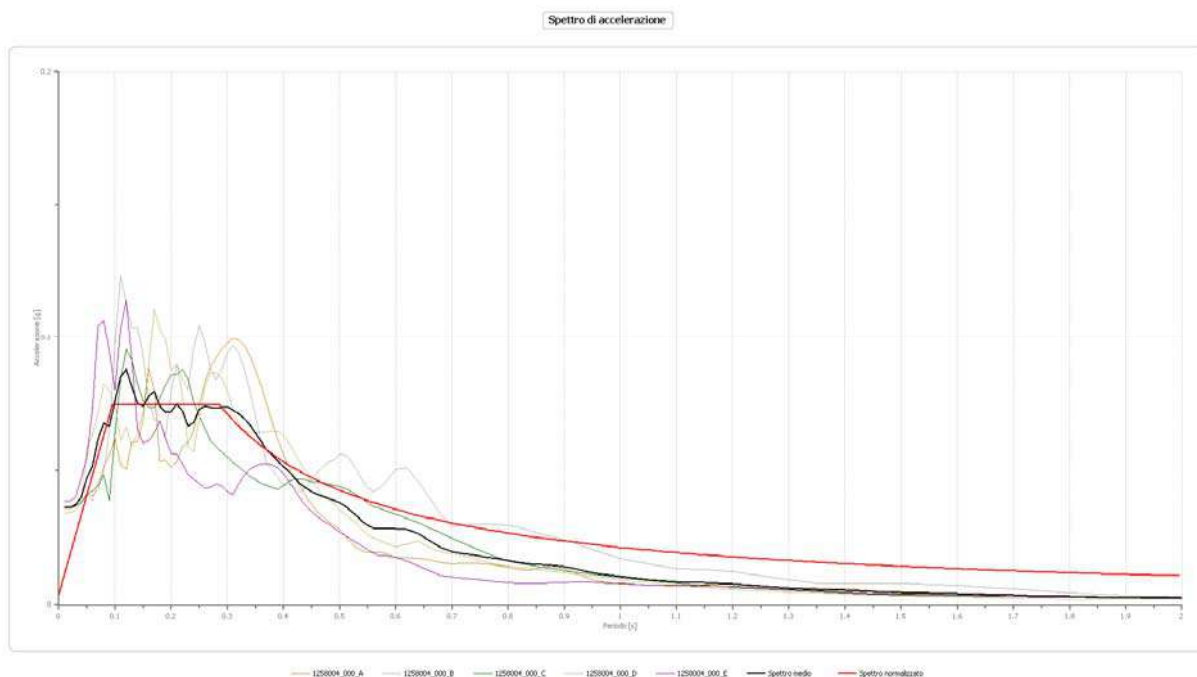


FIGURA 21: SPETTRO MEDIO (IN NERO) E NORMALIZZATO (IN ROSSO) RIFERITO ALLO STRATO 2 (CASO SLO)

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

Nella figura a pagina precedente sono riportati lo “spettro medio” (*nero*) e quello “normalizzato” (*rosso*) derivanti dai 5 accelerogrammi di input relativi allo stato limite di operatività SLO, calcolati nel Livello 2 (piano di imposta delle fondazioni).

Nelle tabelle seguenti, lo spettro di risposta medio e lo spettro di risposta normalizzato vengono espletati anche in forma numerica:

| Periodo [s] | Acceleraz. [g] | Periodo [s] | Acceleraz. [g] | Periodo [s] | Acceleraz. [g] | Periodo [s] | Acceleraz. [g] | Periodo [s] | Acceleraz. [g] |
|-------------|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|
| 0.01 | 0.0363 | 0.33 | 0.0696 | 0.72 | 0.0192 | 1.90 | 0.0027 | 4.60 | 0.0005 |
| 0.02 | 0.0363 | 0.34 | 0.0671 | 0.74 | 0.0186 | 1.95 | 0.0026 | 4.70 | 0.0005 |
| 0.03 | 0.0374 | 0.35 | 0.0642 | 0.76 | 0.0179 | 2.00 | 0.0025 | 4.80 | 0.0005 |
| 0.04 | 0.0402 | 0.36 | 0.0610 | 0.78 | 0.0172 | 2.05 | 0.0024 | 4.90 | 0.0004 |
| 0.05 | 0.0473 | 0.37 | 0.0578 | 0.80 | 0.0165 | 2.10 | 0.0024 | 5.00 | 0.0004 |
| 0.06 | 0.0518 | 0.38 | 0.0560 | 0.82 | 0.0158 | 2.15 | 0.0024 | 5.10 | 0.0004 |
| 0.07 | 0.0621 | 0.39 | 0.0535 | 0.84 | 0.0153 | 2.20 | 0.0024 | 5.20 | 0.0004 |
| 0.08 | 0.0677 | 0.40 | 0.0515 | 0.86 | 0.0150 | 2.25 | 0.0024 | 5.40 | 0.0004 |
| 0.09 | 0.0668 | 0.41 | 0.0497 | 0.88 | 0.0147 | 2.30 | 0.0023 | 5.60 | 0.0003 |
| 0.10 | 0.0759 | 0.42 | 0.0475 | 0.90 | 0.0141 | 2.35 | 0.0024 | 5.80 | 0.0003 |
| 0.11 | 0.0849 | 0.43 | 0.0451 | 0.92 | 0.0133 | 2.40 | 0.0024 | 6.00 | 0.0003 |
| 0.12 | 0.0880 | 0.44 | 0.0435 | 0.94 | 0.0124 | 2.50 | 0.0024 | 6.20 | 0.0003 |
| 0.13 | 0.0813 | 0.45 | 0.0424 | 0.96 | 0.0116 | 2.60 | 0.0024 | 6.40 | 0.0003 |
| 0.14 | 0.0754 | 0.46 | 0.0413 | 0.98 | 0.0110 | 2.70 | 0.0024 | 6.60 | 0.0002 |
| 0.15 | 0.0742 | 0.47 | 0.0404 | 1.00 | 0.0105 | 2.80 | 0.0022 | 6.80 | 0.0002 |
| 0.16 | 0.0778 | 0.48 | 0.0397 | 1.05 | 0.0094 | 2.90 | 0.0020 | 7.00 | 0.0002 |
| 0.17 | 0.0796 | 0.49 | 0.0389 | 1.10 | 0.0086 | 3.00 | 0.0018 | 7.20 | 0.0002 |
| 0.18 | 0.0743 | 0.50 | 0.0381 | 1.15 | 0.0082 | 3.10 | 0.0016 | 7.40 | 0.0002 |
| 0.19 | 0.0720 | 0.51 | 0.0369 | 1.20 | 0.0077 | 3.20 | 0.0014 | 7.60 | 0.0002 |
| 0.20 | 0.0721 | 0.52 | 0.0352 | 1.25 | 0.0070 | 3.30 | 0.0013 | 7.80 | 0.0002 |
| 0.21 | 0.0750 | 0.53 | 0.0332 | 1.30 | 0.0063 | 3.40 | 0.0012 | 8.00 | 0.0002 |
| 0.22 | 0.0724 | 0.54 | 0.0313 | 1.35 | 0.0057 | 3.50 | 0.0011 | 8.50 | 0.0002 |
| 0.23 | 0.0666 | 0.55 | 0.0296 | 1.40 | 0.0054 | 3.60 | 0.0010 | 9.00 | 0.0001 |
| 0.24 | 0.0681 | 0.56 | 0.0285 | 1.45 | 0.0050 | 3.70 | 0.0009 | 9.50 | 0.0001 |
| 0.25 | 0.0728 | 0.57 | 0.0282 | 1.50 | 0.0046 | 3.80 | 0.0008 | 10.00 | 0.0001 |
| 0.26 | 0.0743 | 0.58 | 0.0283 | 1.55 | 0.0044 | 3.90 | 0.0008 | | |
| 0.27 | 0.0738 | 0.60 | 0.0283 | 1.60 | 0.0042 | 4.00 | 0.0007 | | |
| 0.28 | 0.0734 | 0.62 | 0.0280 | 1.65 | 0.0039 | 4.10 | 0.0007 | | |
| 0.29 | 0.0738 | 0.64 | 0.0264 | 1.70 | 0.0035 | 4.20 | 0.0007 | | |
| 0.30 | 0.0738 | 0.66 | 0.0239 | 1.75 | 0.0032 | 4.30 | 0.0006 | | |
| 0.31 | 0.0727 | 0.68 | 0.0214 | 1.80 | 0.0030 | 4.40 | 0.0006 | | |
| 0.32 | 0.0715 | 0.70 | 0.0198 | 1.85 | 0.0028 | 4.50 | 0.0005 | | |

TAB. V: SPETTRO DI RISPOSTA NORMALIZZATO ESPlicitato IN FORMA NUMERICA.

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

| Periodo [s] | Acceleraz. [g] | Periodo [s] | Acceleraz. [g] | Periodo [s] | Acceleraz. [g] | Periodo [s] | Acceleraz. [g] | Periodo [s] | Acceleraz. [g] |
|----------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|
| 0.01 | 0.0114 | 0.33 | 0.0648 | 0.72 | 0.0297 | 1.90 | 0.0112 | 4.60 | 0.0046 |
| 0.02 | 0.0188 | 0.34 | 0.0629 | 0.74 | 0.0289 | 1.95 | 0.0110 | 4.70 | 0.0045 |
| 0.03 | 0.0262 | 0.35 | 0.0611 | 0.76 | 0.0281 | 2.00 | 0.0107 | 4.80 | 0.0045 |
| 0.04 | 0.0337 | 0.36 | 0.0594 | 0.78 | 0.0274 | 2.05 | 0.0104 | 4.90 | 0.0044 |
| 0.05 | 0.0411 | 0.37 | 0.0578 | 0.80 | 0.0267 | 2.10 | 0.0102 | 5.00 | 0.0043 |
| 0.06 | 0.0485 | 0.38 | 0.0562 | 0.82 | 0.0261 | 2.15 | 0.0099 | 5.10 | 0.0042 |
| 0.07 | 0.0559 | 0.39 | 0.0548 | 0.84 | 0.0254 | 2.20 | 0.0097 | 5.20 | 0.0041 |
| 0.08 | 0.0633 | 0.40 | 0.0534 | 0.86 | 0.0249 | 2.25 | 0.0095 | 5.40 | 0.0040 |
| 0.09 | 0.0708 | 0.41 | 0.0521 | 0.88 | 0.0243 | 2.30 | 0.0093 | 5.60 | 0.0038 |
| 0.10 | 0.0747 | 0.42 | 0.0509 | 0.90 | 0.0237 | 2.35 | 0.0091 | 5.80 | 0.0037 |
| 0.11 | 0.0747 | 0.43 | 0.0497 | 0.92 | 0.0232 | 2.40 | 0.0089 | 6.00 | 0.0036 |
| 0.12 | 0.0747 | 0.44 | 0.0486 | 0.94 | 0.0227 | 2.50 | 0.0085 | 6.20 | 0.0034 |
| 0.13 | 0.0747 | 0.45 | 0.0475 | 0.96 | 0.0223 | 2.60 | 0.0082 | 6.40 | 0.0033 |
| 0.14 | 0.0747 | 0.46 | 0.0465 | 0.98 | 0.0218 | 2.70 | 0.0079 | 6.60 | 0.0032 |
| 0.15 | 0.0747 | 0.47 | 0.0455 | 1.00 | 0.0214 | 2.80 | 0.0076 | 6.80 | 0.0031 |
| 0.16 | 0.0747 | 0.48 | 0.0445 | 1.05 | 0.0204 | 2.90 | 0.0074 | 7.00 | 0.0031 |
| 0.17 | 0.0747 | 0.49 | 0.0436 | 1.10 | 0.0194 | 3.00 | 0.0071 | 7.20 | 0.0030 |
| 0.18 | 0.0747 | 0.50 | 0.0427 | 1.15 | 0.0186 | 3.10 | 0.0069 | 7.40 | 0.0029 |
| 0.19 | 0.0747 | 0.51 | 0.0419 | 1.20 | 0.0178 | 3.20 | 0.0067 | 7.60 | 0.0028 |
| 0.20 | 0.0747 | 0.52 | 0.0411 | 1.25 | 0.0171 | 3.30 | 0.0065 | 7.80 | 0.0027 |
| 0.21 | 0.0747 | 0.53 | 0.0403 | 1.30 | 0.0164 | 3.40 | 0.0063 | 8.00 | 0.0027 |
| 0.22 | 0.0747 | 0.54 | 0.0396 | 1.35 | 0.0158 | 3.50 | 0.0061 | 8.50 | 0.0025 |
| 0.23 | 0.0747 | 0.55 | 0.0389 | 1.40 | 0.0153 | 3.60 | 0.0059 | 9.00 | 0.0024 |
| 0.24 | 0.0747 | 0.56 | 0.0382 | 1.45 | 0.0147 | 3.70 | 0.0058 | 9.50 | 0.0022 |
| 0.25 | 0.0747 | 0.57 | 0.0375 | 1.50 | 0.0142 | 3.80 | 0.0056 | 10.00 | 0.0021 |
| 0.26 | 0.0747 | 0.58 | 0.0369 | 1.55 | 0.0138 | 3.90 | 0.0055 | | |
| 0.27 | 0.0747 | 0.60 | 0.0356 | 1.60 | 0.0134 | 4.00 | 0.0053 | | |
| 0.28 | 0.0747 | 0.62 | 0.0345 | 1.65 | 0.0130 | 4.10 | 0.0052 | | |
| 0.29 | 0.0737 | 0.64 | 0.0334 | 1.70 | 0.0126 | 4.20 | 0.0051 | | |
| 0.30 | 0.0712 | 0.66 | 0.0324 | 1.75 | 0.0122 | 4.30 | 0.0050 | | |
| 0.31 | 0.0690 | 0.68 | 0.0314 | 1.80 | 0.0119 | 4.40 | 0.0049 | | |
| 0.32 | 0.0668 | 0.70 | 0.0305 | 1.85 | 0.0116 | 4.50 | 0.0047 | | |

TAB. VI: SPETTRO DI RISPOSTA NORMALIZZATO ESPlicitato IN FORMA NUMERICA

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

STATO LIMITE DI DANNO (SLD)

Lo **Stato Limite di Danno (SLD)** indica la condizione superata la quale 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.

Per lo studio di detto stato limite, a partire dagli accelerogrammi normalizzati al valore di $A_{g0}=0.042$ g, si è proceduto a calcolare il moto atteso in superficie processando gli accelerogrammi con il software "GEOSTRU RSLIII".

Il risultato sono i seguenti fattori di amplificazione caratteristici per il valore A_{g0} impostato per lo stato limite "SALVAGUARDIA DEL DANNO" (SLD) applicati alla zona in esame:

FATTORI DI AMPLIFICAZIONE

| | |
|-----------|---------------------------|
| Tai | 0.120 [s] |
| Tvi | 0.330 [s] |
| Tao | 0.120 [s] |
| Tvo | 0.330 [s] |
| Sami | 0.821 [m/s ²] |
| Svmi | 0.039 [m/s] |
| Samo | 0.880 [m/s ²] |
| Svmo | 0.040 [m/s] |
| Fa | 1.072 [-] |
| Fv | 1.017 [-] |
| TB | 0.095 [s] |
| TC | 0.286 [s] |
| SA(0) | 0.005 [g] |
| SA(TB) | 0.090 [g] |

La figura a pagina seguente rappresenta la funzione di trasferimento e cioè il rapporto di amplificazione in funzione della frequenza tra lo spettro del moto atteso in superficie e quello atteso al bedrock per i 5 terremoti (sismogrammi).

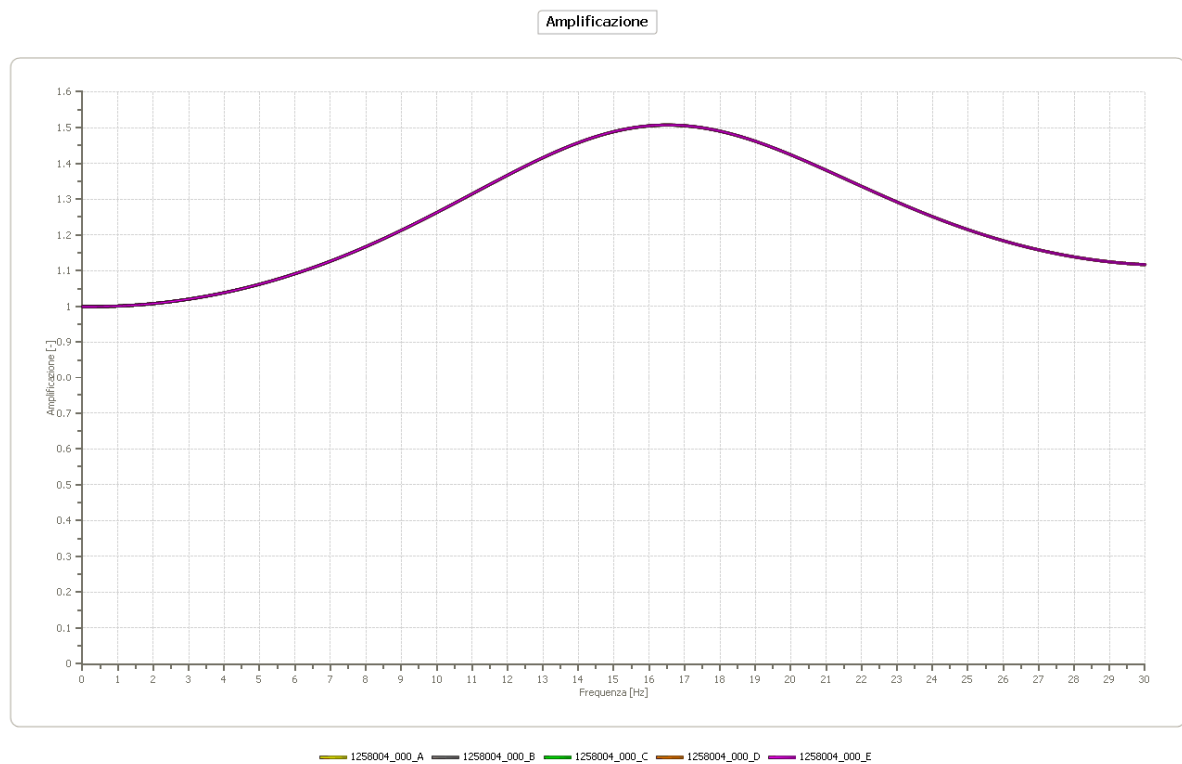


FIGURA 22: CURVA DI AMPLIFICAZIONE PER LO STATO LIMITE SLD

Di seguito si riportano gli spettri di risposta dell'oscillatore armonico "tipo" ad un grado di libertà, in funzione del periodo della struttura e per uno smorzamento del 5%, ottenuti a partire dagli accelerogrammi prescelti.

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

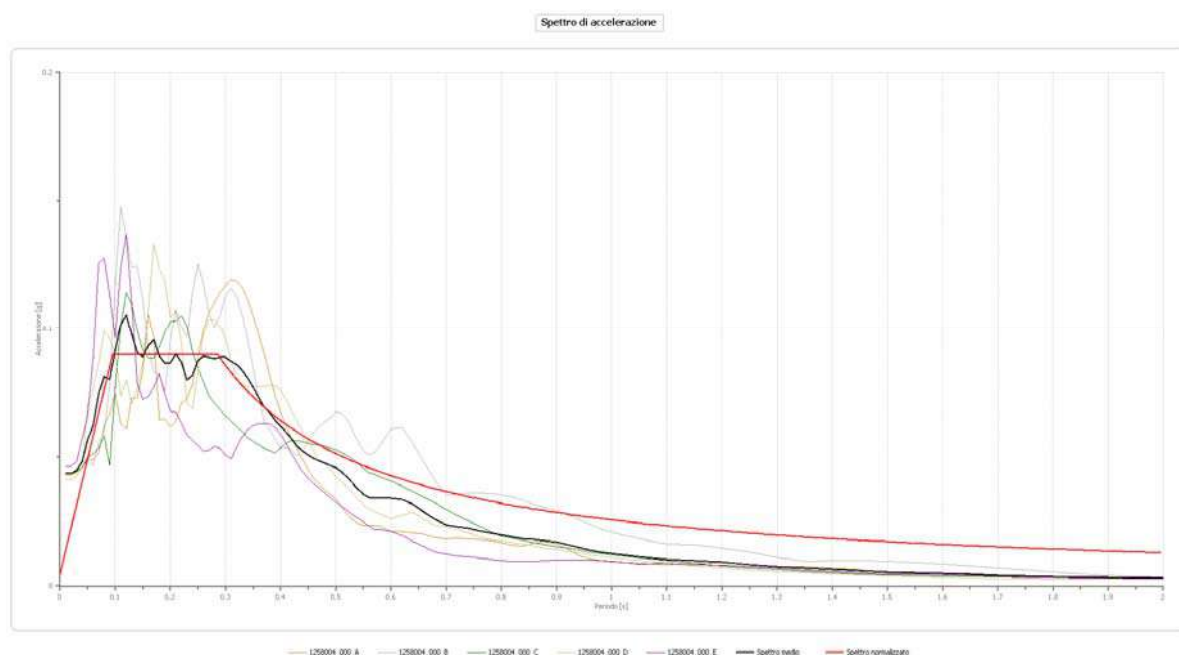


FIGURA 23: SPETTRO MEDIO (IN NERO) E NORMALIZZATO (IN ROSSO) RIFERITO ALLO STRATO 2 (CASO SLD)

Nella figura a pagina precedente sono riportati lo “spettro medio” (*nero*) e quello “normalizzato” (*rosso*) derivanti dai 5 accelerogrammi di input relativi allo stato limite di danno SLD, calcolati nel Livello 2 (piano di imposta delle fondazioni).

Nelle tabelle seguenti, lo spettro di risposta medio e lo spettro di risposta normalizzato vengono espletati anche in forma numerica:

| Periodo [s] | Acceleraz. [g] | Periodo [s] | Acceleraz. [g] | Periodo [s] | Acceleraz. [g] | Periodo [s] | Acceleraz. [g] | Periodo [s] | Acceleraz. [g] |
|-------------|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|
| 0.01 | 0.0436 | 0.33 | 0.0835 | 0.72 | 0.0230 | 1.90 | 0.0032 | 4.60 | 0.0006 |
| 0.02 | 0.0436 | 0.34 | 0.0806 | 0.74 | 0.0223 | 1.95 | 0.0031 | 4.70 | 0.0006 |
| 0.03 | 0.0449 | 0.35 | 0.0771 | 0.76 | 0.0215 | 2.00 | 0.0030 | 4.80 | 0.0006 |
| 0.04 | 0.0482 | 0.36 | 0.0733 | 0.78 | 0.0206 | 2.05 | 0.0029 | 4.90 | 0.0005 |
| 0.05 | 0.0568 | 0.37 | 0.0694 | 0.80 | 0.0198 | 2.10 | 0.0029 | 5.00 | 0.0005 |
| 0.06 | 0.0622 | 0.38 | 0.0671 | 0.82 | 0.0190 | 2.15 | 0.0029 | 5.10 | 0.0005 |
| 0.07 | 0.0746 | 0.39 | 0.0642 | 0.84 | 0.0184 | 2.20 | 0.0029 | 5.20 | 0.0005 |
| 0.08 | 0.0812 | 0.40 | 0.0619 | 0.86 | 0.0180 | 2.25 | 0.0028 | 5.40 | 0.0004 |
| 0.09 | 0.0802 | 0.41 | 0.0596 | 0.88 | 0.0176 | 2.30 | 0.0028 | 5.60 | 0.0004 |
| 0.10 | 0.0911 | 0.42 | 0.0570 | 0.90 | 0.0169 | 2.35 | 0.0028 | 5.80 | 0.0004 |
| 0.11 | 0.1019 | 0.43 | 0.0541 | 0.92 | 0.0160 | 2.40 | 0.0028 | 6.00 | 0.0003 |
| 0.12 | 0.1056 | 0.44 | 0.0522 | 0.94 | 0.0149 | 2.50 | 0.0028 | 6.20 | 0.0003 |
| 0.13 | 0.0976 | 0.45 | 0.0508 | 0.96 | 0.0140 | 2.60 | 0.0029 | 6.40 | 0.0003 |
| 0.14 | 0.0904 | 0.46 | 0.0496 | 0.98 | 0.0132 | 2.70 | 0.0028 | 6.60 | 0.0003 |
| 0.15 | 0.0890 | 0.47 | 0.0485 | 1.00 | 0.0126 | 2.80 | 0.0026 | 6.80 | 0.0003 |

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

| | | | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|-------|--------|
| 0.16 | 0.0934 | 0.48 | 0.0476 | 1.05 | 0.0113 | 2.90 | 0.0024 | 7.00 | 0.0003 |
| 0.17 | 0.0955 | 0.49 | 0.0467 | 1.10 | 0.0103 | 3.00 | 0.0022 | 7.20 | 0.0002 |
| 0.18 | 0.0891 | 0.50 | 0.0458 | 1.15 | 0.0099 | 3.10 | 0.0020 | 7.40 | 0.0002 |
| 0.19 | 0.0864 | 0.51 | 0.0442 | 1.20 | 0.0093 | 3.20 | 0.0017 | 7.60 | 0.0002 |
| 0.20 | 0.0865 | 0.52 | 0.0422 | 1.25 | 0.0084 | 3.30 | 0.0016 | 7.80 | 0.0002 |
| 0.21 | 0.0900 | 0.53 | 0.0399 | 1.30 | 0.0075 | 3.40 | 0.0014 | 8.00 | 0.0002 |
| 0.22 | 0.0869 | 0.54 | 0.0375 | 1.35 | 0.0069 | 3.50 | 0.0013 | 8.50 | 0.0002 |
| 0.23 | 0.0800 | 0.55 | 0.0355 | 1.40 | 0.0064 | 3.60 | 0.0012 | 9.00 | 0.0002 |
| 0.24 | 0.0817 | 0.56 | 0.0342 | 1.45 | 0.0060 | 3.70 | 0.0011 | 9.50 | 0.0001 |
| 0.25 | 0.0874 | 0.57 | 0.0339 | 1.50 | 0.0055 | 3.80 | 0.0010 | 10.00 | 0.0001 |
| 0.26 | 0.0892 | 0.58 | 0.0340 | 1.55 | 0.0053 | 3.90 | 0.0010 | | |
| 0.27 | 0.0886 | 0.60 | 0.0340 | 1.60 | 0.0050 | 4.00 | 0.0009 | | |
| 0.28 | 0.0881 | 0.62 | 0.0336 | 1.65 | 0.0047 | 4.10 | 0.0008 | | |
| 0.29 | 0.0885 | 0.64 | 0.0317 | 1.70 | 0.0042 | 4.20 | 0.0008 | | |
| 0.30 | 0.0886 | 0.66 | 0.0286 | 1.75 | 0.0039 | 4.30 | 0.0007 | | |
| 0.31 | 0.0872 | 0.68 | 0.0257 | 1.80 | 0.0036 | 4.40 | 0.0007 | | |
| 0.32 | 0.0858 | 0.70 | 0.0237 | 1.85 | 0.0034 | 4.50 | 0.0007 | | |

TAB. VII: SPETTRO DI RISPOSTA NORMALIZZATO ESPlicitato IN FORMA NUMERICA.

| Periodo [s] | Acceleraz. [g] | Periodo [s] | Acceleraz. [g] | Periodo [s] | Acceleraz. [g] | Periodo [s] | Acceleraz. [g] | Periodo [s] | Acceleraz. [g] |
|----------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|
| 0.01 | 0.0137 | 0.33 | 0.0777 | 0.72 | 0.0356 | 1.90 | 0.0135 | 4.60 | 0.0056 |
| 0.02 | 0.0226 | 0.34 | 0.0754 | 0.74 | 0.0347 | 1.95 | 0.0132 | 4.70 | 0.0055 |
| 0.03 | 0.0315 | 0.35 | 0.0733 | 0.76 | 0.0338 | 2.00 | 0.0128 | 4.80 | 0.0053 |
| 0.04 | 0.0404 | 0.36 | 0.0713 | 0.78 | 0.0329 | 2.05 | 0.0125 | 4.90 | 0.0052 |
| 0.05 | 0.0493 | 0.37 | 0.0693 | 0.80 | 0.0321 | 2.10 | 0.0122 | 5.00 | 0.0051 |
| 0.06 | 0.0582 | 0.38 | 0.0675 | 0.82 | 0.0313 | 2.15 | 0.0119 | 5.10 | 0.0050 |
| 0.07 | 0.0671 | 0.39 | 0.0658 | 0.84 | 0.0305 | 2.20 | 0.0117 | 5.20 | 0.0049 |
| 0.08 | 0.0760 | 0.40 | 0.0641 | 0.86 | 0.0298 | 2.25 | 0.0114 | 5.40 | 0.0048 |
| 0.09 | 0.0849 | 0.41 | 0.0626 | 0.88 | 0.0291 | 2.30 | 0.0112 | 5.60 | 0.0046 |
| 0.10 | 0.0897 | 0.42 | 0.0611 | 0.90 | 0.0285 | 2.35 | 0.0109 | 5.80 | 0.0044 |
| 0.11 | 0.0897 | 0.43 | 0.0597 | 0.92 | 0.0279 | 2.40 | 0.0107 | 6.00 | 0.0043 |
| 0.12 | 0.0897 | 0.44 | 0.0583 | 0.94 | 0.0273 | 2.50 | 0.0103 | 6.20 | 0.0041 |
| 0.13 | 0.0897 | 0.45 | 0.0570 | 0.96 | 0.0267 | 2.60 | 0.0099 | 6.40 | 0.0040 |
| 0.14 | 0.0897 | 0.46 | 0.0558 | 0.98 | 0.0262 | 2.70 | 0.0095 | 6.60 | 0.0039 |
| 0.15 | 0.0897 | 0.47 | 0.0546 | 1.00 | 0.0257 | 2.80 | 0.0092 | 6.80 | 0.0038 |
| 0.16 | 0.0897 | 0.48 | 0.0534 | 1.05 | 0.0244 | 2.90 | 0.0088 | 7.00 | 0.0037 |
| 0.17 | 0.0897 | 0.49 | 0.0523 | 1.10 | 0.0233 | 3.00 | 0.0086 | 7.20 | 0.0036 |
| 0.18 | 0.0897 | 0.50 | 0.0513 | 1.15 | 0.0223 | 3.10 | 0.0083 | 7.40 | 0.0035 |
| 0.19 | 0.0897 | 0.51 | 0.0503 | 1.20 | 0.0214 | 3.20 | 0.0080 | 7.60 | 0.0034 |
| 0.20 | 0.0897 | 0.52 | 0.0493 | 1.25 | 0.0205 | 3.30 | 0.0078 | 7.80 | 0.0033 |

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

| | | | | | | | | | |
|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|-------|--------|
| 0.21 | 0.0897 | 0.53 | 0.0484 | 1.30 | 0.0197 | 3.40 | 0.0075 | 8.00 | 0.0032 |
| 0.22 | 0.0897 | 0.54 | 0.0475 | 1.35 | 0.0190 | 3.50 | 0.0073 | 8.50 | 0.0030 |
| 0.23 | 0.0897 | 0.55 | 0.0466 | 1.40 | 0.0183 | 3.60 | 0.0071 | 9.00 | 0.0029 |
| 0.24 | 0.0897 | 0.56 | 0.0458 | 1.45 | 0.0177 | 3.70 | 0.0069 | 9.50 | 0.0027 |
| 0.25 | 0.0897 | 0.57 | 0.0450 | 1.50 | 0.0171 | 3.80 | 0.0068 | 10.00 | 0.0026 |
| 0.26 | 0.0897 | 0.58 | 0.0442 | 1.55 | 0.0165 | 3.90 | 0.0066 | | |
| 0.27 | 0.0897 | 0.60 | 0.0428 | 1.60 | 0.0160 | 4.00 | 0.0064 | | |
| 0.28 | 0.0897 | 0.62 | 0.0414 | 1.65 | 0.0155 | 4.10 | 0.0063 | | |
| 0.29 | 0.0884 | 0.64 | 0.0401 | 1.70 | 0.0151 | 4.20 | 0.0061 | | |
| 0.30 | 0.0855 | 0.66 | 0.0389 | 1.75 | 0.0147 | 4.30 | 0.0060 | | |
| 0.31 | 0.0827 | 0.68 | 0.0377 | 1.80 | 0.0143 | 4.40 | 0.0058 | | |
| 0.32 | 0.0802 | 0.70 | 0.0366 | 1.85 | 0.0139 | 4.50 | 0.0057 | | |

TAB. VIII: SPETTRO DI RISPOSTA NORMALIZZATO ESPlicitato IN FORMA NUMERICA

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (SLV)

Lo **Stato limite di salvaguardia della vita (SLV)** indica la condizione superata la quale 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 rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.

Per lo studio di detto stato limite, a partire dagli accelerogrammi normalizzati al valore di $A_{g0}=0.092$ g, si è proceduto a calcolare il moto atteso in superficie processando gli accelerogrammi stessi con il software "GEOSTRU RSLIII".

Il risultato sono i seguenti fattori di amplificazione caratteristici per il valore A_{g0} impostato per lo stato limite "SALVAGUARDIA DELLA VITA" (SLV) applicati alla zona in esame:

| <u>FATTORI DI AMPLIFICAZIONE</u> | |
|---|---------------------------|
| Tai | 0.120 [s] |
| Tvi | 0.330 [s] |
| Tao | 0.120 [s] |
| Tvo | 0.330 [s] |
| Sami | 1.798 [m/s ²] |
| Svmi | 0.086 [m/s] |
| Samo | 1.927 [m/s ²] |
| Svmo | 0.088 [m/s] |
| Fa | 1.072 [-] |
| Fv | 1.017 [-] |
| TB | 0.095 [s] |
| TC | 0.286 [s] |
| SA(0) | 0.010 [g] |
| SA(TB) | 0.196 [g] |

La figura a pagina seguente rappresenta la funzione di trasferimento e cioè il rapporto di amplificazione in funzione della frequenza tra lo spettro del moto atteso in superficie e quello atteso al bedrock per i 5 terremoti (sismogrammi).

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

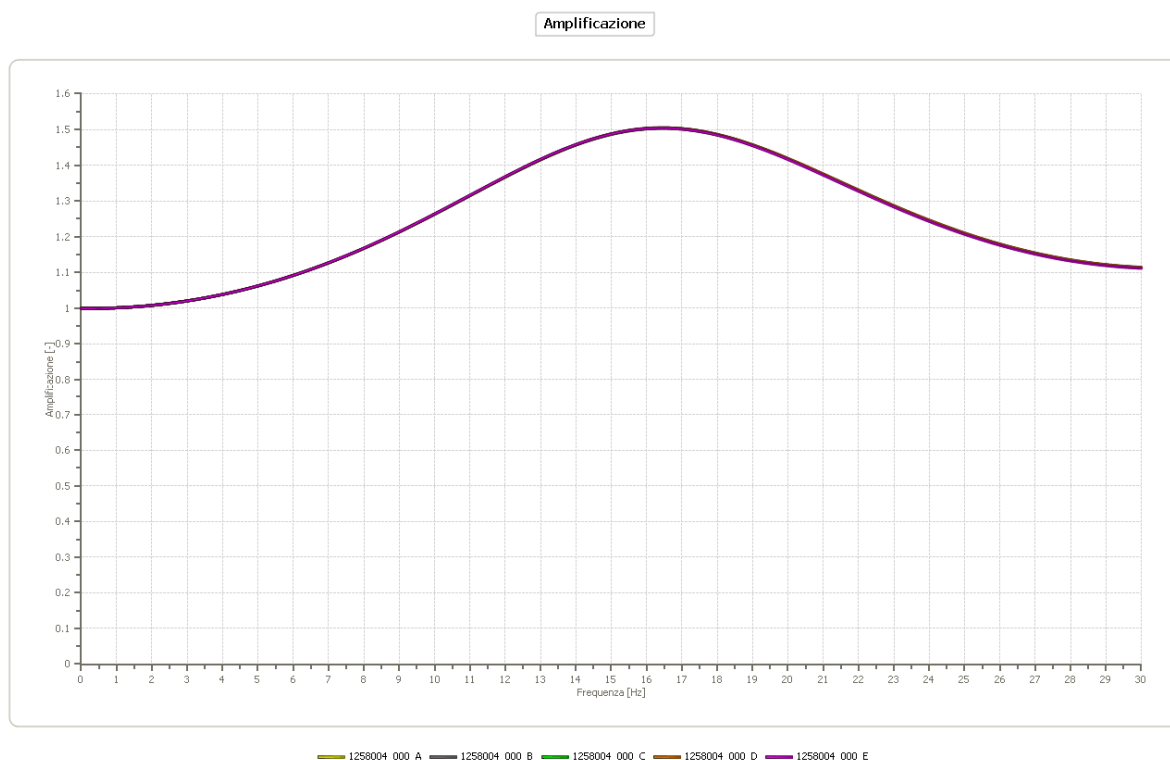


FIGURA 24: CURVA DI AMPLIFICAZIONE PER LO STATO LIMITE SLV

Di seguito si riportano gli spettri di risposta dell'oscillatore armonico "tipo" ad un grado di libertà, in funzione del periodo della struttura e per uno smorzamento del 5%, ottenuti a partire dagli accelerogrammi prescelti.

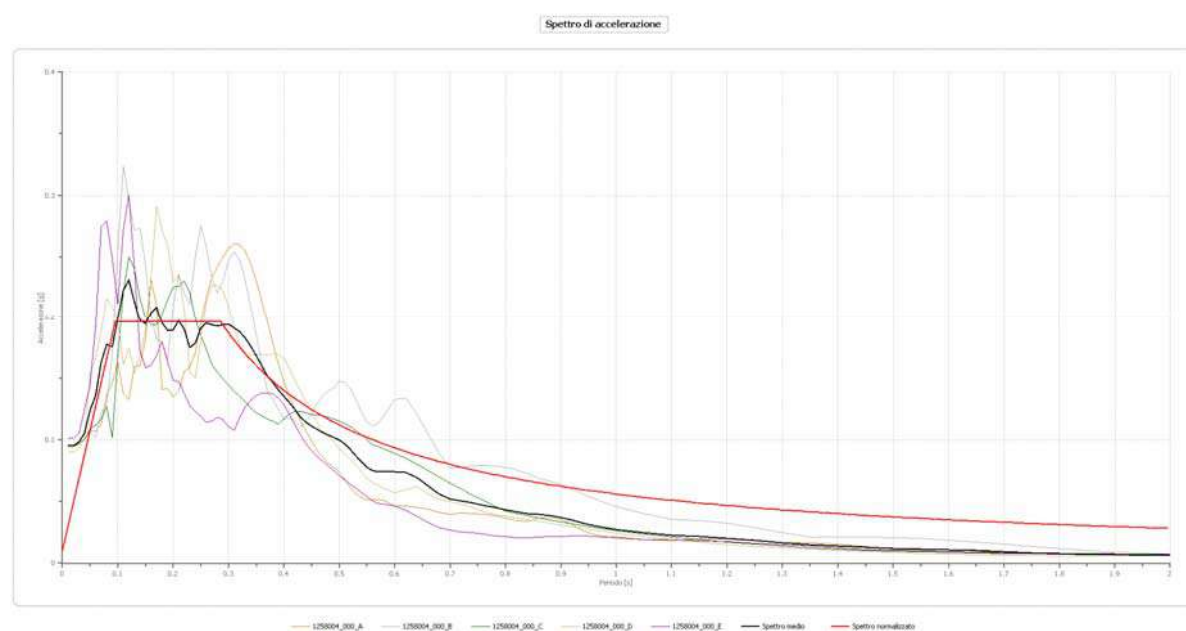


FIGURA 25: SPETTRO MEDIO (IN NERO) E NORMALIZZATO (IN ROSSO) RIFERITO ALLO STRATO 2 (CASO SLV)

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

Nella figura precedente sono riportati lo “spettro medio” (nero) e quello “normalizzato” (rosso) derivanti dai 5 accelerogrammi di input relativi allo stato limite di salvaguardia della vita SLV, calcolati nel Livello 2 (piano di imposta delle fondazioni). Nelle tabelle seguenti, lo spettro di risposta medio e lo spettro di risposta normalizzato vengono espletati anche in forma numerica:

| Periodo [s] | Acceleraz. [g] | Periodo [s] | Acceleraz. [g] | Periodo [s] | Acceleraz. [g] | Periodo [s] | Acceleraz. [g] | Periodo [s] | Acceleraz. [g] |
|----------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|
| 0.01 | 0.0954 | 0.33 | 0.1830 | 0.72 | 0.0504 | 1.90 | 0.0071 | 4.60 | 0.0014 |
| 0.02 | 0.0954 | 0.34 | 0.1765 | 0.74 | 0.0489 | 1.95 | 0.0068 | 4.70 | 0.0013 |
| 0.03 | 0.0982 | 0.35 | 0.1688 | 0.76 | 0.0471 | 2.00 | 0.0066 | 4.80 | 0.0012 |
| 0.04 | 0.1055 | 0.36 | 0.1605 | 0.78 | 0.0451 | 2.05 | 0.0064 | 4.90 | 0.0012 |
| 0.05 | 0.1243 | 0.37 | 0.1520 | 0.80 | 0.0433 | 2.10 | 0.0064 | 5.00 | 0.0011 |
| 0.06 | 0.1361 | 0.38 | 0.1471 | 0.82 | 0.0416 | 2.15 | 0.0063 | 5.10 | 0.0011 |
| 0.07 | 0.1633 | 0.39 | 0.1407 | 0.84 | 0.0403 | 2.20 | 0.0062 | 5.20 | 0.0010 |
| 0.08 | 0.1779 | 0.40 | 0.1355 | 0.86 | 0.0395 | 2.25 | 0.0062 | 5.40 | 0.0009 |
| 0.09 | 0.1757 | 0.41 | 0.1306 | 0.88 | 0.0386 | 2.30 | 0.0062 | 5.60 | 0.0009 |
| 0.10 | 0.1997 | 0.42 | 0.1249 | 0.90 | 0.0371 | 2.35 | 0.0062 | 5.80 | 0.0008 |
| 0.11 | 0.2233 | 0.43 | 0.1185 | 0.92 | 0.0350 | 2.40 | 0.0062 | 6.00 | 0.0008 |
| 0.12 | 0.2313 | 0.44 | 0.1143 | 0.94 | 0.0327 | 2.50 | 0.0062 | 6.20 | 0.0007 |
| 0.13 | 0.2139 | 0.45 | 0.1113 | 0.96 | 0.0306 | 2.60 | 0.0063 | 6.40 | 0.0007 |
| 0.14 | 0.1981 | 0.46 | 0.1087 | 0.98 | 0.0290 | 2.70 | 0.0062 | 6.60 | 0.0006 |
| 0.15 | 0.1949 | 0.47 | 0.1062 | 1.00 | 0.0275 | 2.80 | 0.0058 | 6.80 | 0.0006 |
| 0.16 | 0.2045 | 0.48 | 0.1043 | 1.05 | 0.0247 | 2.90 | 0.0052 | 7.00 | 0.0006 |
| 0.17 | 0.2093 | 0.49 | 0.1023 | 1.10 | 0.0226 | 3.00 | 0.0047 | 7.20 | 0.0005 |
| 0.18 | 0.1952 | 0.50 | 0.1003 | 1.15 | 0.0217 | 3.10 | 0.0043 | 7.40 | 0.0005 |
| 0.19 | 0.1893 | 0.51 | 0.0969 | 1.20 | 0.0204 | 3.20 | 0.0038 | 7.60 | 0.0005 |
| 0.20 | 0.1895 | 0.52 | 0.0924 | 1.25 | 0.0183 | 3.30 | 0.0034 | 7.80 | 0.0005 |
| 0.21 | 0.1972 | 0.53 | 0.0874 | 1.30 | 0.0165 | 3.40 | 0.0031 | 8.00 | 0.0004 |
| 0.22 | 0.1904 | 0.54 | 0.0822 | 1.35 | 0.0150 | 3.50 | 0.0028 | 8.50 | 0.0004 |
| 0.23 | 0.1752 | 0.55 | 0.0777 | 1.40 | 0.0141 | 3.60 | 0.0026 | 9.00 | 0.0004 |
| 0.24 | 0.1790 | 0.56 | 0.0750 | 1.45 | 0.0131 | 3.70 | 0.0024 | 9.50 | 0.0003 |
| 0.25 | 0.1914 | 0.57 | 0.0743 | 1.50 | 0.0121 | 3.80 | 0.0022 | 10.00 | 0.0003 |
| 0.26 | 0.1953 | 0.58 | 0.0744 | 1.55 | 0.0116 | 3.90 | 0.0021 | | |
| 0.27 | 0.1941 | 0.60 | 0.0744 | 1.60 | 0.0110 | 4.00 | 0.0020 | | |
| 0.28 | 0.1929 | 0.62 | 0.0736 | 1.65 | 0.0102 | 4.10 | 0.0018 | | |
| 0.29 | 0.1939 | 0.64 | 0.0694 | 1.70 | 0.0092 | 4.20 | 0.0017 | | |
| 0.30 | 0.1941 | 0.66 | 0.0627 | 1.75 | 0.0085 | 4.30 | 0.0016 | | |
| 0.31 | 0.1911 | 0.68 | 0.0562 | 1.80 | 0.0079 | 4.40 | 0.0015 | | |
| 0.32 | 0.1880 | 0.70 | 0.0519 | 1.85 | 0.0074 | 4.50 | 0.0014 | | |

TAB. IX: SPETTRO DI RISPOSTA NORMALIZZATO ESPLICITATO IN FORMA NUMERICA.

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

| Periodo [s] | Acceleraz. [g] | Periodo [s] | Acceleraz. [g] | Periodo [s] | Acceleraz. [g] | Periodo [s] | Acceleraz. [g] | Periodo [s] | Acceleraz. [g] |
|----------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|
| 0.01 | 0.0299 | 0.33 | 0.1703 | 0.72 | 0.0780 | 1.90 | 0.0296 | 4.60 | 0.0122 |
| 0.02 | 0.0494 | 0.34 | 0.1653 | 0.74 | 0.0759 | 1.95 | 0.0288 | 4.70 | 0.0120 |
| 0.03 | 0.0690 | 0.35 | 0.1605 | 0.76 | 0.0739 | 2.00 | 0.0281 | 4.80 | 0.0117 |
| 0.04 | 0.0885 | 0.36 | 0.1561 | 0.78 | 0.0720 | 2.05 | 0.0274 | 4.90 | 0.0115 |
| 0.05 | 0.1080 | 0.37 | 0.1519 | 0.80 | 0.0702 | 2.10 | 0.0268 | 5.00 | 0.0112 |
| 0.06 | 0.1275 | 0.38 | 0.1479 | 0.82 | 0.0685 | 2.15 | 0.0261 | 5.10 | 0.0110 |
| 0.07 | 0.1470 | 0.39 | 0.1441 | 0.84 | 0.0669 | 2.20 | 0.0255 | 5.20 | 0.0108 |
| 0.08 | 0.1665 | 0.40 | 0.1405 | 0.86 | 0.0653 | 2.25 | 0.0250 | 5.40 | 0.0104 |
| 0.09 | 0.1860 | 0.41 | 0.1370 | 0.88 | 0.0638 | 2.30 | 0.0244 | 5.60 | 0.0100 |
| 0.10 | 0.1964 | 0.42 | 0.1338 | 0.90 | 0.0624 | 2.35 | 0.0239 | 5.80 | 0.0097 |
| 0.11 | 0.1964 | 0.43 | 0.1307 | 0.92 | 0.0611 | 2.40 | 0.0234 | 6.00 | 0.0094 |
| 0.12 | 0.1964 | 0.44 | 0.1277 | 0.94 | 0.0598 | 2.50 | 0.0225 | 6.20 | 0.0091 |
| 0.13 | 0.1964 | 0.45 | 0.1249 | 0.96 | 0.0585 | 2.60 | 0.0216 | 6.40 | 0.0088 |
| 0.14 | 0.1964 | 0.46 | 0.1221 | 0.98 | 0.0573 | 2.70 | 0.0208 | 6.60 | 0.0085 |
| 0.15 | 0.1964 | 0.47 | 0.1195 | 1.00 | 0.0562 | 2.80 | 0.0201 | 6.80 | 0.0083 |
| 0.16 | 0.1964 | 0.48 | 0.1171 | 1.05 | 0.0535 | 2.90 | 0.0194 | 7.00 | 0.0080 |
| 0.17 | 0.1964 | 0.49 | 0.1147 | 1.10 | 0.0511 | 3.00 | 0.0187 | 7.20 | 0.0078 |
| 0.18 | 0.1964 | 0.50 | 0.1124 | 1.15 | 0.0489 | 3.10 | 0.0181 | 7.40 | 0.0076 |
| 0.19 | 0.1964 | 0.51 | 0.1102 | 1.20 | 0.0468 | 3.20 | 0.0176 | 7.60 | 0.0074 |
| 0.20 | 0.1964 | 0.52 | 0.1081 | 1.25 | 0.0449 | 3.30 | 0.0170 | 7.80 | 0.0072 |
| 0.21 | 0.1964 | 0.53 | 0.1060 | 1.30 | 0.0432 | 3.40 | 0.0165 | 8.00 | 0.0070 |
| 0.22 | 0.1964 | 0.54 | 0.1041 | 1.35 | 0.0416 | 3.50 | 0.0161 | 8.50 | 0.0066 |
| 0.23 | 0.1964 | 0.55 | 0.1022 | 1.40 | 0.0401 | 3.60 | 0.0156 | 9.00 | 0.0062 |
| 0.24 | 0.1964 | 0.56 | 0.1003 | 1.45 | 0.0387 | 3.70 | 0.0152 | 9.50 | 0.0059 |
| 0.25 | 0.1964 | 0.57 | 0.0986 | 1.50 | 0.0375 | 3.80 | 0.0148 | 10.00 | 0.0056 |
| 0.26 | 0.1964 | 0.58 | 0.0969 | 1.55 | 0.0362 | 3.90 | 0.0144 | | |
| 0.27 | 0.1964 | 0.60 | 0.0936 | 1.60 | 0.0351 | 4.00 | 0.0140 | | |
| 0.28 | 0.1964 | 0.62 | 0.0906 | 1.65 | 0.0341 | 4.10 | 0.0137 | | |
| 0.29 | 0.1937 | 0.64 | 0.0878 | 1.70 | 0.0331 | 4.20 | 0.0134 | | |
| 0.30 | 0.1873 | 0.66 | 0.0851 | 1.75 | 0.0321 | 4.30 | 0.0131 | | |
| 0.31 | 0.1812 | 0.68 | 0.0826 | 1.80 | 0.0312 | 4.40 | 0.0128 | | |
| 0.32 | 0.1756 | 0.70 | 0.0803 | 1.85 | 0.0304 | 4.50 | 0.0125 | | |

TAB. X: SPETTRO DI RISPOSTA NORMALIZZATO ESPlicitato IN FORMA NUMERICA.

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

STATO LIMITE DI PREVENZIONE DEL COLLASSO (SLC)

Lo **Stato limite di prevenzione del collasso (SLC)** indica la condizione superata la quale 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.

Per lo studio di detto stato limite, a partire dagli accelerogrammi normalizzati al valore di $A_{g0}=0.115$ g, si è proceduto a calcolare il moto atteso in superficie (livello 2 - fondazioni) processando gli accelerogrammi con il software "GEOSTRU RSLIII".

Il risultato sono i seguenti fattori di amplificazione caratteristici per il valore A_{g0} impostato per lo stato limite "PREVENZIONE AL COLLASSO" (SLC) applicati alla zona in esame:

| <u>FATTORI DI AMPLIFICAZIONE</u> | |
|---|---------------------------|
| Tai | 0.120 [s] |
| Tvi | 0.330 [s] |
| Tao | 0.120 [s] |
| Tvo | 0.330 [s] |
| Sami | 2.248 [m/s ²] |
| Svmi | 0.108 [m/s] |
| Samo | 2.408 [m/s ²] |
| Svmo | 0.110 [m/s] |
| Fa | 1.072 [-] |
| Fv | 1.016 [-] |
| TB | 0.095 [s] |
| TC | 0.286 [s] |
| SA(0) | 0.013 [g] |
| SA(TB) | 0.246 [g] |

La figura che segue rappresenta la funzione di trasferimento e cioè il rapporto di amplificazione in funzione della frequenza tra lo spettro del moto atteso in superficie e quello atteso al bedrock per i 5 terremoti (sismogrammi).

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

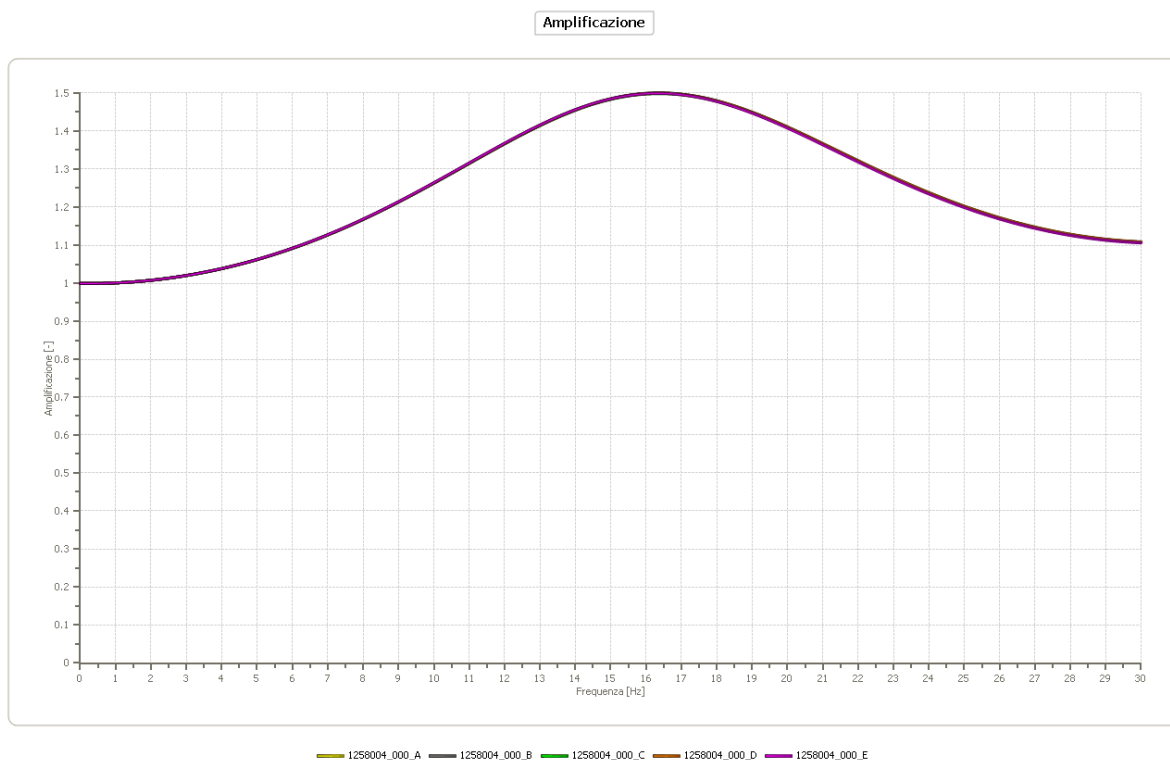


FIGURA 26: CURVA DI AMPLIFICAZIONE PER LO STATO LIMITE SLC

Di seguito si riportano gli spettri di risposta dell'oscillatore armonico "tipo" ad un grado di libertà, in funzione del periodo della struttura e per uno smorzamento del 5%, ottenuti a partire dagli accelerogrammi prescelti.

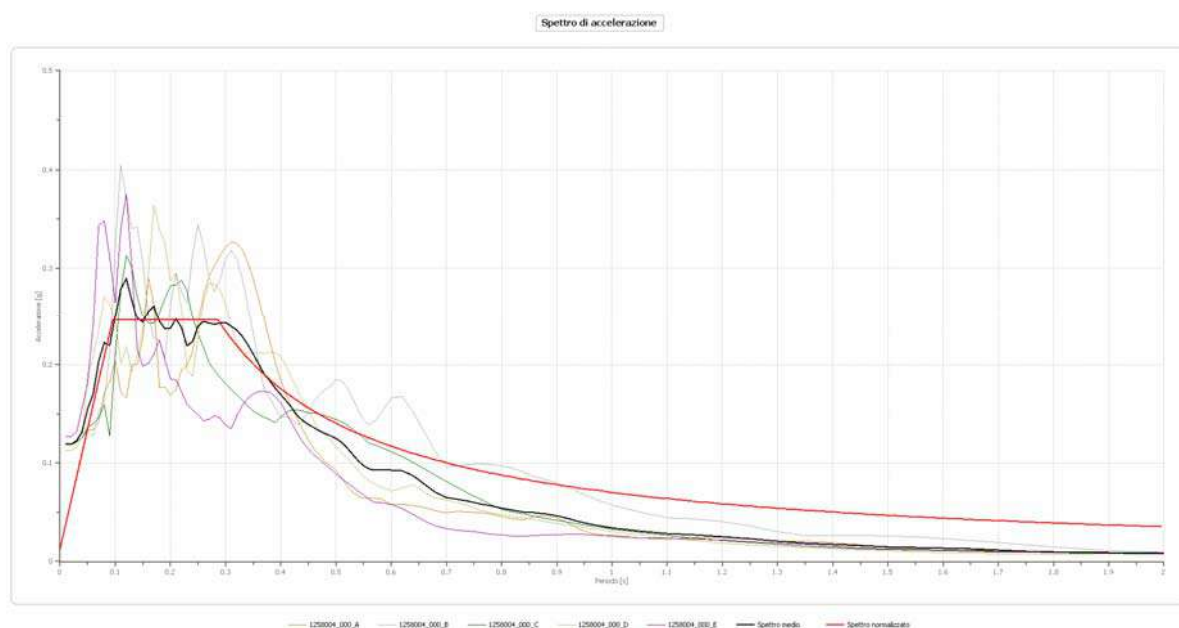


FIGURA 27: SPETTRO MEDIO (IN NERO) E NORMALIZZATO (IN ROSSO) RIFERITO ALLO STRATO 2 (CASO SLC)

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

Nella figura precedente sono riportati lo “spettro medio” (nero) e quello “normalizzato” (rosso) derivanti dai 5 accelerogrammi di input relativi allo stato limite di prevenzione del collasso SLC, calcolati nel Livello 2 (piano di imposta delle fondazioni). Nelle tabelle seguenti, lo spettro di risposta medio e lo spettro di risposta normalizzato vengono espletati anche in forma numerica:

| Periodo [s] | Acceleraz. [g] | Periodo [s] | Acceleraz. [g] | Periodo [s] | Acceleraz. [g] | Periodo [s] | Acceleraz. [g] | Periodo [s] | Acceleraz. [g] |
|----------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|
| 0.01 | 0.1193 | 0.33 | 0.2287 | 0.72 | 0.0630 | 1.90 | 0.0089 | 4.60 | 0.0017 |
| 0.02 | 0.1193 | 0.34 | 0.2206 | 0.74 | 0.0611 | 1.95 | 0.0086 | 4.70 | 0.0016 |
| 0.03 | 0.1227 | 0.35 | 0.2110 | 0.76 | 0.0588 | 2.00 | 0.0082 | 4.80 | 0.0015 |
| 0.04 | 0.1318 | 0.36 | 0.2005 | 0.78 | 0.0564 | 2.05 | 0.0080 | 4.90 | 0.0014 |
| 0.05 | 0.1551 | 0.37 | 0.1900 | 0.80 | 0.0541 | 2.10 | 0.0079 | 5.00 | 0.0014 |
| 0.06 | 0.1698 | 0.38 | 0.1838 | 0.82 | 0.0520 | 2.15 | 0.0079 | 5.10 | 0.0013 |
| 0.07 | 0.2039 | 0.39 | 0.1759 | 0.84 | 0.0504 | 2.20 | 0.0078 | 5.20 | 0.0013 |
| 0.08 | 0.2221 | 0.40 | 0.1694 | 0.86 | 0.0493 | 2.25 | 0.0078 | 5.40 | 0.0012 |
| 0.09 | 0.2198 | 0.41 | 0.1632 | 0.88 | 0.0482 | 2.30 | 0.0077 | 5.60 | 0.0011 |
| 0.10 | 0.2497 | 0.42 | 0.1561 | 0.90 | 0.0464 | 2.35 | 0.0077 | 5.80 | 0.0010 |
| 0.11 | 0.2790 | 0.43 | 0.1481 | 0.92 | 0.0438 | 2.40 | 0.0077 | 6.00 | 0.0010 |
| 0.12 | 0.2891 | 0.44 | 0.1429 | 0.94 | 0.0408 | 2.50 | 0.0078 | 6.20 | 0.0009 |
| 0.13 | 0.2674 | 0.45 | 0.1392 | 0.96 | 0.0383 | 2.60 | 0.0079 | 6.40 | 0.0008 |
| 0.14 | 0.2476 | 0.46 | 0.1358 | 0.98 | 0.0362 | 2.70 | 0.0078 | 6.60 | 0.0008 |
| 0.15 | 0.2437 | 0.47 | 0.1327 | 1.00 | 0.0344 | 2.80 | 0.0072 | 6.80 | 0.0007 |
| 0.16 | 0.2556 | 0.48 | 0.1303 | 1.05 | 0.0308 | 2.90 | 0.0065 | 7.00 | 0.0007 |
| 0.17 | 0.2616 | 0.49 | 0.1278 | 1.10 | 0.0283 | 3.00 | 0.0059 | 7.20 | 0.0007 |
| 0.18 | 0.2441 | 0.50 | 0.1253 | 1.15 | 0.0271 | 3.10 | 0.0053 | 7.40 | 0.0006 |
| 0.19 | 0.2366 | 0.51 | 0.1211 | 1.20 | 0.0254 | 3.20 | 0.0047 | 7.60 | 0.0006 |
| 0.20 | 0.2369 | 0.52 | 0.1155 | 1.25 | 0.0229 | 3.30 | 0.0042 | 7.80 | 0.0006 |
| 0.21 | 0.2465 | 0.53 | 0.1092 | 1.30 | 0.0206 | 3.40 | 0.0039 | 8.00 | 0.0006 |
| 0.22 | 0.2379 | 0.54 | 0.1028 | 1.35 | 0.0188 | 3.50 | 0.0035 | 8.50 | 0.0005 |
| 0.23 | 0.2190 | 0.55 | 0.0971 | 1.40 | 0.0176 | 3.60 | 0.0032 | 9.00 | 0.0004 |
| 0.24 | 0.2238 | 0.56 | 0.0938 | 1.45 | 0.0163 | 3.70 | 0.0030 | 9.50 | 0.0004 |
| 0.25 | 0.2392 | 0.57 | 0.0928 | 1.50 | 0.0151 | 3.80 | 0.0028 | 10.00 | 0.0004 |
| 0.26 | 0.2442 | 0.58 | 0.0930 | 1.55 | 0.0145 | 3.90 | 0.0026 | | |
| 0.27 | 0.2426 | 0.60 | 0.0930 | 1.60 | 0.0138 | 4.00 | 0.0024 | | |
| 0.28 | 0.2412 | 0.62 | 0.0920 | 1.65 | 0.0127 | 4.10 | 0.0023 | | |
| 0.29 | 0.2424 | 0.64 | 0.0868 | 1.70 | 0.0115 | 4.20 | 0.0022 | | |
| 0.30 | 0.2426 | 0.66 | 0.0784 | 1.75 | 0.0106 | 4.30 | 0.0020 | | |
| 0.31 | 0.2388 | 0.68 | 0.0702 | 1.80 | 0.0098 | 4.40 | 0.0019 | | |
| 0.32 | 0.2349 | 0.70 | 0.0649 | 1.85 | 0.0092 | 4.50 | 0.0018 | | |

TAB. XI: SPETTRO DI RISPOSTA NORMALIZZATO ESPLICITATO IN FORMA NUMERICA.

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

| Periodo [s] | Acceleraz. [g] | Periodo [s] | Acceleraz. [g] | Periodo [s] | Acceleraz. [g] | Periodo [s] | Acceleraz. [g] | Periodo [s] | Acceleraz. [g] |
|----------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|
| 0.01 | 0.0374 | 0.33 | 0.2128 | 0.72 | 0.0975 | 1.90 | 0.0370 | 4.60 | 0.0153 |
| 0.02 | 0.0618 | 0.34 | 0.2066 | 0.74 | 0.0949 | 1.95 | 0.0360 | 4.70 | 0.0149 |
| 0.03 | 0.0862 | 0.35 | 0.2007 | 0.76 | 0.0924 | 2.00 | 0.0351 | 4.80 | 0.0146 |
| 0.04 | 0.1106 | 0.36 | 0.1951 | 0.78 | 0.0900 | 2.05 | 0.0343 | 4.90 | 0.0143 |
| 0.05 | 0.1349 | 0.37 | 0.1898 | 0.80 | 0.0878 | 2.10 | 0.0334 | 5.00 | 0.0140 |
| 0.06 | 0.1593 | 0.38 | 0.1848 | 0.82 | 0.0856 | 2.15 | 0.0327 | 5.10 | 0.0138 |
| 0.07 | 0.1837 | 0.39 | 0.1801 | 0.84 | 0.0836 | 2.20 | 0.0319 | 5.20 | 0.0135 |
| 0.08 | 0.2081 | 0.40 | 0.1756 | 0.86 | 0.0817 | 2.25 | 0.0312 | 5.40 | 0.0130 |
| 0.09 | 0.2325 | 0.41 | 0.1713 | 0.88 | 0.0798 | 2.30 | 0.0305 | 5.60 | 0.0125 |
| 0.10 | 0.2455 | 0.42 | 0.1672 | 0.90 | 0.0780 | 2.35 | 0.0299 | 5.80 | 0.0121 |
| 0.11 | 0.2455 | 0.43 | 0.1633 | 0.92 | 0.0763 | 2.40 | 0.0293 | 6.00 | 0.0117 |
| 0.12 | 0.2455 | 0.44 | 0.1596 | 0.94 | 0.0747 | 2.50 | 0.0281 | 6.20 | 0.0113 |
| 0.13 | 0.2455 | 0.45 | 0.1561 | 0.96 | 0.0732 | 2.60 | 0.0270 | 6.40 | 0.0110 |
| 0.14 | 0.2455 | 0.46 | 0.1527 | 0.98 | 0.0717 | 2.70 | 0.0260 | 6.60 | 0.0106 |
| 0.15 | 0.2455 | 0.47 | 0.1494 | 1.00 | 0.0702 | 2.80 | 0.0251 | 6.80 | 0.0103 |
| 0.16 | 0.2455 | 0.48 | 0.1463 | 1.05 | 0.0669 | 2.90 | 0.0242 | 7.00 | 0.0100 |
| 0.17 | 0.2455 | 0.49 | 0.1433 | 1.10 | 0.0638 | 3.00 | 0.0234 | 7.20 | 0.0098 |
| 0.18 | 0.2455 | 0.50 | 0.1405 | 1.15 | 0.0611 | 3.10 | 0.0227 | 7.40 | 0.0095 |
| 0.19 | 0.2455 | 0.51 | 0.1377 | 1.20 | 0.0585 | 3.20 | 0.0219 | 7.60 | 0.0092 |
| 0.20 | 0.2455 | 0.52 | 0.1351 | 1.25 | 0.0562 | 3.30 | 0.0213 | 7.80 | 0.0090 |
| 0.21 | 0.2455 | 0.53 | 0.1325 | 1.30 | 0.0540 | 3.40 | 0.0207 | 8.00 | 0.0088 |
| 0.22 | 0.2455 | 0.54 | 0.1301 | 1.35 | 0.0520 | 3.50 | 0.0201 | 8.50 | 0.0083 |
| 0.23 | 0.2455 | 0.55 | 0.1277 | 1.40 | 0.0502 | 3.60 | 0.0195 | 9.00 | 0.0078 |
| 0.24 | 0.2455 | 0.56 | 0.1254 | 1.45 | 0.0484 | 3.70 | 0.0190 | 9.50 | 0.0074 |
| 0.25 | 0.2455 | 0.57 | 0.1232 | 1.50 | 0.0468 | 3.80 | 0.0185 | 10.00 | 0.0070 |
| 0.26 | 0.2455 | 0.58 | 0.1211 | 1.55 | 0.0453 | 3.90 | 0.0180 | | |
| 0.27 | 0.2455 | 0.60 | 0.1170 | 1.60 | 0.0439 | 4.00 | 0.0176 | | |
| 0.28 | 0.2455 | 0.62 | 0.1133 | 1.65 | 0.0426 | 4.10 | 0.0171 | | |
| 0.29 | 0.2422 | 0.64 | 0.1097 | 1.70 | 0.0413 | 4.20 | 0.0167 | | |
| 0.30 | 0.2341 | 0.66 | 0.1064 | 1.75 | 0.0401 | 4.30 | 0.0163 | | |
| 0.31 | 0.2265 | 0.68 | 0.1033 | 1.80 | 0.0390 | 4.40 | 0.0160 | | |
| 0.32 | 0.2195 | 0.70 | 0.1003 | 1.85 | 0.0380 | 4.50 | 0.0156 | | |

TAB. XII: SPETTRO DI RISPOSTA NORMALIZZATO ESPlicitato IN FORMA NUMERICA.

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

6.5.6 CONFRONTO CON SPETTRI DI NORMATIVA

Gli spettri normalizzati vengono infine confrontati con gli spettri proposti dalla normativa relativamente ai quattro stati limite esaminati:

Stato limite di operatività (SLO)
 Stato limite di danno (SLD);
 Stato limite di salvaguardia della Vita (SLV);
 Stato limite di prevenzione del collasso (SLC);

A tali stati limite sono stati attribuiti (Tabella 3.2.1 - NTC08) i valori della probabilità di superamento P_{vr} nel periodo di riferimento, pari rispettivamente a 81%, 63%, 10% e 5% cui corrispondono i seguenti periodi di ritorno anni 45, 75, 712, 1462.

| | PROBABILITÀ SUPERAMENTO | Tr (anni) | Ag (ag) | Fo (-) | Tc* (s) |
|---------------------------------------|----------------------------|--------------|------------|-----------|------------|
| OPERATIVITÀ (SLO) | 81 | 45 | 0.035 | 2.617 | 0.240 |
| DANNO (SLD) | 63 | 75 | 0.042 | 2.610 | 0.267 |
| SALVAGUARDIA DELLA VITA (SLV) | 10 | 712 | 0.092 | 2.605 | 0.310 |
| PREVENZIONE DAL COLLASSO (SLC) | 5 | 1462 | 0.115 | 2.633 | 0.317 |

Di seguito é riportato il confronto dello spettro di accelerazione risultante con lo spettro di normativa relativamente allo stato limite di operatività (SLO), per un periodo di ritorno pari a 45 anni (Probabilità di superamento 81%); Lo spettro di accelerazione normalizzato rappresentato in rosso mentre quello di normativa è verde

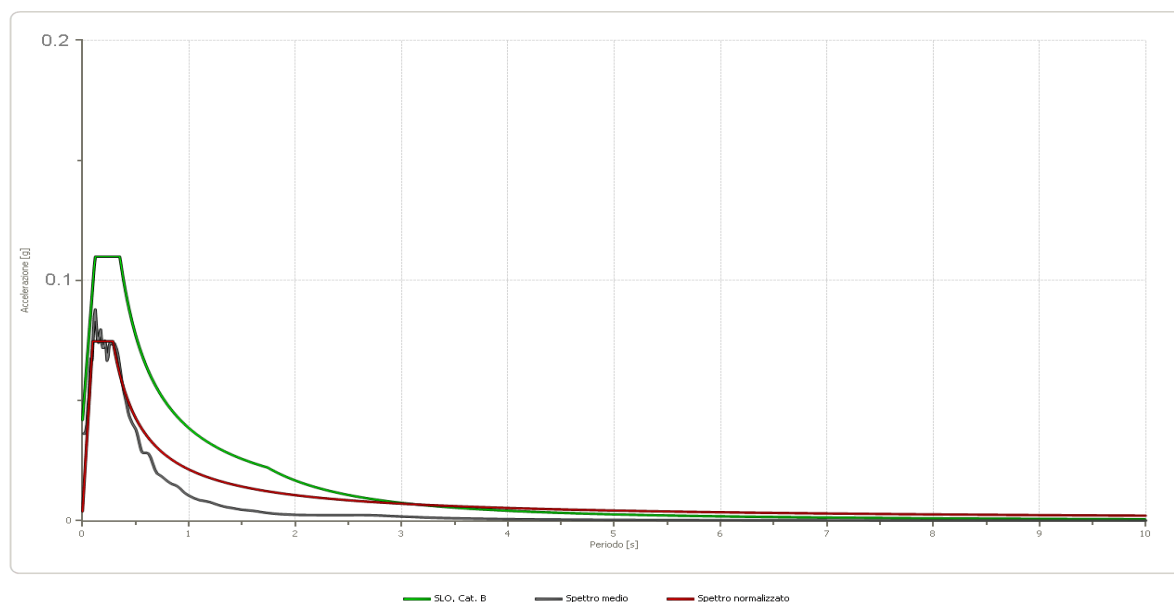


FIGURA 28: CONFRONTO FRA SPETTRO NORMALIZZATO, SPETTRO MEDIO E SPETTRO DI NORMATIVA RELATIVAMENTE ALLO STATO LIMITE DI OPERATIVITÀ (SLO)

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

Nel caso seguente é rappresentato il confronto dello spettro risultante con lo spettro di normativa relativamente allo stato limite di danno (SLD), per un periodo di ritorno pari a 75 anni (Probabilità di superamento 63%).

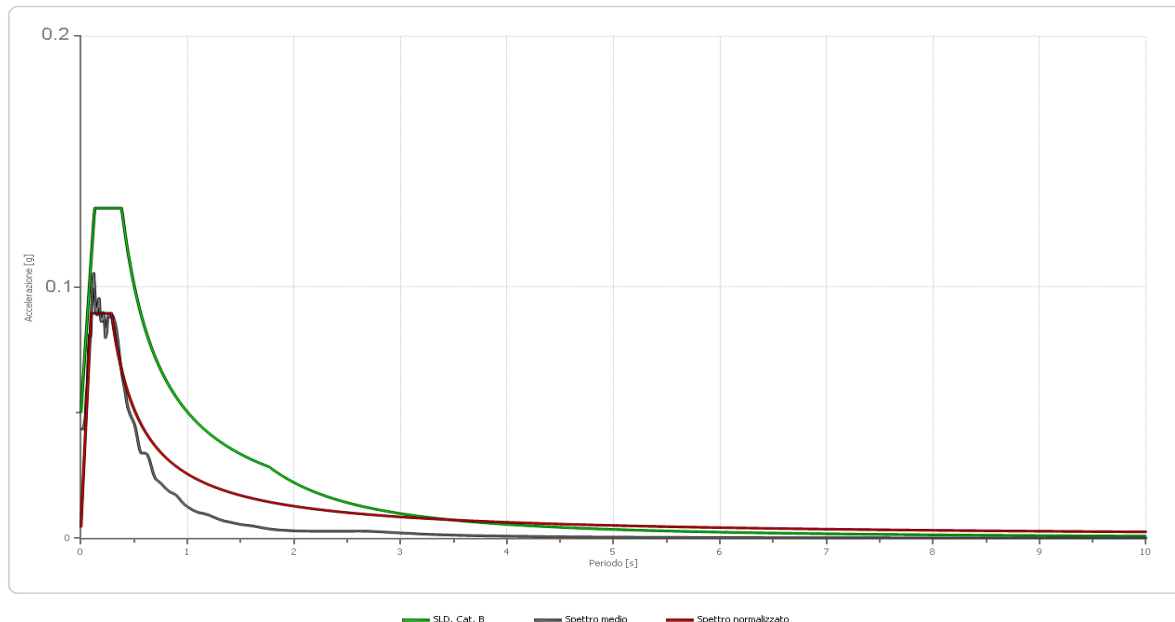


FIGURA 29: CONFRONTO FRA SPETTRO NORMALIZZATO, SPETTRO MEDIO E SPETTRO DI NORMATIVA RELATIVAMENTE ALLO STATO LIMITE DI DANNO (SLD)

Nel caso seguente é rappresentato il confronto dello spettro risultante con lo spettro di normativa relativamente allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV), per un periodo di ritorno pari a 712 anni (Probabilità di superamento 10%).

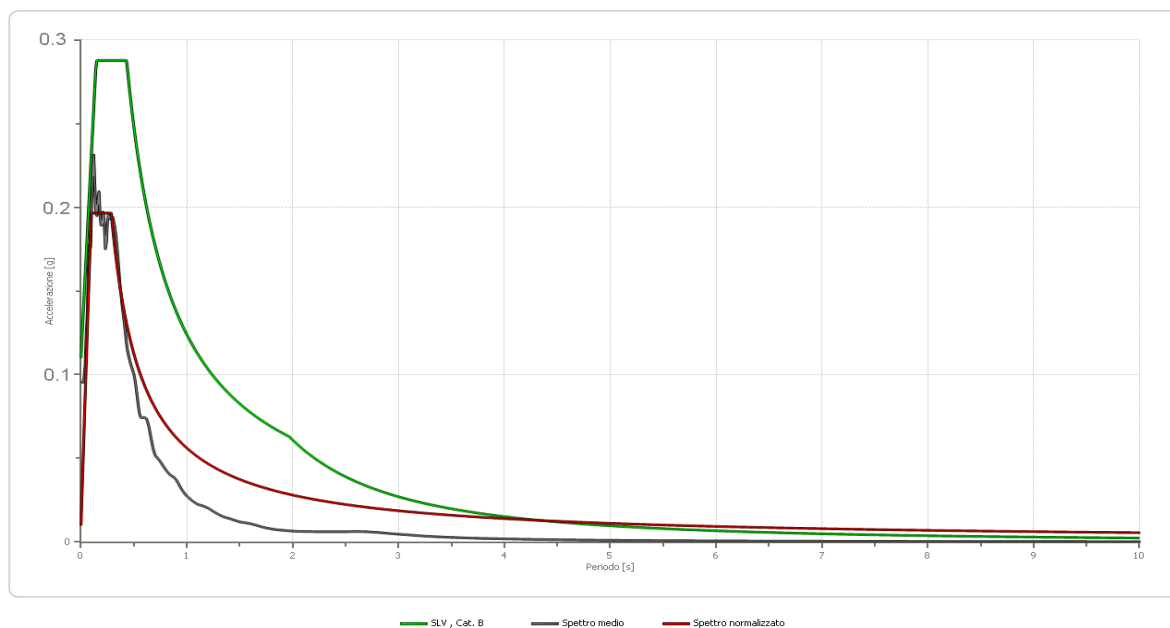


FIGURA 30: CONFRONTO CON SPETTRO DI NORMATIVA RELATIVAMENTE ALLO STATO LIMITE SLV

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

Nell'ultimo caso il confronto dello spettro risultante con lo spettro di normativa relativamente allo stato limite di prevenzione al collasso (SLC), per un periodo di ritorno pari a 1462 anni (Probabilità di superamento 5%).

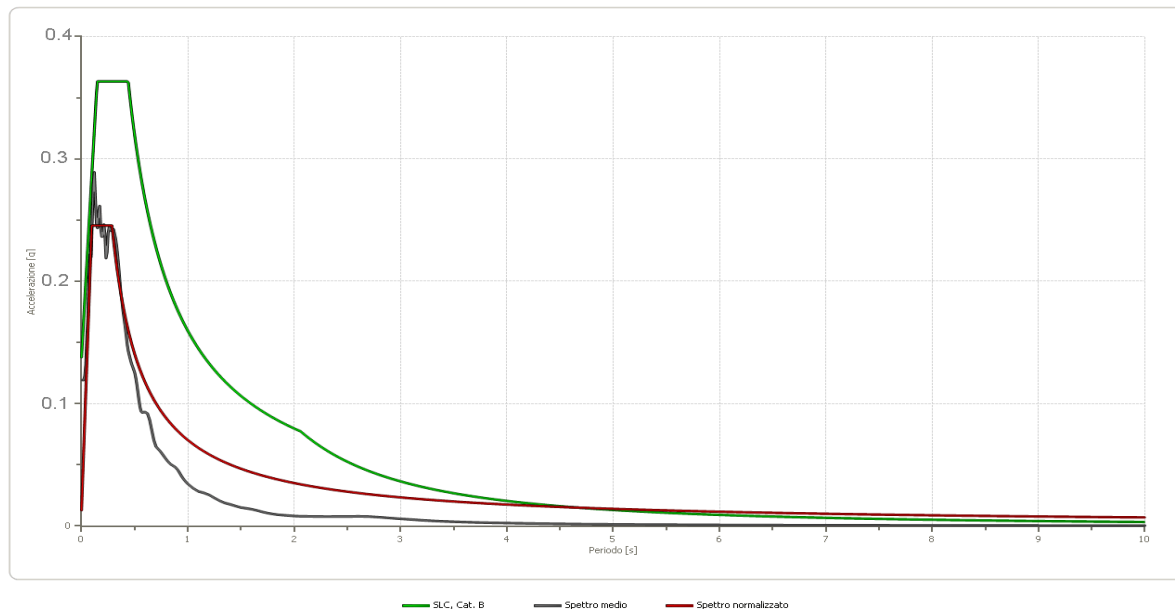


FIGURA 31: CONFRONTO CON SPETTRO DI NORMATIVA RELATIVAMENTE ALLO STATO LIMITE SLC

In ognuno dei quattro stati limite analizzati lo spettro normalizzato ottenuto è risultato inferiore a quello di normativa.

Nella tabella seguente pagina é riportata la tabella riepilogativa con indicati i dati di sintesi utilizzati per lo studio di risposta sismica locale ed i relativi dati finali di output.

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

| | | | | |
|--------------------------------|---|-------------|------------------------------|----------------------|
| | DATI UTILIZZATI PER LO STUDIO DI RSL | | | |
| COORD. GEO | Latitudine 42.156332(ED50) | | Longitudine 11.905699 (ED50) | |
| CLASSE D'EDIFICIO | Classe III – (Cu=1.5) | | | |
| VITA NOMINALE | Vn>=50 anni | | | |
| PERIODO DI RIF. AZIONE SISMICA | VR = Vn x Cu = 75 | | | |
| LIVELLO DI FALDA | >30 m da p.c. | | | |
| | DATI DERIVANTI DALLA PERICOLOSITA'SISMICA DI BASE (N.T.C. 08) | | | |
| | OPERATIVITÀ (SLO) | DANNO (SLD) | SALV. VITA (SLV) | PREV. COLLASSO (SLC) |
| TR [ANNI] | 45 | 75 | 712 | 1462 |
| AG [G] | 0.035 | 0.042 | 0.092 | 0.115 |
| F _o | 2.617 | 2.610 | 2.605 | 2.633 |
| Tc* [s] | 0.240 | 0.267 | 0.310 | 0.317 |
| Ss | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 |
| ST | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Cc | 1.46 | 1.43 | 1.39 | 1.38 |
| TB [s] | 0.117 | 0.127 | 0.144 | 0.146 |
| TC [s] | 0.351 | 0.382 | 0.431 | 0.439 |
| TD [s] | 1.740 | 1.768 | 1.968 | 2.060 |
| SE(0) [g] | 0.042 | 0.050 | 0.110 | 0.138 |
| SE(TB) [g] | 0.110 | 0.132 | 0.288 | 0.363 |
| | DATI DERIVANTI DALLO STUDIO DI RISPOSTA SISMICA LOCALE | | | |
| FA | 1.072 | 1.072 | 1.072 | 1.072 |
| Fv | 1.017 | 1.017 | 1.017 | 1.016 |
| SAMI [m/s²] | 0.684 | 0.821 | 1.798 | 2.248 |
| SVMI [m/s] | 0.033 | 0.039 | 0.086 | 0.108 |
| SAMO [m/s²] | 0.733 | 0.880 | 1.927 | 2.408 |
| SVMO [m/s] | 0.033 | 0.040 | 0.088 | 0.110 |
| TB [s] | 0.095 | 0.095 | 0.095 | 0.095 |
| TC [s] | 0.286 | 0.286 | 0.286 | 0.286 |
| SA(0) [g] | 0.004 | 0.005 | 0.010 | 0.013 |
| SA(TB) [g] | 0.075 | 0.090 | 0.196 | 0.246 |

TAB. XIII: TABELLA FINALE DI SINTESI

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

6.6 MISURE DI RUMORE AMBIENTALE CON STAZIONE FISSA (HVSR)

Durante la campagna d'indagini sono state eseguite due registrazioni HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) per l'applicazione del "METODO DEI RAPPORTI SPETTRALI" H/V.

La tecnica, diffusa da Nakamura (1989), consiste nella stima del rapporto fra lo spettro di ampiezza delle componenti orizzontali (H) e verticali (V) dei microtremori sismici ambientali registrati. Il calcolo del rapporto H/V segue queste fasi:

1. Registrazione del segnale ambientale nelle 3 componenti.
2. Scomposizione del segnale in finestre temporali, con l'obiettivo di isolare le parti della registrazione in cui il segnale risulta maggiormente stazionario ed eliminare i rumori transitori, o transienti.
3. Calcolo e smussamento dello spettro di ampiezza ricavato tramite la trasformata di Fourier per ognuna delle finestre selezionate su tutte e tre le componenti.
4. Combinazione, con un'operazione di media, delle due componenti orizzontali per ognuna delle finestre selezionate.
5. Calcolo del rapporto H/V per ogni finestra.
6. Calcolo della media dei rapporti H/V delle singole finestre, che rappresenterà la curva H/V definitiva.

Le registrazioni sono state effettuate con il tromografo digitale "TROMINO" dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati in senso N-S, E-W e verticalmente (figura 32).



FIGURA 32: SISMOGRAFO TRIASSIALE UTILIZZATO

Le registrazioni sono state effettuate nelle stazioni, indicativamente riportata in figura 33, denominate TR-1 e TR-2.

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO



FIGURA 33: UBICAZIONE PUNTI DI REGISTRAZIONE HVSR

I picchi di frequenza (F_0) registrati sono: TR-1= 3.34 ± 0.74 Hz e TR-2= 3.34 ± 0.65 Hz. Come si evince dalla seguente tabella, tali picchi indicano che il primo bedrock significativo è localizzato ad una profondità compresa tra 20 e 30 metri dal p.c. ($3 < F_0 < 5$ Hz).

| F_0 (Hz) | h (m) |
|------------|--------|
| <1 | >100 |
| 1-2 | 50-100 |
| 2-3 | 30-50 |
| 3-5 | 20-30 |
| 5-8 | 10-20 |
| 8-20 | 5-10 |
| >20 | <5 |

TAB. XIV: TABELLA COMPARATIVA FREQUENZA HZ – PROFONDITÀ DEL BEDROCK

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

7 CONCLUSIONI

Nell'ambito del progetto degli interventi di ripristino dell'agibilità statica dell'edificio della Scuola Elementare, su incarico del Comune di Allumiere, è stato effettuato il presente studio geologico delle aree circostanti il sedime scolastico.

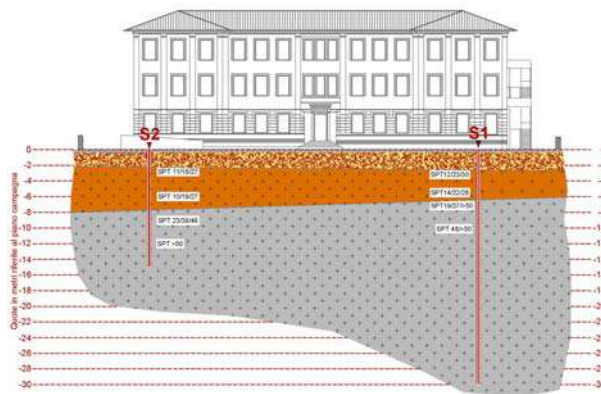
Secondo quanto indicato nel DGR 489 del 17/10/2012 (Mod. All. 2 della DGR Lazio n.387 del 22/05/2009) gli edifici scolastici di ogni ordine e grado, non inserite nei Piani di Emergenza di Protezione Civile, rientrano nella **Classe D'Uso III** tra le strutture civili "**Rilevanti**". Tale classe d'uso unitamente fatto che il Comune di Allumiere rientra nella Zona Sismica 3B definisce per le opere in progetto una CLASSE DI RISCHIO GEOLOGICO MEDIO.

L'indagine, appositamente eseguita, è consistita in n.2 sondaggi meccanici, n.4 prove geofisiche indirette (MASW), n.2 misure di rumore ambientale (Tromino), n.1 prova Down Hole. È stato inoltre eseguito lo Studio di risposta sismica locale.

Da un punto di vista litostratigrafico l'area in esame è caratterizzata dall'affioramento di litotipi vulcanici ascrivibili alla formazione vulcanica riolitico trachica estesamente affiorante nel comprensorio. Nello specifico si tratta di termini sabbiosi (sabbia grossa) limosi, talora debolmente argillosi con scheletro ghiaioso angolare.

Lo strato superficiale di spessore variabile attorno a 4.0 m, si presenta piuttosto alterato per ossidazione, ben addensato e di colore marrone rossastro. Procedendo verso il basso il grado di alterazione si riduce significativamente, la colorazione assume tonalità grigie ed il grado di addensamento diviene " molto addensato" a tratti cementato.

Localmente questi litotipi sono coperti da una coltre di materiali di riporto di natura analoga a quella dei litotipi sottostanti. Da un punto di vista granulometrico, seppur eterogenei ed eterometrici sono assimilabili a sabbia grossolana con limo. Lo schema stratigrafico è schematicamente rappresentato nella sezione geologica.



RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

La caratterizzazione fisico meccanica é stata effettuata per mezzo di prove in situ, tipo SPT ed analisi di laboratorio geotecnico eseguite su un campione appositamente prelevato. Nella seguente tabella si riporta uno schema riassuntivo dei parametri estesamente riportati nel capitolo 5.

| LIVELLI | DESCRIZIONE | SPESSORE | ANGOLO D'ATTRITO | COESIONE | PESO SPECIFICO |
|---------|------------------|----------|-------------------|----------|-------------------------|
| 1 | RIPORTI | ~2.6 m | - | - | - |
| 2 | RIOLITI ALTERATE | ~4.0m | $\gamma=33^\circ$ | - | 18.95 kN/m ³ |
| 3 | RIOLITI | >30 m | $\gamma=40^\circ$ | - | 19 kN/m ³ |

La caratterizzazione sismica é stata effettuata per mezzo di quattro prove MASW ed una prova Down Hole. il valore delle velocità sismiche ottenuti con le due diverse metodologie (DH e MASW) risultano in accordo tra loro: e sono: DH: $V_{s30} = 573.58$ m/s, PROVE MASW: $V_{s30} = 514,09$ m/s (MASW1); 502,71 m/s (MASW2), 501,35 m/s (MASW3); 505,55 m/s (MASW4).

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, secondo quanto indicato nelle Norme tecniche per la costruzione in zona sismica, tali terreni possono pertanto essere attribuiti alla **Classe B** - *Rocce tenere 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 (V_s 360-800 m/s).*

Per quanto concerne il "COEFFICIENTE TOPOGRAFICO" i cui valori sono indicati nella Tabella 3.2 VI si considera idoneo per l'area in esame un valore di **$S_T=1.0$** (Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione $i < 15^\circ$).

Per quanto riguarda la suscettibilità alla liquefazione, Secondo l'art. 7.11.3.4.2 del Testo Unico D.M. Infrastrutture 14/01/2008 (Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni) "La verifica a liquefazione può essere omessa in quanto la falda idrica é posta ad una profondità >di 15 m dal p.c. ed inoltre le accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) sono minori di 0,1g.

Per quanto riguarda lo studio di Risposta Sismica di Locale, il cui scopo principale é quello di prevedere come e quanto il movimento dello strato superficiale

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

sia influenzato dal movimento del bedrock in profondità, é stato estesamente analizzato nei paragrafi 6.4 e 6.5.

Da esso si é evinto, tra l'altro, che in ognuno dei quattro stati limite analizzati (SLO - Stato limite di operatività, SLD - Stato limite di danno, SLV - Stato limite di salvaguardia della vita, SLC Stato limite di collasso) lo spettro normalizzato ottenuto è risultato inferiore a quello di normativa.

Civitavecchia 29/05/2015

Dott. geol. Dario Tinti

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

ALLEGATO 1

**DIAGRAMMI STRATIGRAFICI
SONDAGGI MECCANICI**

SONDAGGIO N°

VIA TRAIANA, 64
00053 CIVITAVECCHIA (Roma)
Tel./Fax 0766-546249

ACQUA
TERRITORIO
AMBIENTE

LOCALITA': VIA GIUSEPPE GARIBALDI

PROGETTO: RIPRISTINO AGIBILITA' SCUOLA ELEMENTARE

S2

DATA

INIZIO: 19 MAGGIO 2015
FINE: 19 MAGGIO 2015

SUPERVISORE: DOTT. GEOL. DARIO TINTI

Pagina 1 di 1

PROF. FALDA: >30 m

QUOTA: ~ 481 m s.l.m.

PROFONDITA' FONDALE (m):

COORDINATE GEOGRAFICHE WGS84 | **SONDA:**

11° 54' 16,4" E

SONDA:

SOIL SYSTEM TR 900 SE[illegible]

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

ALLEGATO 2

**INDAGINE SISMICA
RELAZIONE DOWN-HOLE**



COMUNE DI ALLUMIERE

(PROVINCIA DI ROMA)

INTERVENTI DI RIPRISTINO DELL'AGIBILITÀ STATICA DELL'EDIFICIO
DELLA SCUOLA ELEMENTARE DEL CAPOLUOGO

RAPPORTO DI PROVA DOWN-HOLE

INDICE

PREMESSE

1. UBICAZIONE
2. INQUADRAMENTO SISMICO REGIONALE
3. SISMICA IN FORO - PROVA DOWN HOLE
 - 3.1 METODO DOWN HOLE
 - 3.2 STRUMENTO PER L'ACQUISIZIONE DEI DATI
 - 3.3 ANALISI DEI DATI
4. CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI IN TERMINI DI VS30
 - 5.1 DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI ELASTICI
5. CONCLUSIONI

ALLEGATI

ALLEGATO 1: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

PREMESSE

Lo studio "GTS STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA TRA TINTI E SCIUTO", al fine di completare un'indagine geofisica a supporto del progetto esecutivo degli interventi di ripristino dell'agibilità statica dell'edificio della scuola elementare di Allumiere (RM), ha eseguito una prova Down-Hole spintasi fino alla profondità di 30 metri dal p.c..

Dall'interpretazione dei dati sono state calcolate le velocità V_p e V_s , i moduli elastici dinamici (E e G), il coefficiente di Poisson ed infine il profilo verticale delle V_s e V_p , la V_{s30} e la categoria di sottosuolo definita attraverso la stratigrafia.

1. UBICAZIONE

La scuola in esame è situata nel Comune di Allumiere in Via Giuseppe Garibaldi.

In relazione alla Carta d'Italia alla scala di 1:25.000, l'area rientra nella TAVOLETTA 142 II N.E. "TOLFA" e nella SEZIONE n.363030 "Allumiere" della CTR alla scala di 1:10.000. Le coordinate geografiche di un punto interno sono:

LATITUDINE: 42° 09' 19.03" N LONGITUDINE: 11° 54' 16.99" E



FIGURA 1 : UBICAZIONE PROVA SU IMMAGINE SATELLITARE (FONTE BING MAPS)

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

2. INQUADRAMENTO SISMICO REGIONALE

Studi riguardanti la distribuzione delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani (Stucchi et al. 2007 – disponibile on-line <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04>) indicano, per il Comune di Allumiere, come eventi sismici che hanno avuto un grande risentimento, quelli riportati nello schema di seguito allegato:

| EARTHQUAKE OCCURRED: | | | | | |
|----------------------|------------------|-------------------------|-----|-----|------|
| Is | Anno Me Gi Or | Area epicentrale | Np | Ix | Mw |
| NF | 1898 06 27 23 38 | RIETI | 186 | 8 | 5.48 |
| 6 | 1969 07 02 07 55 | TOLFRA | 72 | 7 | 5.08 |
| 4 | 1971 02 06 18 09 | TUSCANIA | 89 | 8-9 | 4.90 |
| 3 | 1997 09 26 09 40 | APPENNINO UMBRO – MARC. | 869 | 9 | 6.05 |

TABELLA. 1: STORIA SISMICA DI ALLUMIERE – EVENTI PRINCIPALI

Il rischio sismico per la zona di Allumiere e per la Regione Lazio, in genere, è modesto, ma non trascurabile, poiché a fronte di una sismicità, registrata dalle reti sismiche nazionali, caratterizzata da scosse frequenti ma di bassa intensità, il territorio presenta una vulnerabilità degli edifici esistenti ed un valore esposto (densità di popolazione, patrimonio storico-monumentale, ecc) molto elevati.

Non va dimenticato che i terremoti con epicentro nell'Appennino centrale, in particolare in Umbria e Abruzzo, vengono fortemente avvertiti in tutto il territorio laziale provocando, storicamente, effetti classificabili fino all'VI÷VII grado della Scala Mercalli.

I dati di pericolosità sismica prodotti da INGV (MPS04 e successive integrazioni prodotte nell'ambito del progetto INGV-DPC S1, disponibili sui siti web <http://zonesismiche.mi.ingv.it/> e <http://esse1.mi.ingv.it/>) hanno fornito una prima risposta, che ha avuto un riconoscimento ufficiale nell'Ordinanza PCM 3519/06 aventi per oggetto i "Criteri per l'individuazione delle zone sismiche e la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".

Come si evince dalla Carta della Classificazione Sismica (Delibera di Giunta Regione Lazio n. 387 del 22.05.2009) allegata a pagina seguente, l'area in esame rientra nella categoria sismica 3B.

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

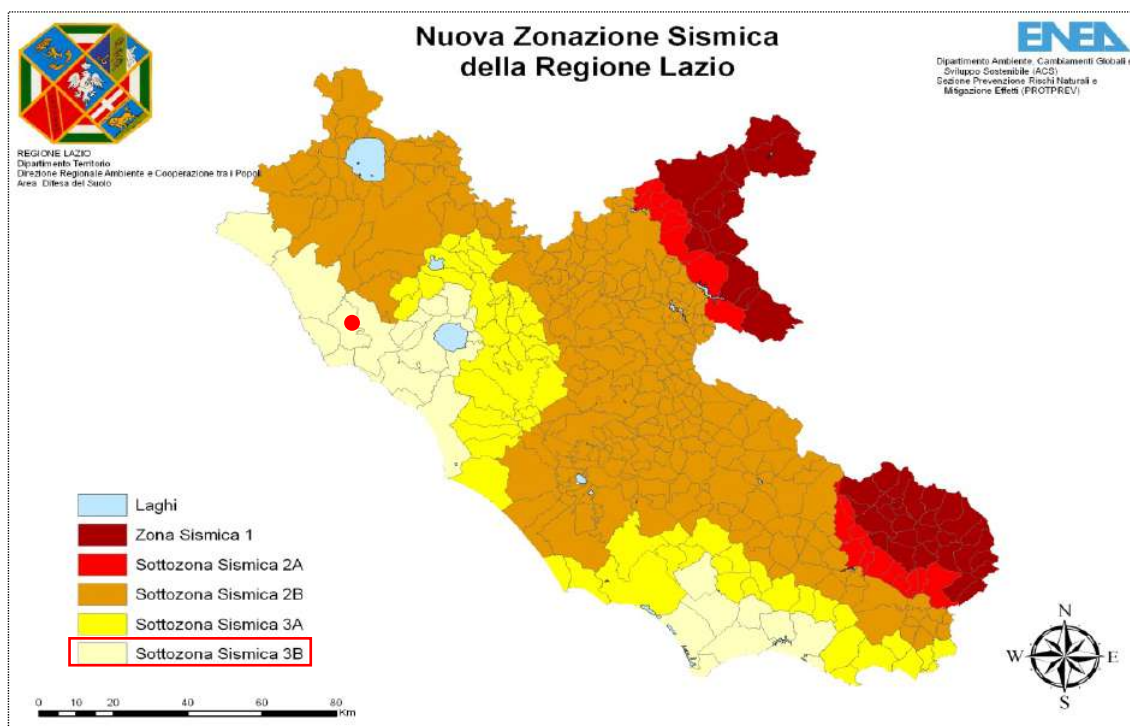


FIGURA 2 : ZONAZIONE SISMICA DELLA REGIONE LAZIO CON DETTAGLIO SULLA CLASSE D'APPARTENENZA.

Dalla Carta dei Valori di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale, di cui si allega uno stralcio, si osserva che l'accelerazione orizzontale massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli rigidi è compresa nell'intervallo 0.075- 0. 100 g.

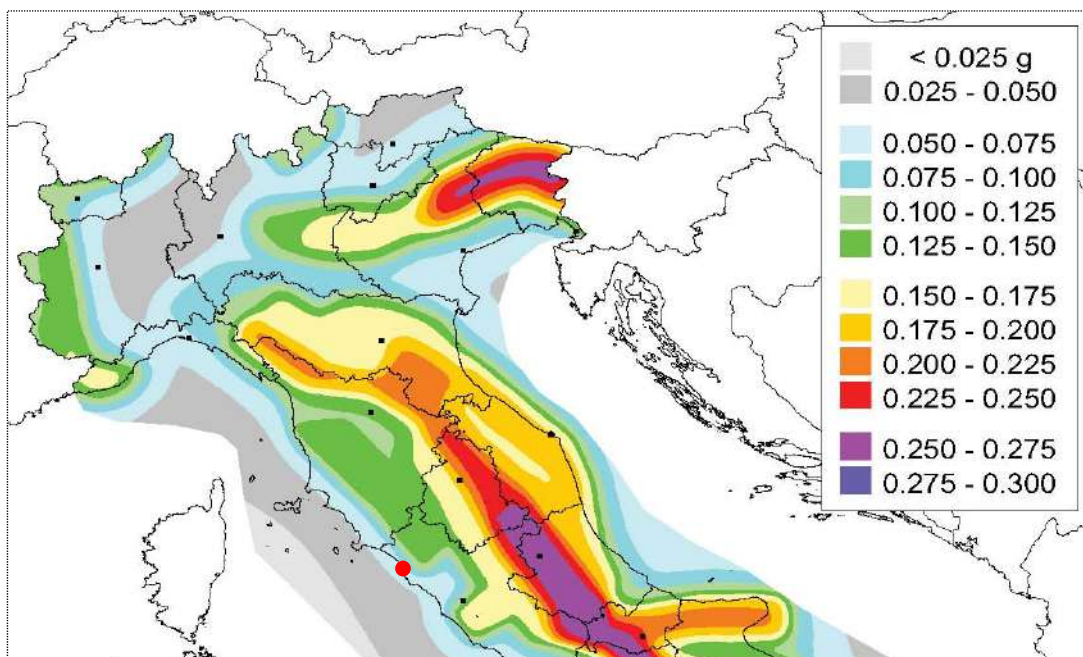


FIGURA 3 : CARTA DEI VALORI DI PERICOLOSITÀ SISMICA DEL TERRITORIO NAZIONALE.

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICOAI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

3. SISMICA IN FORO – PROVA DOWNHOLE

L'esecuzione di una prova DOWN-HOLE prevede una sorgente energizzante in superficie e dei sensori all'interno di un foro di sondaggio opportunamente predisposto; la predisposizione del foro consiste nella messa in posto, al termine del sondaggio meccanico, di un rivestimento permanente del diametro interno $\varnothing=80$ mm generalmente costituito da tubi in PVC.

Al fine di garantire la corretta ricezione del segnale sismico, l'intercapedine tra la tubazione ed il terreno viene cementata con una boiaccia di cemento e bentonite iniettata dal basso verso l'alto per mezzo di cannette in PVC ($\varnothing=1/2$ pollice).

I sensori che si utilizzano sono assemblati in modo da essere calati ed ancorati a profondità crescenti; energizzando in superficie e misurando i tempi di arrivo del primo impulso ai geofoni, si ha la possibilità di determinare la velocità verticale dei litotipi incontrati durante la perforazione.

Il fronte d'onda ed il relativo raggio sismico non determinano fenomeni di rifrazione per un angolo di incidenza normale alle superfici di discontinuità elastica. Ciò consente di ottenere le velocità dell'onda diretta senza le limitazioni della sismica a rifrazione per la quale è invece indispensabile che la velocità di propagazione aumenti con la profondità. Eventuali inversioni di velocità all'interno dei terreni indagati non costituiscono pertanto elemento d'incertezza nelle fasi d'interpretazione.

In genere viene mantenuta una certa distanza tra la sorgente sismica e la boccaforo; tale accortezza, oltre alle esigenze logistiche è necessaria al fine di evitare il propagarsi dell'onda lungo il materiale di condizionamento del foro stesso.

L'analisi dei dati acquisiti in campo permette la stima delle velocità delle onde P ed S, lungo la verticale del foro e quindi il calcolo dei moduli elastici in regime dinamico, (Modulo di Young e Modulo di Taglio) e del coefficiente di Poisson.

L'interpretazione dei dati avviene calcolando le velocità medie delle onde longitudinali e trasversali tra il punto di energizzazione posto in superficie ed il punto di registrazione posizionato di volta in volta a profondità crescente.

A fine di ottenere la migliore approssimazione dei dati acquisiti alle reali caratteristiche elastiche dei terreni, viene eseguito il computo delle "velocità intervallari", che si ottengono dividendo la distanza tra due posizioni geofoniche successive ed il relativo di intervallo di tempo.

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

3.1 STRUMENTO PER L'ACQUISIZIONE DEI DATI

La prova Down-Hole é stata eseguita con un sistema digitale multicanale, di produzione SARA ELECTRONIC INSTRUMENTS (figura 4).



FIGURA 4 - SISTEMA SISMICO DIGITALE MULTICANALE SARA ELECTRONIC INSTRUMENTS

Come trasduttore delle onde sismiche è stato impiegato il SENSORE SS-BH 5C (SARA ELECTRONIC INSTRUMENTS), consistente in un geofono quinquassiale a 4,5 Hz, montato su un dispositivo stagno di calata con bloccaggio elettrico (figura 5).



FIGURA 5 – SENSORE SISMICO QUINQUIASSIALE DA FORO SS-BH 5C

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICOAI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

L'energizzazione viene effettuata per mezzo di una massa battente dal peso di 8 kg che percuote una piattella metallica posta sul terreno; tale percussione genera la produzione delle onde "P".

Di seguito, la percussione avviene su di una trave in legno sormontata dall'avantreno di un automezzo e permette la produzione di onde "S".

Nel caso specifico ambo i sistemi sono stati posti ad una distanza di 1.2 m dalla boccaforo (figura 6).



FIGURA 6 – SISTEMA DI ENERGIZZAZIONE DELLE ONDE DI TAGLIO

3.2 MODALITA' DI ACQUISIZIONE

Una volta verificato che il foro sia completamente libero, misurata la profondità del sondaggio e del livello di falda, è stato posizionato il geofono nel foro alla profondità di 1 m dal p.c.; il geofono è stato quindi bloccato alle pareti del foro e sono state eseguite le battute orizzontali (destre e sinistre) e le battute verticali.

Successivamente è stato sbloccato il geofono e fatto avanzare fino a 2 m dal p.c. (passo 1m) e così via per le successive acquisizioni fino a fondoforo secondo lo schema riportato in figura 7.

L'acquisizione dati è stata effettuata per mezzo del software dedicato DoReMi di produzione SARA ELECTRONIC INSTRUMENTS.

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

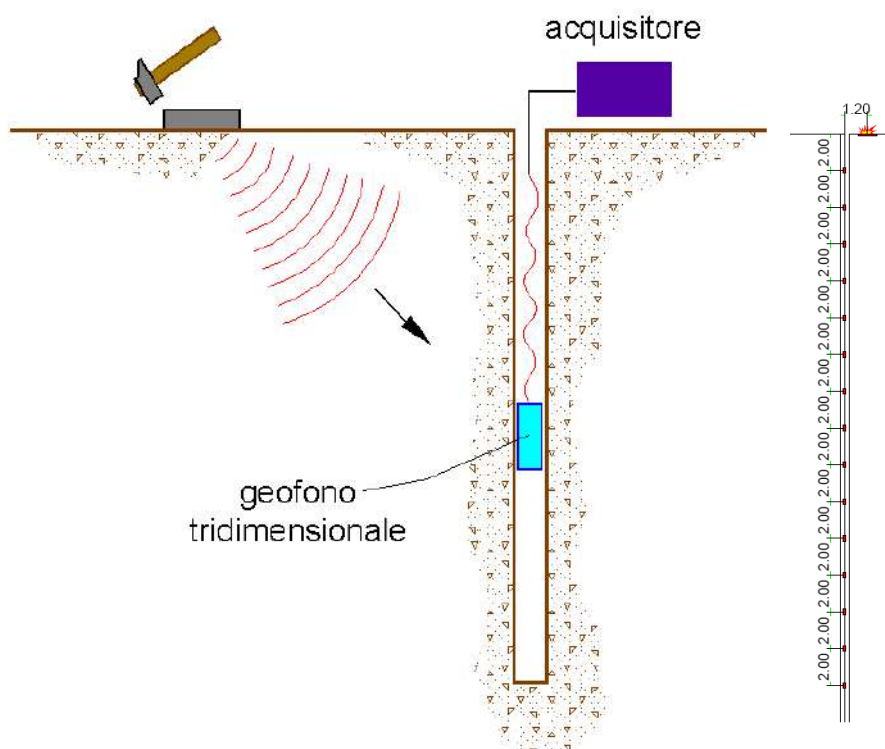


FIGURA 7– SCHEMA DOWN-HOLE

Le impostazioni dei parametri di acquisizione inseriti nel software prima dell'acquisizione sono:

- Durata d'acquisizione del segnale = 1 sec
- Gain = $0.5 \mu\text{V}/\text{digit}$
- Frequenza di campionamento = 2000 Hz

3.3 ANALISI DEI DATI

I sismogrammi acquisiti e registrati su hard disk sono stati analizzati per l'acquisizione dei tempi di arrivo delle onde longitudinali (P) e trasversali (S).

I tempi dell'onda P e S sono stati "normalizzati" rispetto alla verticale del foro mediante calcoli trigonometrici che tengono conto della distanza del punto di energizzazione rispetto alla quota del geofono nel foro di sondaggio.

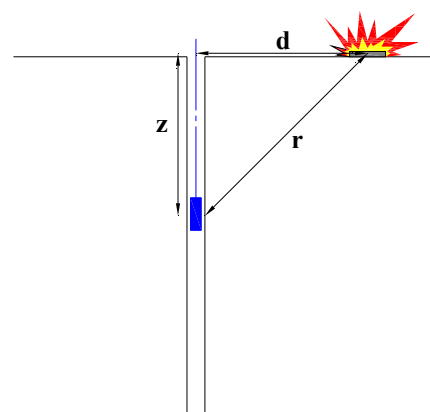


FIGURA 8– SCHEMA DI MISURA

L'elaborazione finale é stata effettuata con il software dedicato "Geostru – DownHole" che ha prodotto i risultati presentati alla fine dell'elaborato.

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

4. CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI IN TERMINI DI VS30

La caratterizzazione del terreno, da un punto di vista sismico e dinamico, richiede la conoscenza del profilo di velocità delle onde di taglio Vs dei singoli strati di terreno presenti fino alla profondità di almeno 30 m dal piano campagna.

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio Vs nei primi 30 m di profondità è possibile determinare una velocità equivalente Vs30 rappresentativa del sito in esame e di conseguenza di classificare il suolo in accordo con la vigente normativa italiana ed europea Eurocodice 8.

Il calcolo viene sviluppato utilizzando la stratigrafia Vs e la seguente formula:

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

dove **h_i** e **V_i** indicano rispettivamente lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio dello strato i-esimo per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori.

| Classificazione del tipo di suolo secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni - NTC 14/01/2008 | | |
|---|---|------------|
| Suolo | Descrizione geotecnica | Vs30 (m/s) |
| A | Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3m | >800 |
| B | Rocce tenere 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 | 360÷800 |
| 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 | 180÷360 |
| D | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | <180 |
| E | Terreni dei sottosuoli tipo C e D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs>800 m/s) | |
| S1 | Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs30 inferiori a 100 m/s 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 argille altamente organiche | <100 |
| S2 | Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti | |

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

4.1 DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI ELASTICI

La liberazione istantanea di energia nel terreno genera un sistema di onde sismiche tra cui quelle di volume (body waves), distinte in onde di compressione o onde prime e in onde di taglio o onde seconde. Nel complesso, le onde sismiche creano sollecitazioni e di conseguenti deformazioni nel mezzo attraversato, che generalmente ricadono nel campo elastico del diagramma sforzi/deformazioni.

Le onde di compressione sono deformazioni che si propagano in linea retta, con un'alternanza continua di compressioni e dilatazioni della materia lungo il percorso di propagazione, le onde di taglio diversamente dalle prime sono deformazioni che si propagano nella stessa direzione delle precedenti, ma con un'oscillazione delle particelle ortogonale alla direzione di propagazione della perturbazione.

La velocità di propagazione delle onde sismiche dipende dalle costanti elastiche e dalla densità del mezzo attraversato, pertanto risulterà variabile in funzione delle caratteristiche geomeccaniche e fisiche del terreno interessato.

In uno stesso tipo di materiale si propagano più velocemente le onde di compressione (onde prime) rispetto alle onde di taglio (onde seconde).

I valori di velocità di propagazione delle onde longitudinali e trasversali tra terreni e rocce variano notevolmente anche in funzione della stato fisico e meccanico dei mezzi; nella seguente tabella é schematicamente riportato l'intervallo dei valori comunemente rilevati in terreni e rocce oltreché acqua e aria.

| MATERIALE | V_p (m/s) | V_s (m/s) |
|------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Acqua | 1480 - 1520 | - |
| Terreni sciolti | 200 - 2000 | 100 - 600 |
| Rocce | 2000 - 5000 | 500 - 3000 |
| Aria | 344 | - |

Uno degli obiettivi principali delle indagini geofisiche in foro è quello di ricavare i parametri elasto-meccanici utili a caratterizzare i terreni quali il coefficiente di Poisson (ν), il Modulo di Young (E) ed il modulo di Taglio (G). Tali parametri si ricavano a partire dalle velocità delle onde longitudinali (P) e trasversali (S) misurate durante le acquisizioni ed attraverso l'utilizzo di complesse formule matematiche.

La propagazione delle onde sismiche provoca tensioni e deformazioni di modestissima entità nei terreni e nelle rocce; per questo possono essere

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

considerate, in prima approssimazione, materiali omogenei isotropi ed elastici ai quali è applicabile quindi la legge di Hooke (proporzionalità tra lo sforzo applicato (σ) e la deformazione prodotta (ε):

$$\sigma = \varepsilon \cdot E$$

La costante E, definita come rapporto tra sollecitazione e conseguente deformazione longitudinale, rappresenta il modulo elastico (o di Young) del materiale.

Il modulo di Young ha le dimensioni di una pressione ed è molto variabile, anche il modulo di elasticità tangenziale (taglio) G ha le dimensioni di una pressione ed è definito come il rapporto tra la sollecitazione ortogonale (trasversale o di taglio) e la deformazione.

Il Coefficiente di Poisson (ν) è un numero adimensionale ed è senza dubbio il parametro che consente la più rapida valutazione della qualità meccanica dei litotipi investigati: a parità di litologia un aumento o una diminuzione del modulo “ ν ” indica rispettivamente un peggioramento o un miglioramento delle qualità geomeccaniche.

Tra i fattori che influenzano la velocità di propagazione delle onde longitudinali e trasversali, e quindi il valore del coefficiente di Poisson, vanno ricordati la fratturazione, la presenza di fluidi, la porosità, la facies mineralogica e petrografica, il carico litostatico e l'età geologica.

Il modulo (o rapporto) di Poisson (ν) è il rapporto tra le velocità delle onde di compressione e quelle di taglio ed ha valori compresi da 0 a 0,5.

Si sottolinea che in campo dinamico si parla di modulo elastico dinamico (e non statico), ricavandosi tale modulo da prove dinamiche (o sismiche) e che i parametri ricavati hanno in genere valori superiori a quelli ottenuti da prove statiche di laboratorio, proprio per il diverso campo di sollecitazione applicata e la diversa deformazione raggiunta.

La tabella seguente indica per questi parametri l'intervallo di valori comunemente associati ai materiali.

| MATERIALE | (E) MPa | (G) MPa | POISSON |
|---------------------------|------------------------|------------|-------------|
| ROCCE COMPATTE | 6 - 11x10 ⁴ | > 1000 | 0.15 – 0.25 |
| ROCCE TENERE O FRATTURATE | 4 - 6 x10 ⁴ | 500 – 1000 | 0.25 – 0.35 |
| TERRENI SCIOLTI | 4x10 ⁴ < | 500 < | > 0,35 |

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

5. CONCLUSIONI

La prova Downhole (DH-S1) ha permesso la caratterizzazione sismostratigrafica dei terreni attraversati dal sondaggio S1 (Lat. 42°09'18.46"N - Long.11°54'16.94"E) fino alla profondità di 30 m dal p.c..

Le singole acquisizioni sismiche, contenenti ognuna le registrazioni della profondità e del tipo di onda relative, sono state convertite ed inserite nel programma d'elaborazione (*Geostru – DownHole*). Una volta ottenuti i sismogrammi Vs e Vp è stato effettuato il riconoscimento dei primi arrivi delle 2 fasi (onde P ed S).

A seguito della correzione per l'offset (distanza tra punto di energizzazione e asse del foro = 1.2 m), tali tempi sono stati utilizzati per il calcolo delle velocità di propagazione delle onde elastiche in funzione della profondità.

Il tipo di calcolo da utilizzare per il risultato finale può essere scelto tra il “metodo diretto”, che permette di ricostruire la sismostratigrafia locale a partire dall'individuazione dei punti “di ginocchio” sull'andamento delle domocrone, oppure con il “metodo intervallo”, che permette l'identificazione dei sismostrati a partire dall'analisi dei profili Vp e Vs. Ottenuti graficamente i sismostrati si ricava la densità media, funzione della velocità e della profondità, ed i seguenti parametri:

$$1) \text{ Coefficiente di Poisson medio: } \nu_{\text{medio}} = 0.5 \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 1}$$

2) Modulo di deformazione a taglio medio:

$$G_{\text{medio}} = \rho V_s^2$$

3) Modulo di compressibilità edometrica medio:

$$Ed_{\text{medio}} = \rho V_p^2$$

4) Modulo di Young medio:

$$E_{\text{medio}} = 2\rho V_s^2 (1 + \nu)$$

5) Modulo di compressibilità volumetrica medio:

$$Ev_{\text{medio}} = \rho \left(V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2 \right)$$

I risultati ottenuti sono esplicitati analiticamente nelle tabelle riassuntive di seguito riportate e negli allegati grafici (figure 7÷9):

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

| TABELLA 1 - DATI SPERIMENTALI | | | Distanza dell'energizzazione dal sondaggio (m): 1.2 | | | |
|-------------------------------|----------------|-----------------------|---|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Registrazione Nr. | Profondità (m) | Distanza sorgente (m) | Tempi di arrivo P (msec) | Tempi di arrivo P corretti (msec) | Tempi di arrivo S (msec) | Tempi di arrivo S corretti (msec) |
| 1 | 1 | 1,5621 | 0,77 | 0,4929 | 3,50 | 2,2406 |
| 2 | 2 | 2,3324 | 1,20 | 1,0290 | 6,00 | 5,1450 |
| 3 | 3 | 3,2311 | 1,65 | 1,5320 | 8 | 7,4278 |
| 4 | 4 | 4,1761 | 2,08 | 1,9923 | 9,7 | 9,2909 |
| 5 | 5 | 5,142 | 2,5 | 2,4310 | 12,7 | 12,3493 |
| 6 | 6 | 6,1188 | 2,98 | 2,9221 | 14,6 | 14,3165 |
| 7 | 7 | 7,1021 | 3,55 | 3,4990 | 16,8 | 16,5585 |
| 8 | 8 | 8,0895 | 4,00 | 3,9557 | 18,8 | 18,5920 |
| 9 | 9 | 9,0796 | 4,40 | 4,3614 | 20,5 | 20,3202 |
| 10 | 10 | 10,0717 | 4,80 | 4,7658 | 22,5 | 22,3397 |
| 11 | 11 | 11,0653 | 5,20 | 5,1693 | 23,7 | 23,5602 |
| 12 | 12 | 12,0599 | 5,60 | 5,5722 | 25 | 24,8759 |
| 13 | 13 | 13,0553 | 6,05 | 6,0244 | 26,7 | 26,5870 |
| 14 | 14 | 14,0513 | 6,4 | 6,3766 | 28 | 27,8977 |
| 15 | 15 | 15,0479 | 6,80 | 6,7783 | 30,5 | 30,4029 |
| 16 | 16 | 16,0449 | 7,2 | 7,1798 | 32 | 31,9104 |
| 17 | 17 | 17,0423 | 7,6 | 7,5811 | 33,4 | 33,3171 |
| 18 | 18 | 18,04 | 8 | 7,9823 | 35,1 | 35,0223 |
| 19 | 19 | 19,0379 | 8,4 | 8,3833 | 36,8 | 36,7268 |
| 20 | 20 | 20,036 | 8,90 | 8,8840 | 38,1 | 38,0316 |
| 21 | 21 | 21,0343 | 9,20 | 9,1850 | 39 | 38,9365 |
| 22 | 22 | 22,0327 | 9,6 | 9,5858 | 41 | 40,9391 |
| 23 | 23 | 23,0313 | 10 | 9,9864 | 43 | 42,9416 |
| 24 | 24 | 24,03 | 10,50 | 10,4869 | 44,8 | 44,7441 |
| 25 | 25 | 25,0288 | 11,00 | 10,9874 | 45,8 | 45,7473 |
| 26 | 26 | 26,0277 | 11,4 | 11,3879 | 47,8 | 47,7492 |
| 27 | 27 | 27,0267 | 11,85 | 11,8383 | 49,8 | 49,7509 |
| 28 | 28 | 28,0257 | 12,28 | 12,2687 | 51,1 | 51,0531 |
| 29 | 29 | 29,0248 | 12,75 | 12,7391 | 53,8 | 53,7540 |
| 30 | 30 | 30,024 | 13,10 | 13,0895 | 55,4 | 55,3557 |

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

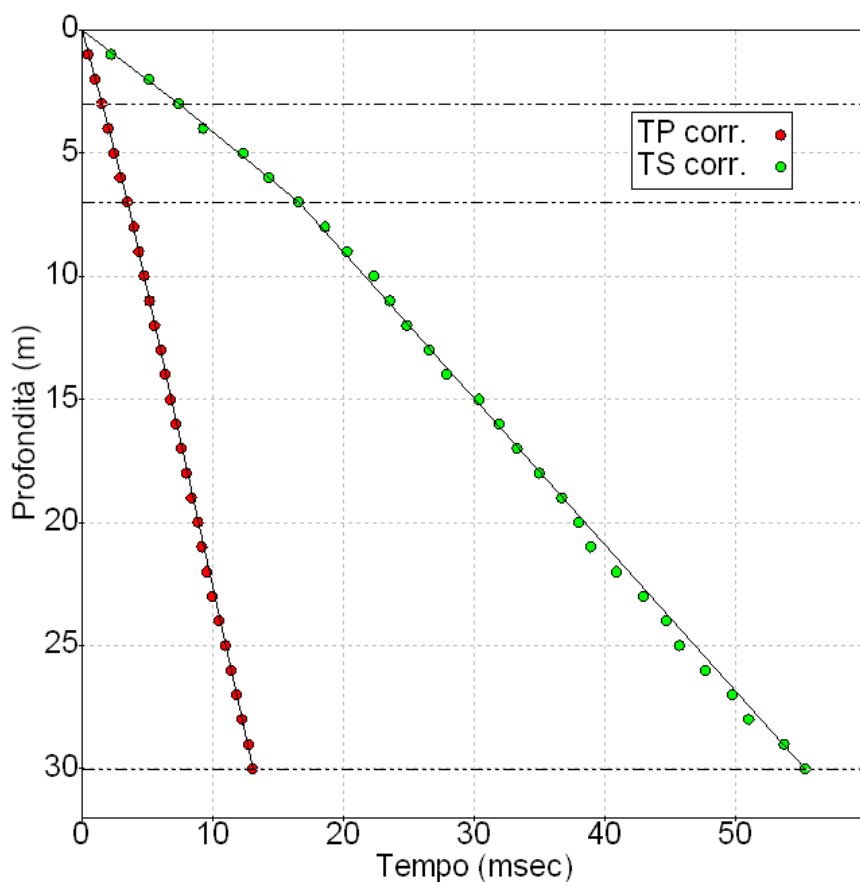
TABELLA 2 – STRATIGRAFIA

| Livello | Descrizione (-) | Profondità (m) |
|----------------|---|---------------------------|
| 1 | Terreni di riporto sabbioso - limosi | 3 |
| 2 | Sabbie con limo di origine vulcanica addensate | 7 |
| 3 | Sabbie con limo di origine vulcanica da addensate a cementate | 30 |

TABELLA 3 – RISULTATI

| | Vp medio (m/s) | Vs medio (m/s) | g medio (kN/mc) | ν medio | G medio (MPa) | Ed medio (MPa) | E medio (MPa) | Ev medio (MPa) |
|---|---------------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| 1 | 1960,73 | 409,56 | 22,31 | 0,48 | 388,44 | 8773,42 | 1146,91 | 8255,51 |
| 2 | 2055,40 | 454,52 | 21,34 | 0,47 | 468,40 | 9277,92 | 1376,36 | 8653,38 |
| 3 | 2431,46 | 635,75 | 21,56 | 0,46 | 981,60 | 13244,12 | 2831,61 | 11935,32 |

Dove: **Vp**= VELOCITÀ ONDE P, **Vs**= VELOCITÀ ONDE S, **g** = PESO DI VOLUME, **ν** = COEFFICIENTE DI POISSON, **G**= MODULO DI DEFORMAZIONE AL TAGLIO, **Ed** = MODULO DI COMPRESSIBILITÀ EDOMETRICA, **E**= MODULO DI YOUNG, **Ev**= MODULO DI COMPRESSIBILITÀ VOLUMETRICA.

**FIGURA 7: GRAFICO TEMPO/PROFONDITÀ - DROMOCRONE**

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

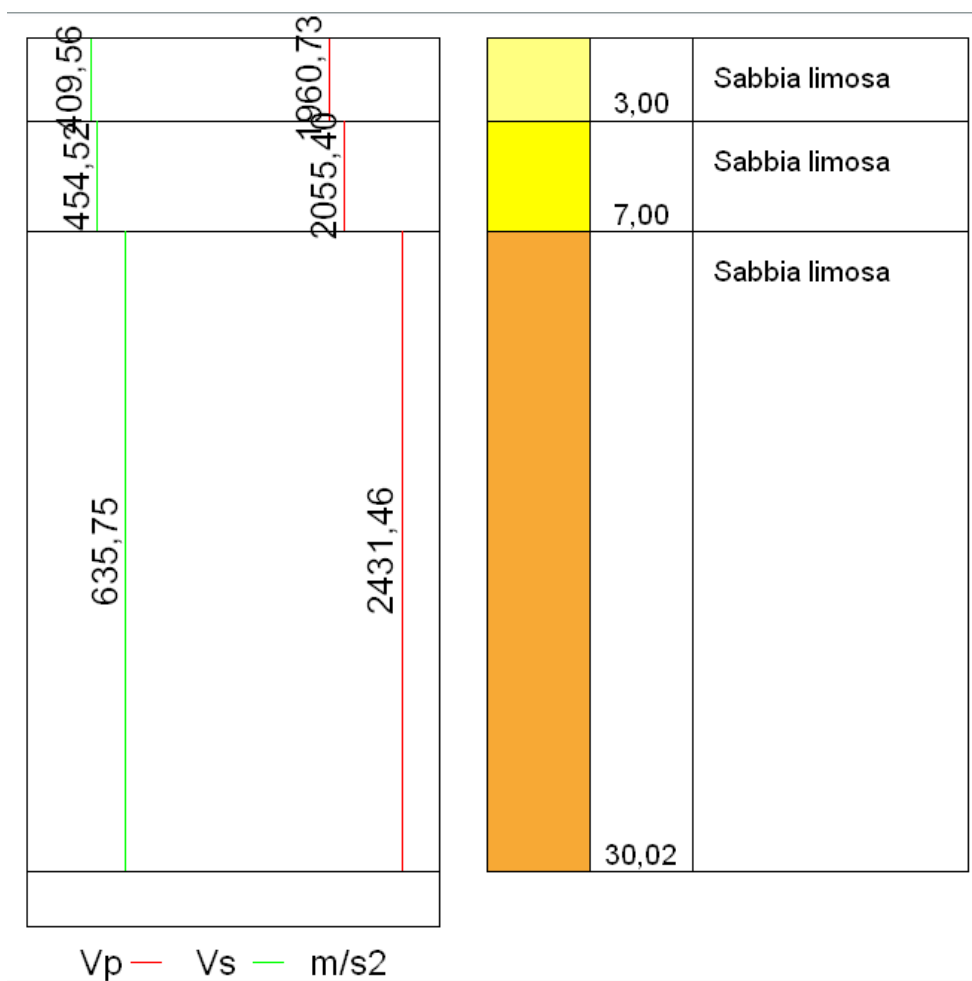


FIGURA 8: GRAFICO VP-Vs/PROFONDITÀ – LITOLOGIA

Applicando a questa stratigrafia sismica la formula della V_{s30} si ottiene una velocità di **573,58 m/s** e per cui il terreno, secondo quanto indicato nelle Normative tecniche per la costruzione in zona sismica ([Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14.01.2008](#)), può essere attribuito alla **CLASSE B**.

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

ALLEGATO 1

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PROVA SISMICA DOWNHOLE (DH-S1)

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO



FOTO 1: UBICAZIONE PANORAMICA DELLA PROVA DOWNHOLE



FOTO 2: INSTALLAZIONE GEOFONO DA FORO PROVA DOWNHOLE

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO



FOTO 3: ENERGIZZAZIONE ONDE P - PROVA DOWNHOLE



FOTO 4: ENERGIZZAZIONE ONDE S - PROVA DOWNHOLE

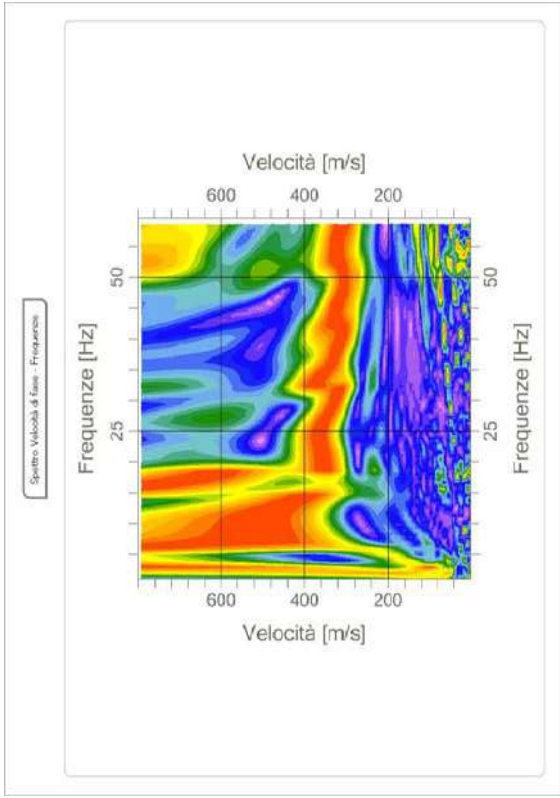
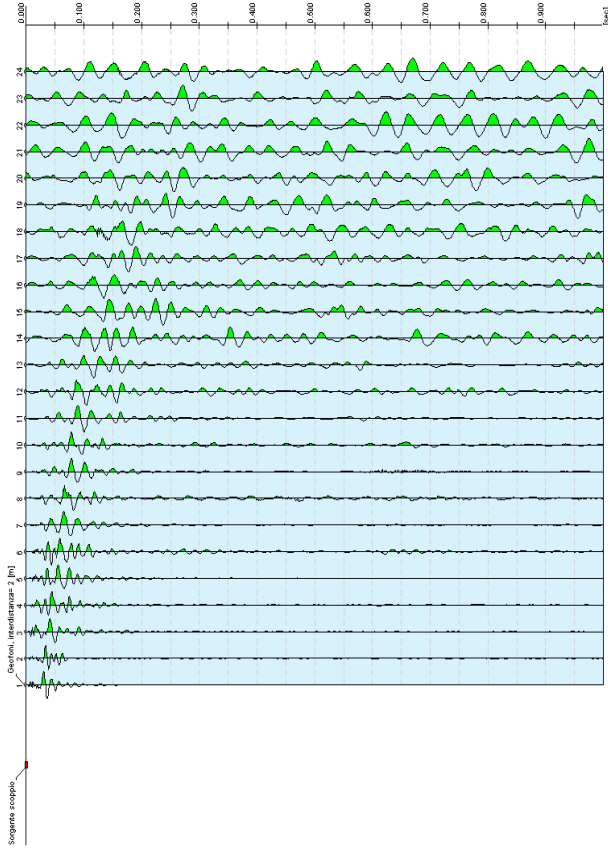
RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

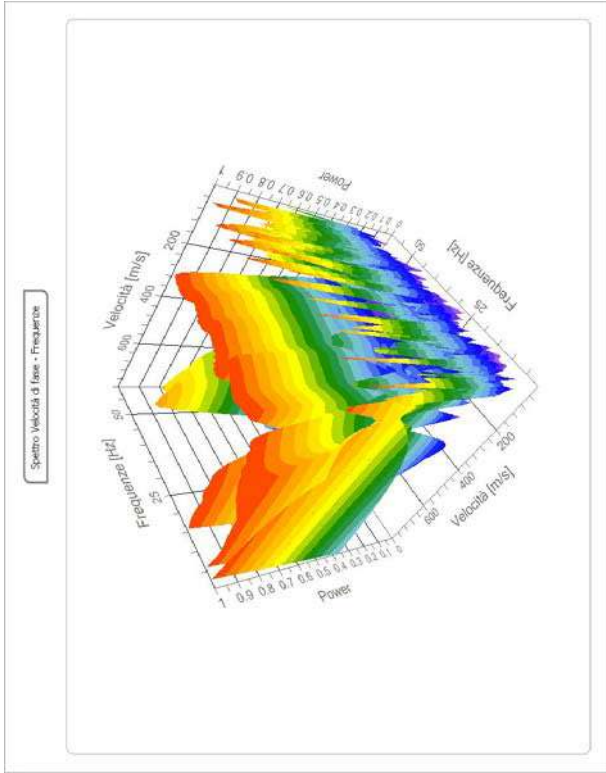
ALLEGATO 3

**INDAGINE SISMICA
ELABORATI GRAFICI MASW**

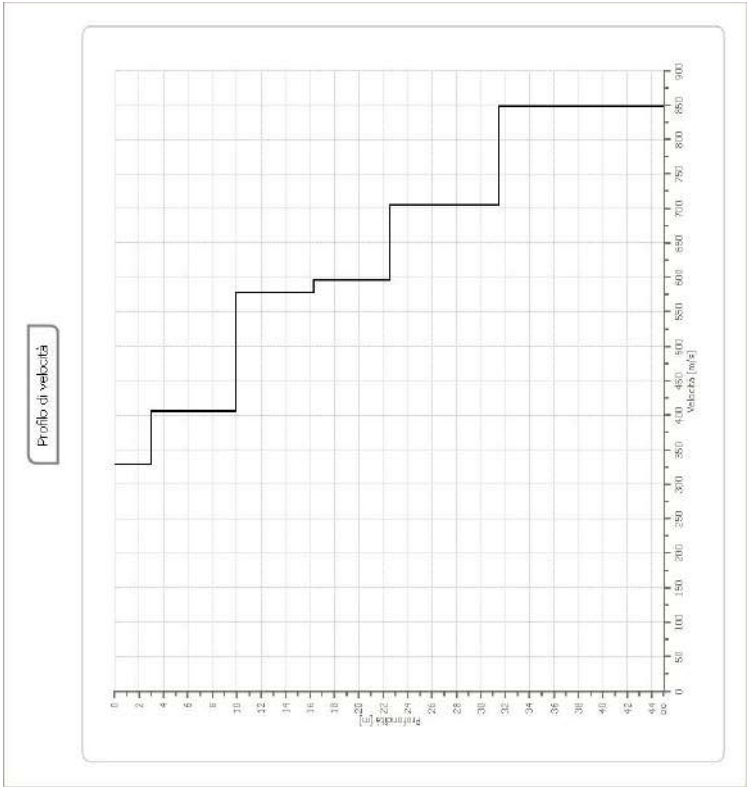
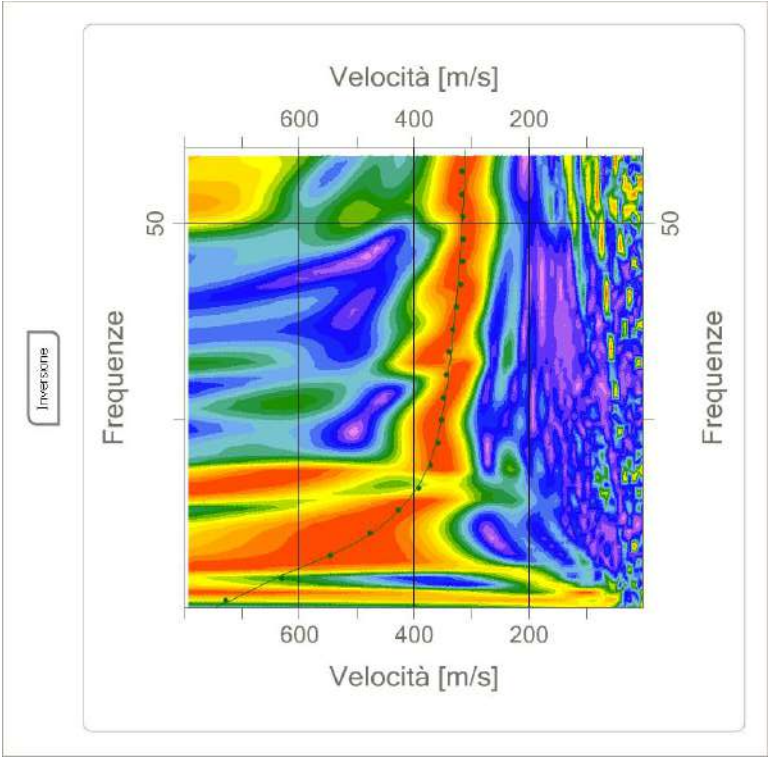
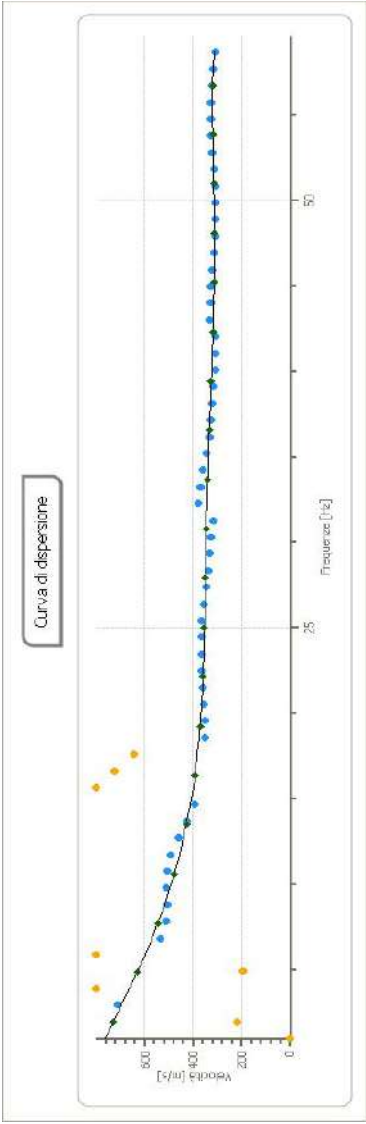
| | | |
|----------------------------------|---|---------------------------|
| Committente: COMUNE DI ALLUMIERE | | MASW1 |
| Progetto: | RIPRISTINO DELL'AGIBILITÀ STATICA DELL'EDIFICIO DELLA SCUOLA ELEMENTARE | |
| Località: | VIA ROMA – COMUNE DI ALLUMIERE | |
| Data: | 21 MAGGIO 2015 | |
| Vs30 in superficie = 514,09 m/s | | CLASSE "B" NTC 14/01/2008 |



Documentazione fotografica



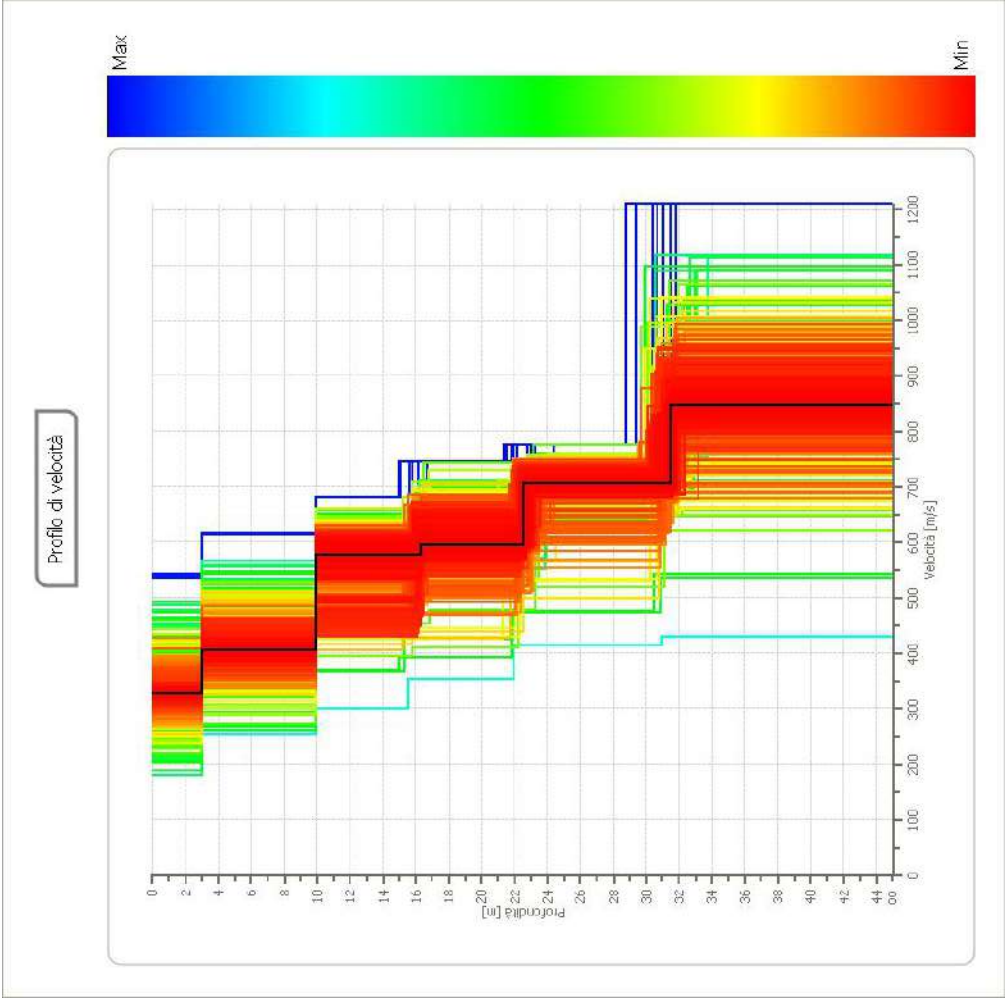
| | | |
|----------------------------------|---|---------------------------|
| Committente: COMUNE DI ALLUMIERE | | MASW1 |
| Progetto: | RIPRISTINO DELL'AGIBILITÀ STATICA DELL'EDIFICIO DELLA SCUOLA ELEMENTARE | |
| Località: | VIA ROMA – COMUNE DI ALLUMIERE | |
| Data: | 21 MAGGIO 2015 | |
| | | CLASSE "B" NTC 14/01/2008 |



Inversione:

| N. | PROFONDITÀ [m] | SPESSORE [m] | VP [M/SEC] | Vs [M/SEC] |
|----|----------------|--------------|------------|------------|
| 1 | 3.00 | 3.00 | 535.7 | 328.1 |
| 2 | 10.00 | 7.00 | 662.6 | 405.7 |
| 3 | 16.34 | 6.34 | 944.1 | 578.1 |
| 4 | 22.60 | 6.27 | 973.6 | 596.2 |
| 5 | 31.50 | 8.90 | 1151.8 | 705.3 |
| 6 | ∞ | ∞ | 1385.9 | 848.7 |

| | | |
|----------------------------------|---|--|
| Committente: COMUNE DI ALLUMIERE | | MASW1 |
| Progetto: | RIPRISTINO DELL'AGIBILITÀ STATICA DELL'EDIFICIO DELLA SCUOLA ELEMENTARE | |
| Località: | VIA ROMA – COMUNE DI ALLUMIERE | |
| Data: | 21 MAGGIO 2015 | |
| | | Vs30 in superficie = 514,09 m/s |
| | | CLASSE "B" NTC 14/01/2008 |

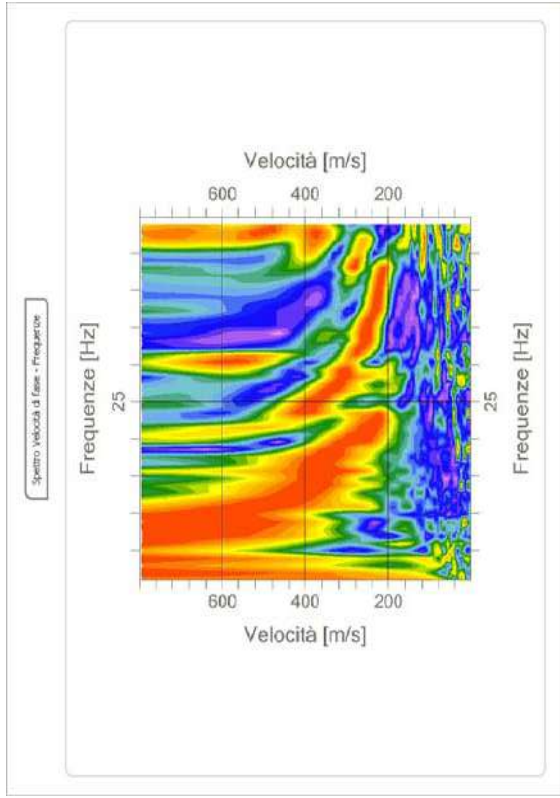
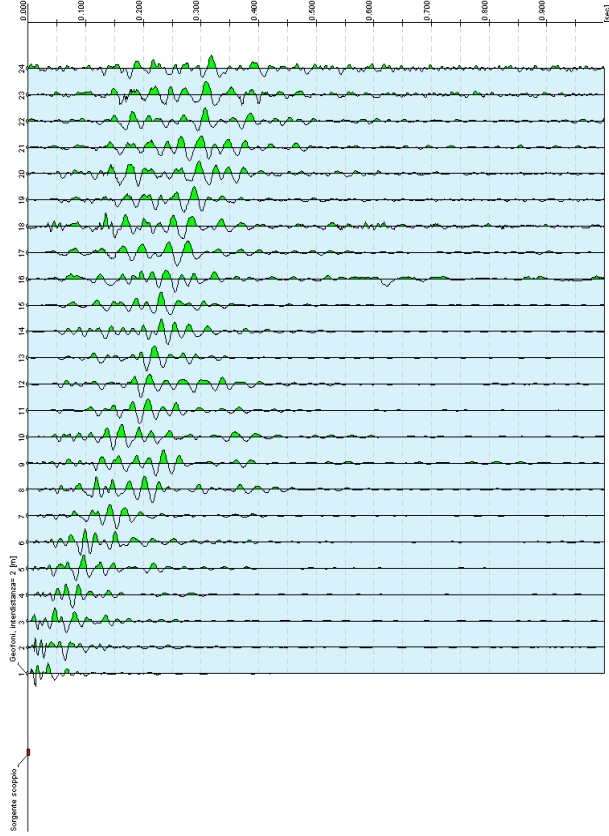


Risultati MASW1

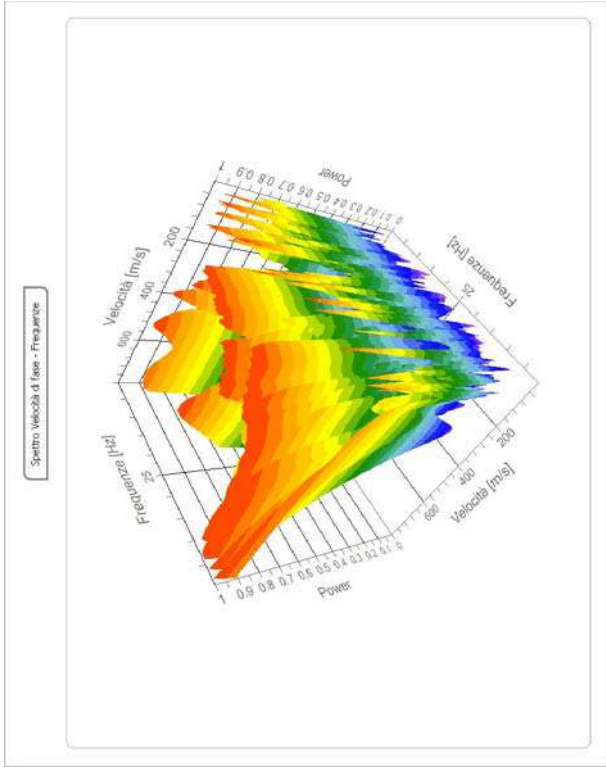
| | |
|------------------------------|------------|
| Profondità piano di posa [m] | 0,00 |
| Vs30 [m/sec] | 514,09 m/s |
| Categoria del suolo | B |

Suolo di tipo B: Rocce tenere 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 e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

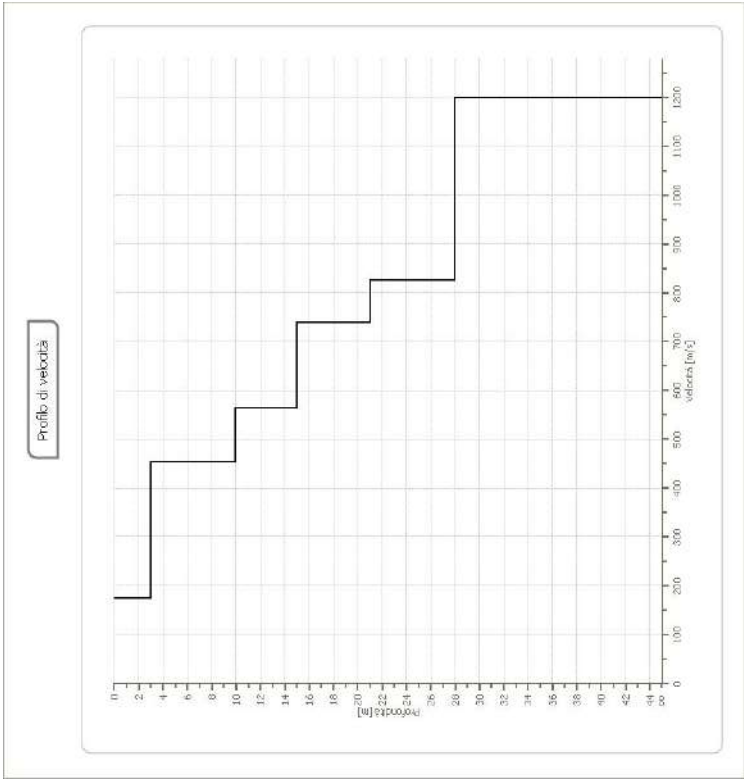
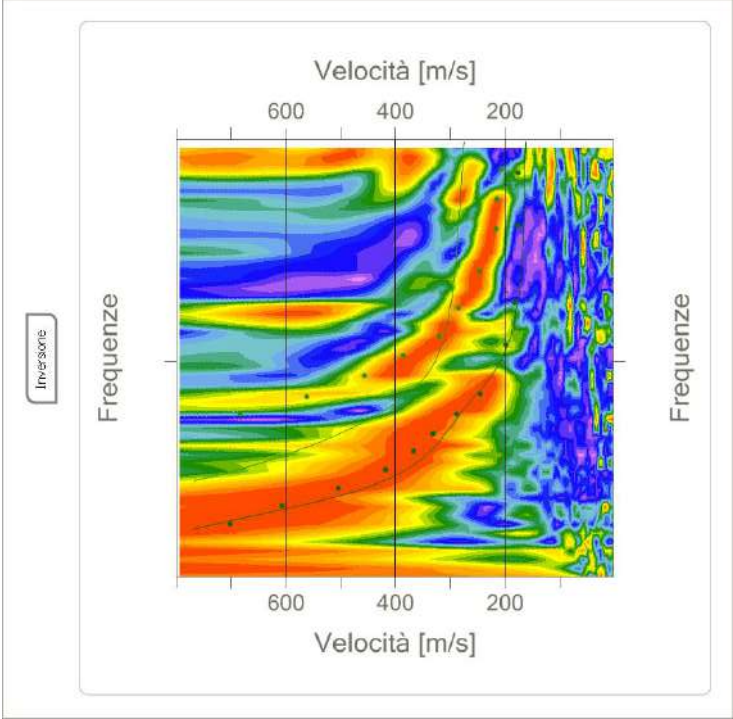
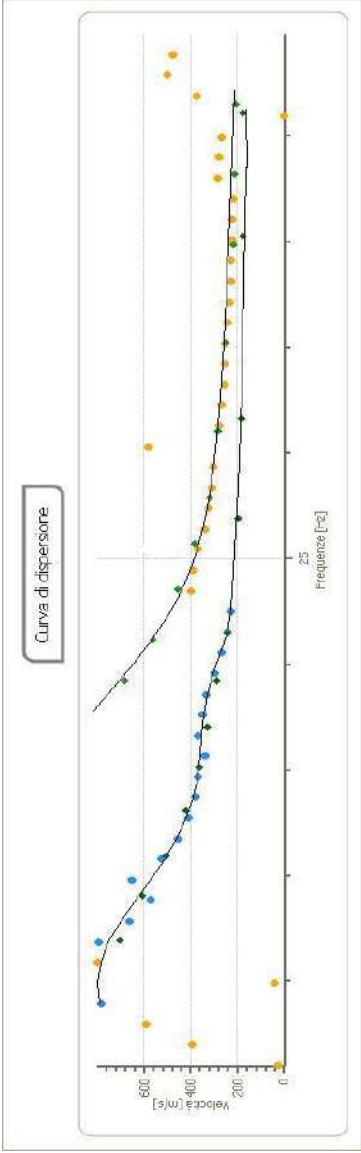
| | | |
|---|--|---------------------------------|
| Committente: COMUNE DI ALLUMIERE | | MASW2 |
| Progetto: RIPRISTINO DELL'AGIBILITÀ STATICA DELL'EDIFICIO DELLA SCUOLA ELEMENTARE | | Vs30 in superficie = 502,71 m/s |
| Località: VIA ROMA – COMUNE DI ALLUMIERE | | |
| Data: 21 MAGGIO 2015 | | CLASSE "B" NTC 14/01/2008 |



Documentazione fotografica



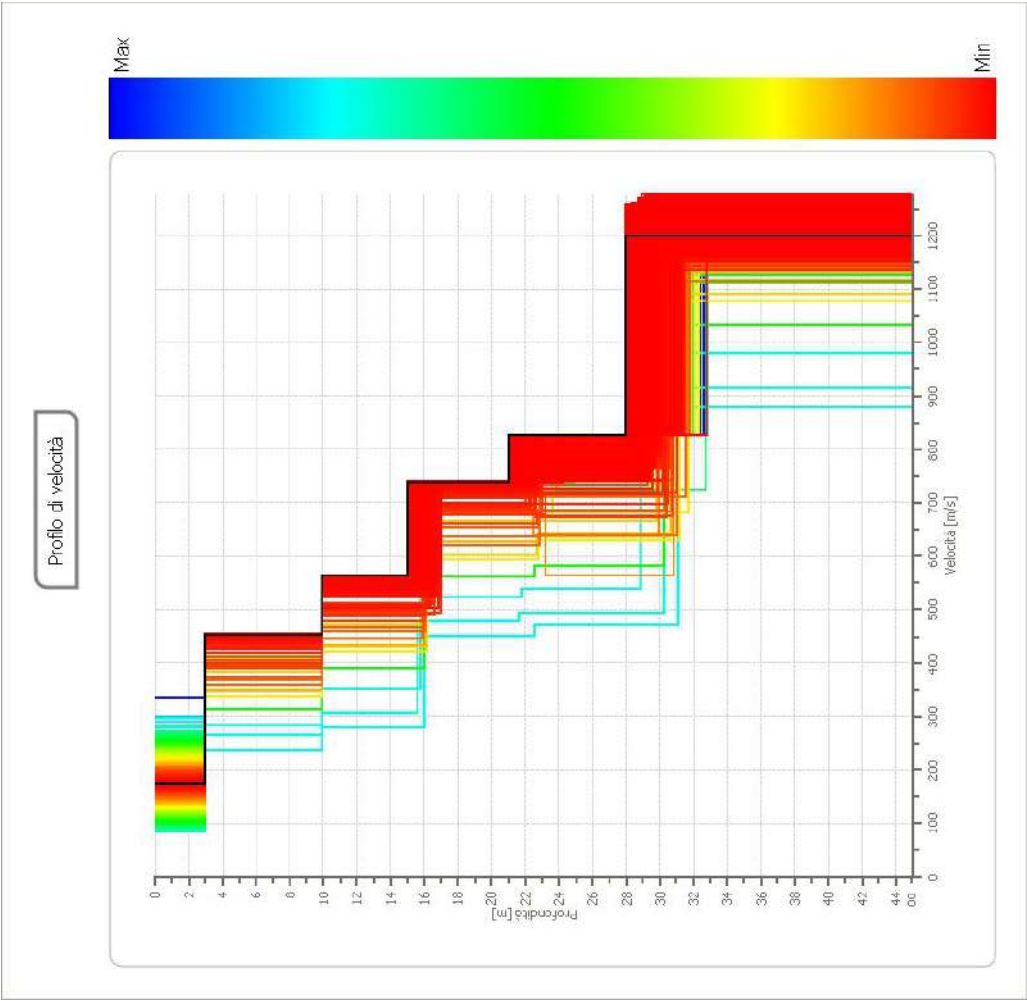
| | | |
|----------------------------------|---|-------|
| Committente: COMUNE DI ALLUMIERE | | MASW2 |
| Progetto: | RIPRISTINO DELL'AGIBILITÀ STATICA DELL'EDIFICIO DELLA SCUOLA ELEMENTARE | |
| Località: | VIA ROMA – COMUNE DI ALLUMIERE | |
| Data: | 21 MAGGIO 2015 | |
| | CLASSE "B" NTC 14/01/2008 | |
| | Vs30 in superficie = 502,71 m/s | |



Inversione:

| N. | PROFONDITÀ [m] | SPESSORE [m] | VP [M/SEC] | Vs [M/SEC] |
|----|-------------------|-----------------|---------------|---------------|
| 1 | 3.00 | 3.00 | 286.0 | 175.1 |
| 2 | 10.00 | 7.00 | 741.0 | 453.8 |
| 3 | 15.00 | 5.00 | 920.6 | 563.7 |
| 4 | 21.00 | 6.00 | 1207.1 | 739.2 |
| 5 | 28.00 | 7.00 | 1350.0 | 826.7 |
| 6 | ∞ | ∞ | 1958.2 | 1199.2 |

| | | |
|----------------------------------|---|--|
| Committente: COMUNE DI ALLUMIERE | | MASW2 |
| Progetto: | RIPRISTINO DELL'AGIBILITÀ STATICA DELL'EDIFICIO DELLA SCUOLA ELEMENTARE | |
| Località: | VIA ROMA – COMUNE DI ALLUMIERE | |
| Data: | 21 MAGGIO 2015 | |
| | | V_{s30} in superficie = 502,71 m/s |
| | | CLASSE "B" NTC 14/01/2008 |

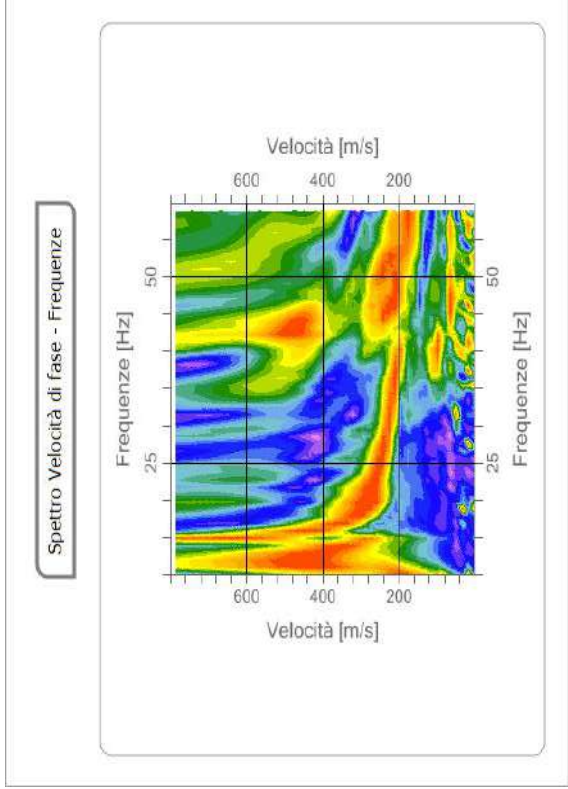
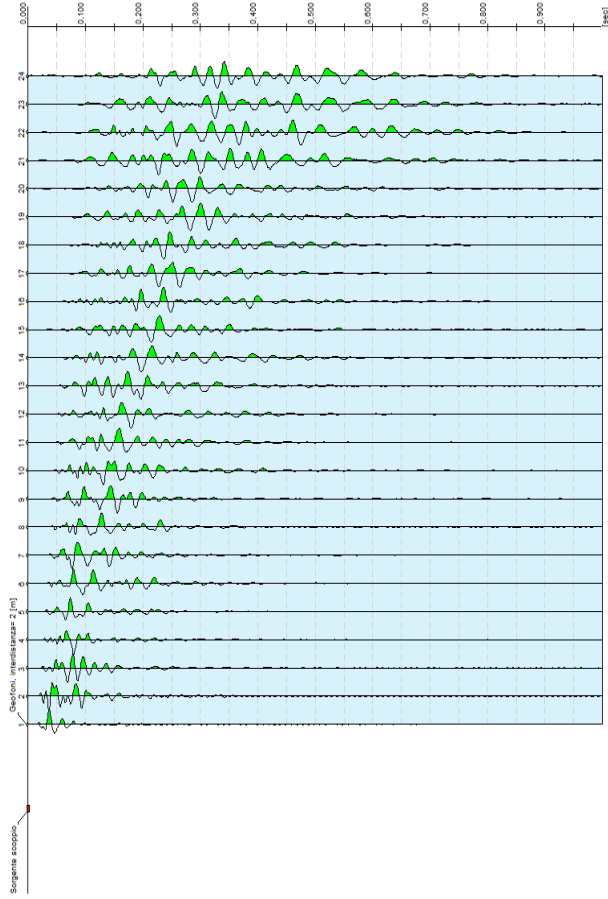


Risultati MASW1

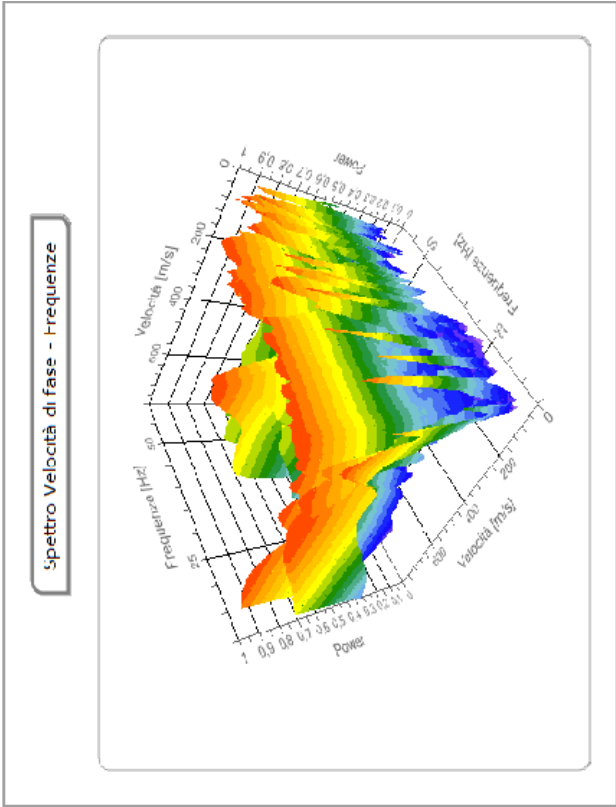
| | |
|------------------------------|------------|
| Profondità piano di posa [m] | 0,00 |
| V_{s30} [m/sec] | 502,71 m/s |
| Categoria del suolo | B |

Suolo di tipo B: Rocce tenere 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 e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT₃₀ > 50 nei terreni a grana grossa e $c_{u,30}$ > 250 kPa nei terreni a grana fina).

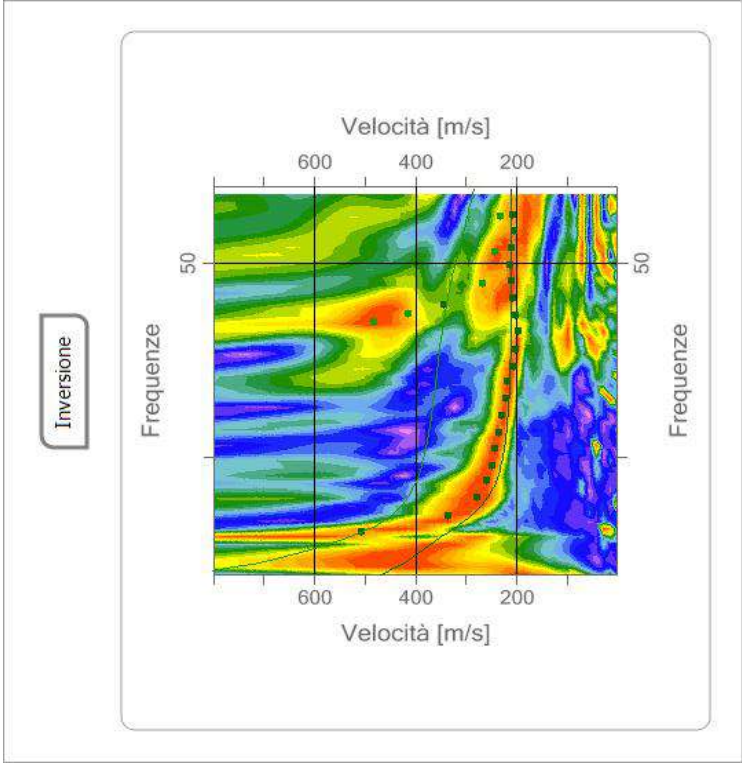
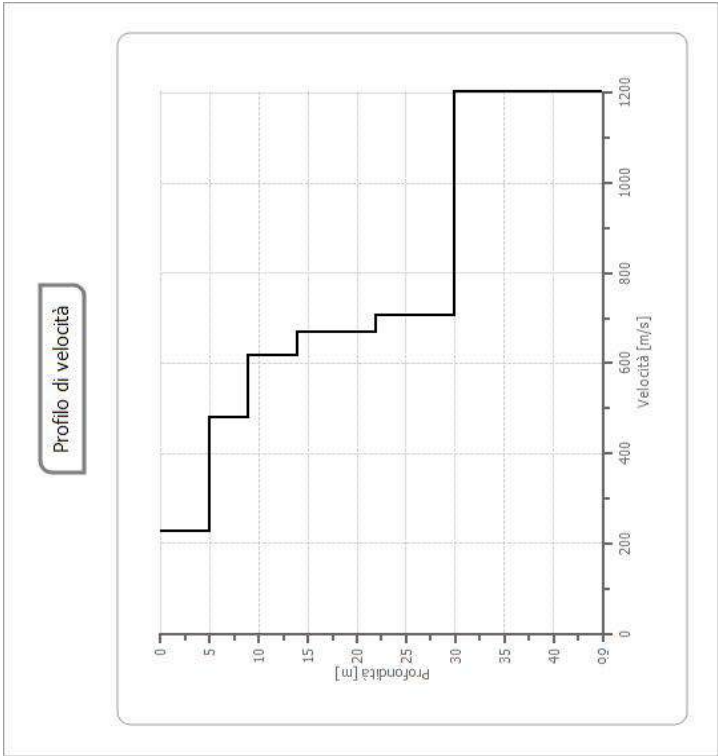
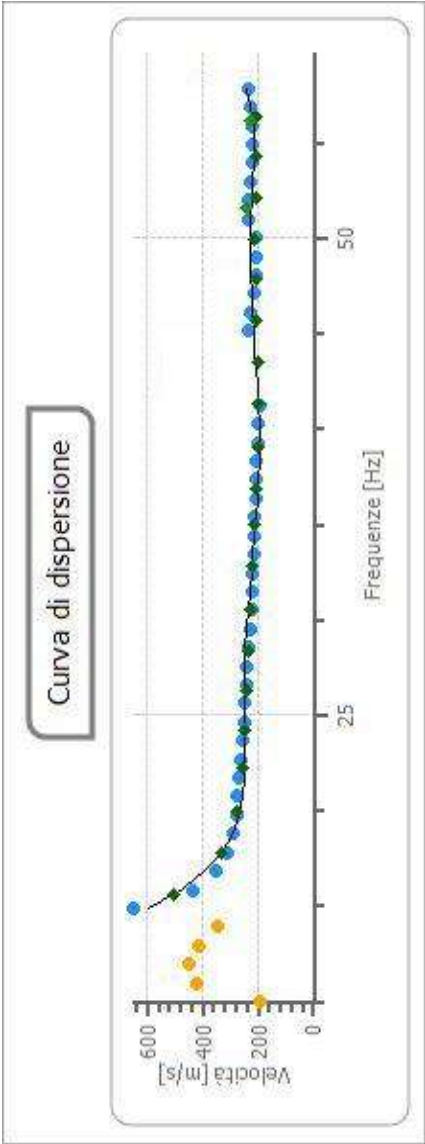
| | | |
|---|--|---------------------------------|
| Committente: COMUNE DI ALLUMIERE | | MASW3 |
| Progetto: RIPRISTINO DELL'AGIBILITÀ STATICA DELL'EDIFICIO DELLA SCUOLA ELEMENTARE | | Vs30 in superficie = 501,35 m/s |
| Località: VIA ROMA – COMUNE DI ALLUMIERE | | |
| Data: 21 MAGGIO 2015 | | CLASSE "B" NTC 14/01/2008 |



Documentazione fotografica



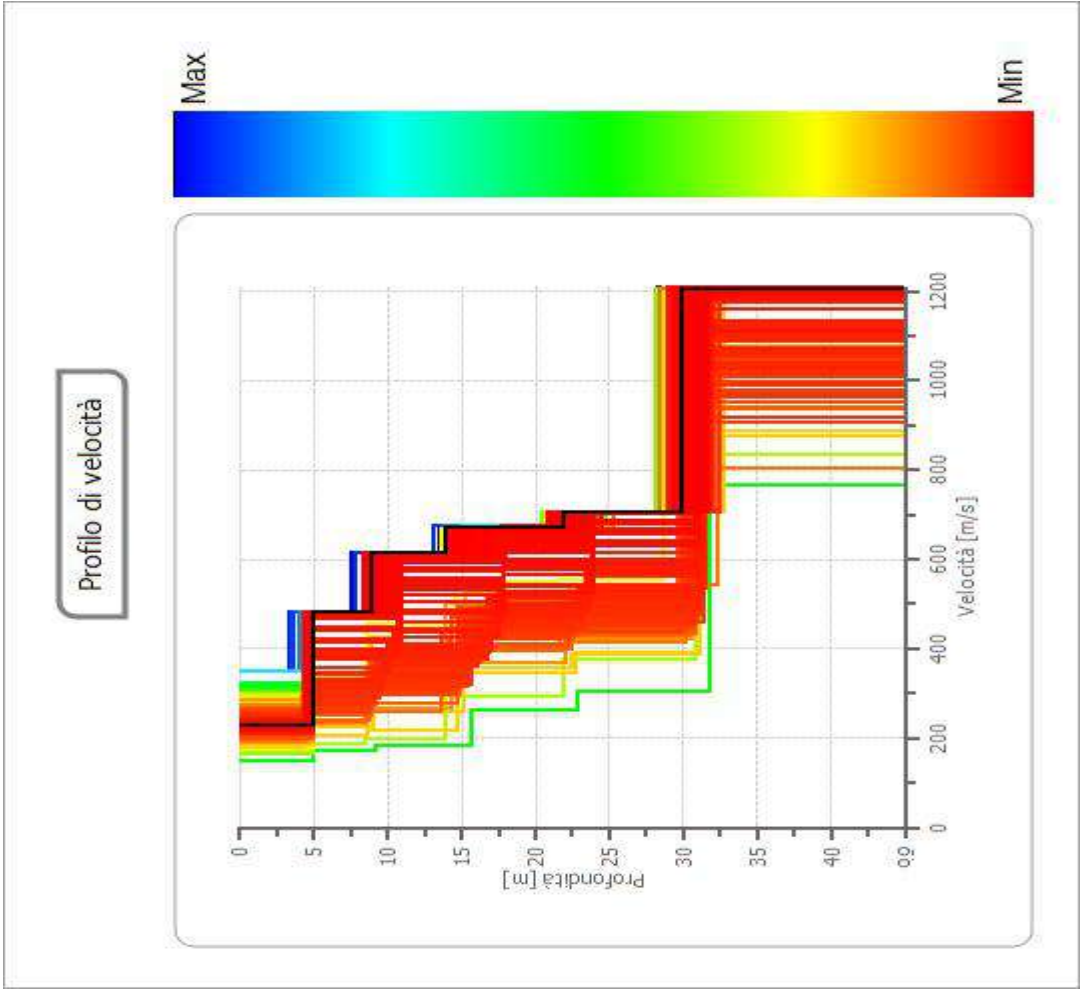
| | | |
|--------------|---|---------------------------------|
| Committente: | COMUNE DI ALLUMIERE | MASW3 |
| Progetto: | RIPRISTINO DELL'AGIBILITÀ STATICA DELL'EDIFICIO DELLA SCUOLA ELEMENTARE | Vs30 in superficie = 501,35 m/s |
| Località: | VIA ROMA – COMUNE DI ALLUMIERE | |
| Data: | 21 MAGGIO 2015 | CLASSE "B" NTC 14/01/2008 |



Inversione:

| N. | PROFONDITÀ [m] | SPESSORE [m] | VP [M/SEC] | Vs [M/SEC] |
|----|----------------|--------------|------------|------------|
| 1 | 4,50 | 4,50 | 370,9 | 228,2 |
| 2 | 8,50 | 4,00 | 789,1 | 483,5 |
| 3 | 14,50 | 6,00 | 1012,8 | 618,1 |
| 4 | 22,00 | 7,50 | 1099,4 | 673,4 |
| 5 | 28,55 | 6,55 | 1161,1 | 710,2 |
| 6 | ∞ | ∞ | 1971,3 | 1207,8 |

| | | |
|----------------------------------|---|---------------------------------|
| Committente: COMUNE DI ALLUMIERE | | MASW3 |
| Progetto: | RIPRISTINO DELL'AGIBILITÀ STATICA DELL'EDIFICIO DELLA SCUOLA ELEMENTARE | Vs30 in superficie = 501,35 m/s |
| Località: | VIA ROMA – COMUNE DI ALLUMIERE | |
| Data: | 21 MAGGIO 2015 | |
| | | CLASSE "B" NTC 14/01/2008 |

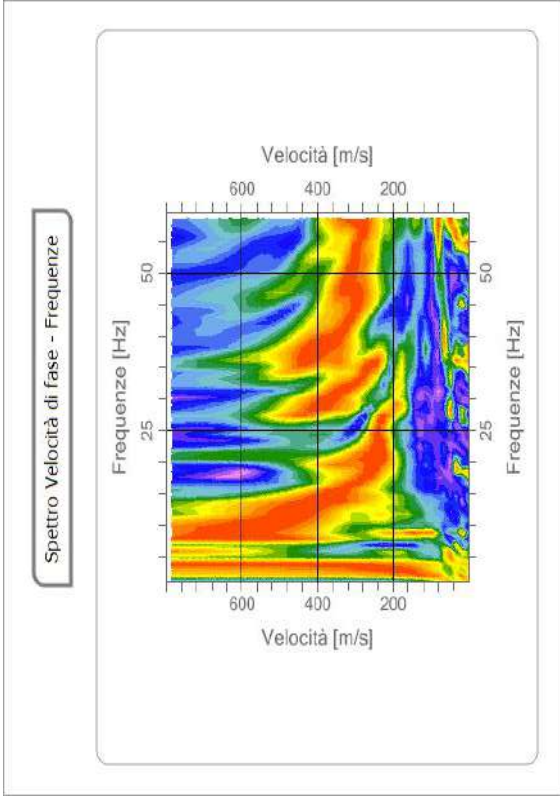
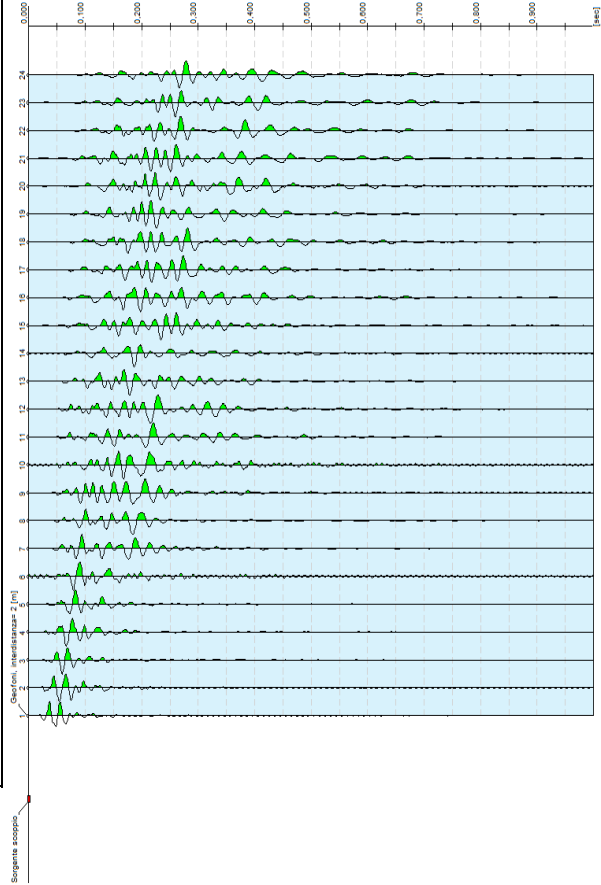


Risultati MASW3

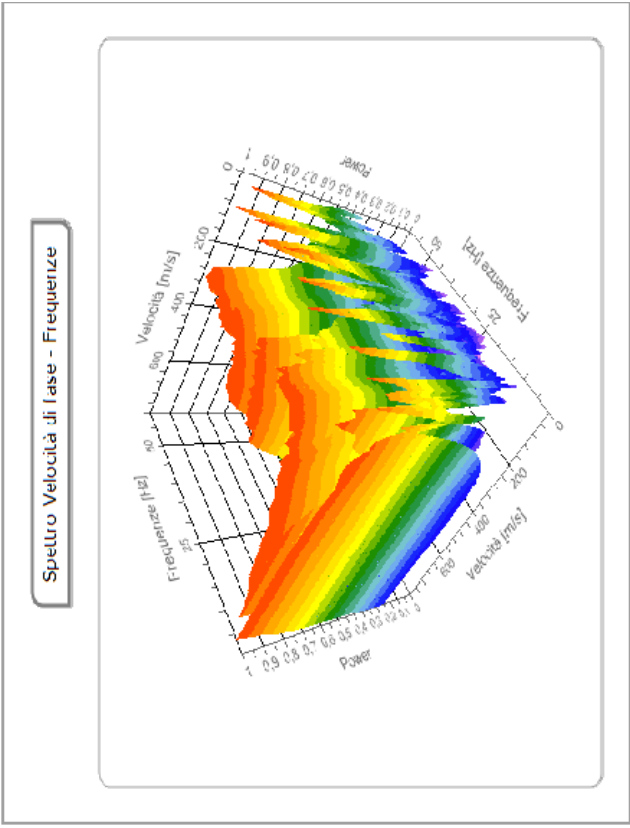
| | |
|------------------------------|------------|
| Profondità piano di posa [m] | 0,00 |
| Vs30 [m/sec] | 501,35 m/s |
| Categoria del suolo | B |

Suolo di tipo B: Rocce tenere 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 e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

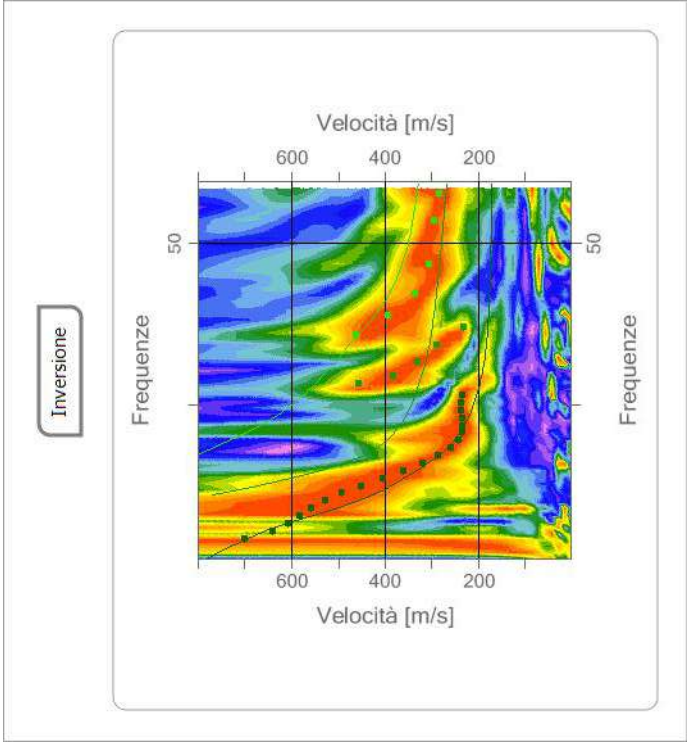
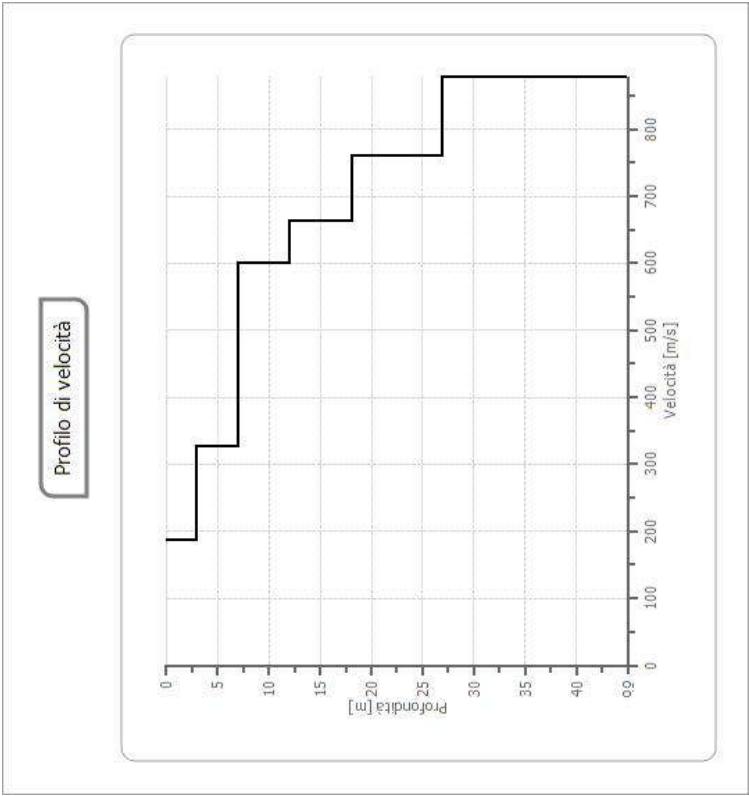
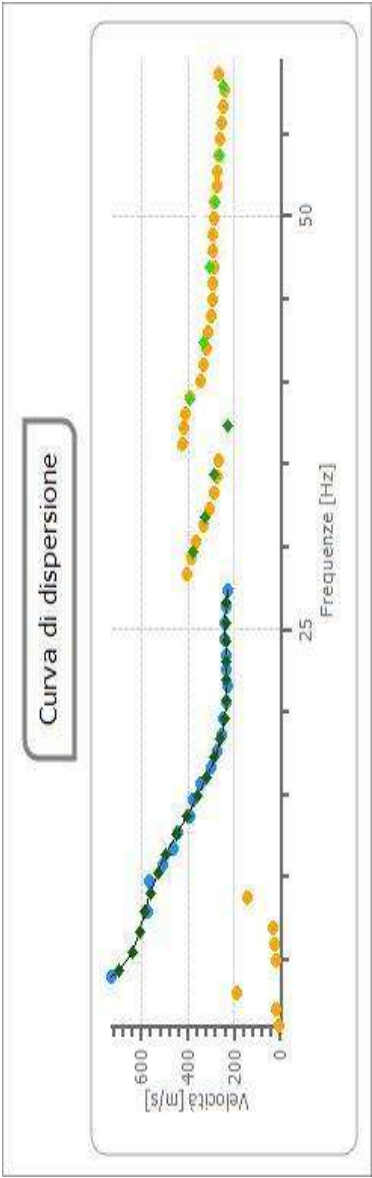
| | | |
|---|--|---------------------------------|
| Committente: COMUNE DI ALLUMIERE | | MASW4 |
| Progetto: RIPRISTINO DELL'AGIBILITÀ STATICA DELL'EDIFICIO DELLA SCUOLA ELEMENTARE | | Vs30 in superficie = 505,55 m/s |
| Località: VIA ROMA – COMUNE DI ALLUMIERE | | |
| Data: 21 MAGGIO 2015 | | CLASSE "B" NTC 14/01/2008 |



Documentazione fotografica



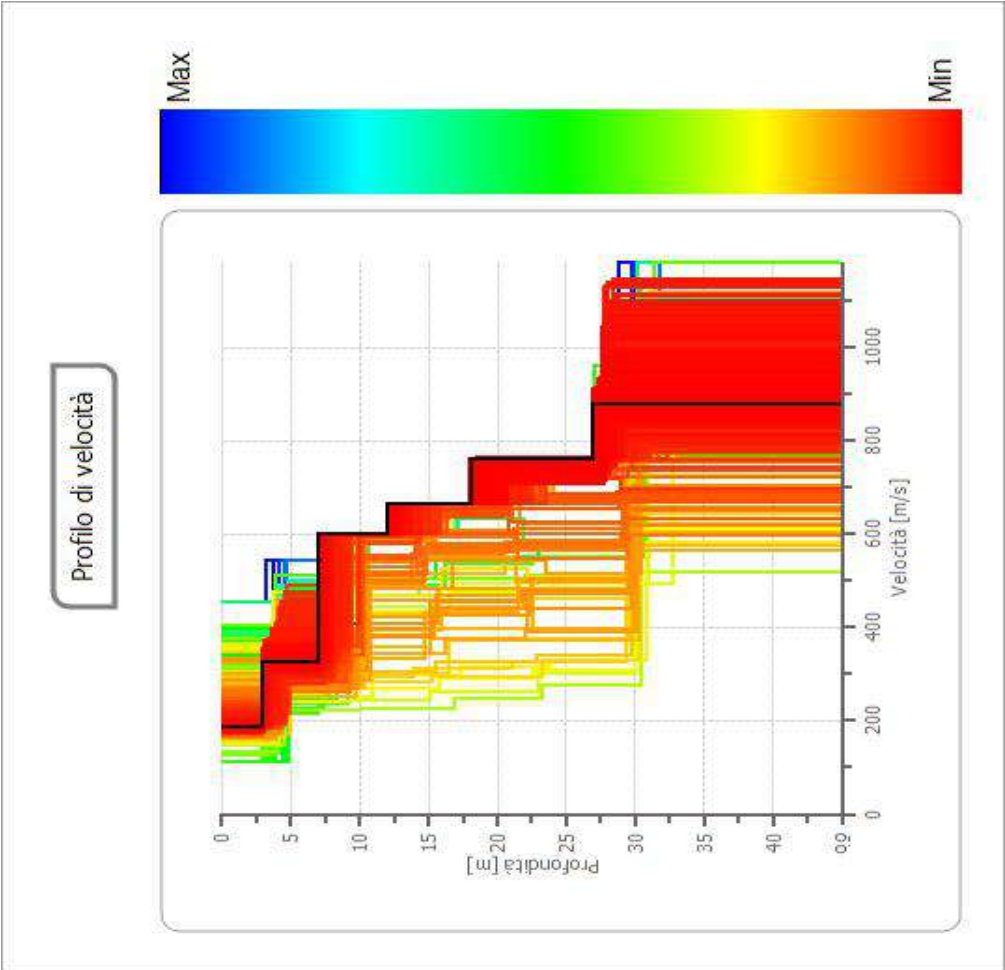
| | | |
|----------------------------------|---|--|
| Committente: COMUNE DI ALLUMIERE | | MASW4 |
| Progetto: | RIPRISTINO DELL'AGIBILITÀ STATICA DELL'EDIFICIO DELLA SCUOLA ELEMENTARE | |
| Località: | VIA ROMA – COMUNE DI ALLUMIERE | |
| Data: | 21 MAGGIO 2015 | |
| | | Vs30 in superficie = 505,55 m/s |
| | | CLASSE "B" NTC 14/01/2008 |



Inversione:

| N. | PROFONDITÀ [m] | SPESSORE [m] | VP [M/SEC] | Vs [M/SEC] |
|----|-------------------|-----------------|---------------|---------------|
| 1 | 3,00 | 3,00 | 310,6 | 189,2 |
| 2 | 8,02 | 5,02 | 543,0 | 327,4 |
| 3 | 12,15 | 4,13 | 985,4 | 612,2 |
| 4 | 18,20 | 6,05 | 1083,7 | 664,2 |
| 5 | 27,00 | 8,80 | 1246,8 | 762,1 |
| 6 | ∞ | ∞ | 1438,2 | 880,4 |

| | | |
|----------------------------------|---|--|
| Committente: COMUNE DI ALLUMIERE | | MASW4 |
| Progetto: | RIPRISTINO DELL'AGIBILITÀ STATICA DELL'EDIFICIO DELLA SCUOLA ELEMENTARE | |
| Località: | VIA ROMA – COMUNE DI ALLUMIERE | |
| Data: | 21 MAGGIO 2015 | |
| | | Vs30 in superficie = 505,55 m/s |
| | | CLASSE "B" NTC 14/01/2008 |



Risultati MASW4

| | |
|------------------------------|------------|
| Profondità piano di posa [m] | 0,00 |
| Vs30 [m/sec] | 505,55 m/s |
| Categoria del suolo | B |

Suolo di tipo B: Rocce tenere 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 e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

ALLEGATO 4

**INDAGINE SISMICA
ELABORATI GRAFICI HVSR**

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

REPORT DELLE ANALISI EFFETTUATE

TR-1

INSTRUMENT: TRS-0006/00-06

START RECORDING: 27/05/15 11:31:07

END RECORDING: 27/05/15 11:49:08

TRACE LENGTH: 0h18'00".

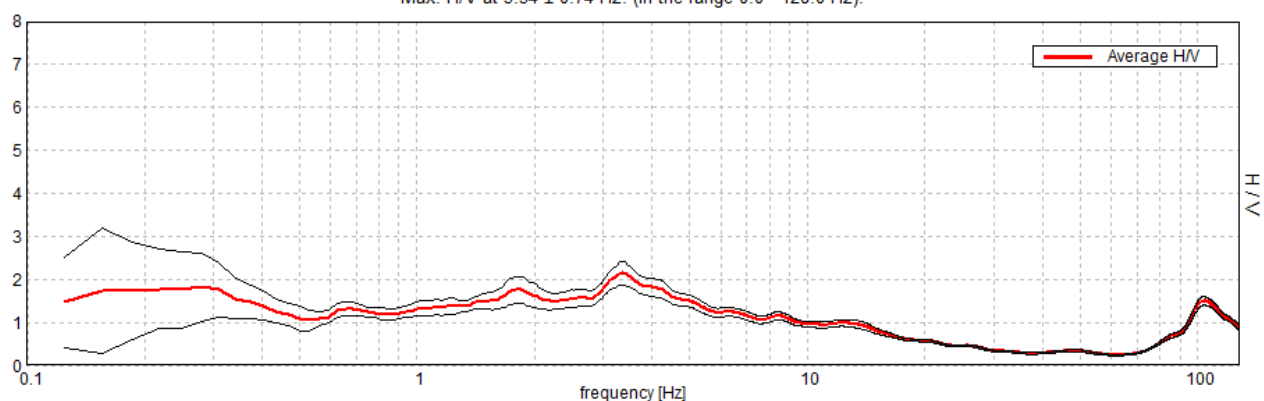
CHANNEL LABELS: N, S, E, W, UP, DOWN

SAMPLING FREQUENCY: 256 Hz

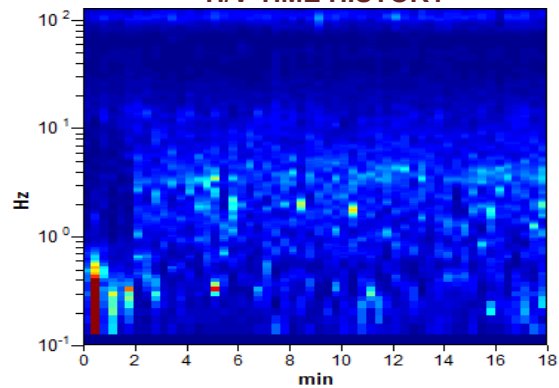


HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

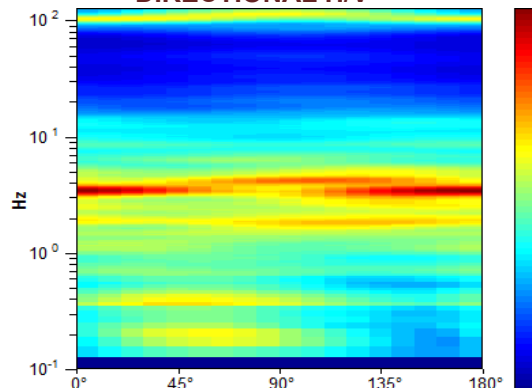
Max. H/V at 3.34 ± 0.74 Hz. (In the range 0.0 - 128.0 Hz).



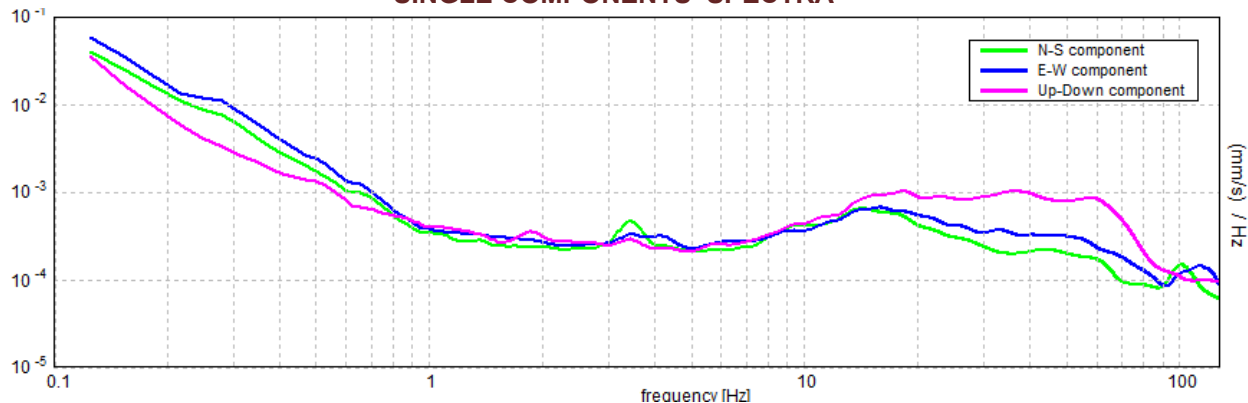
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENTS SPECTRA



RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

Max. H/V at 3.34 ± 0.74 Hz (in the range 1.0 - 10.0 Hz)**Criteria for a reliable HVSR curve**

| | | | |
|--|-----------------------------|-----------|--|
| $f_0 > 10 / L_w$ | $3.34 > 0.50$ | OK | |
| $n_c(f_0) > 200$ | $3611.3 > 200$ | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 162 times | OK | |

Criteria for a clear HVSR peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

| | | | |
|---|---------------------|-----------|--|
| Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | | OK | |
| Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | 7.406 Hz | OK | |
| $A_0 > 2$ | $2.15 > 2$ | OK | |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.10878 < 0.05$ | OK | |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | $0.36372 < 0.16719$ | OK | |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | $0.1364 < 1.58$ | OK | |

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

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

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

REPORT DELLE ANALISI EFFETTUATE

TR-2

INSTRUMENT: TRS-0006/00-06

START RECORDING: 27/05/15 11:52:35

END RECORDING: 27/05/15 12:10:36

TRACE LENGTH: 0h18'00".

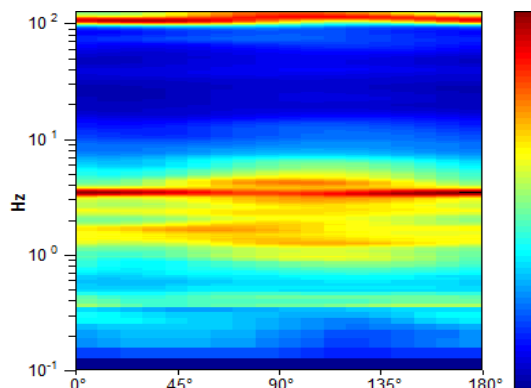
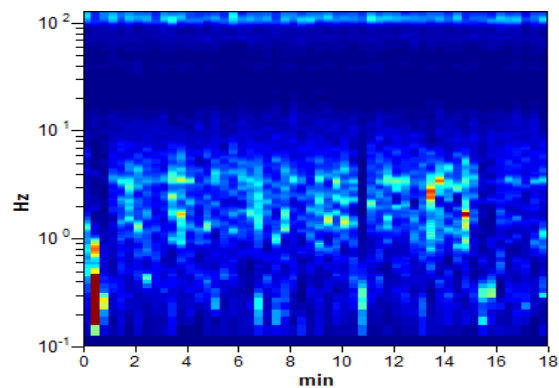
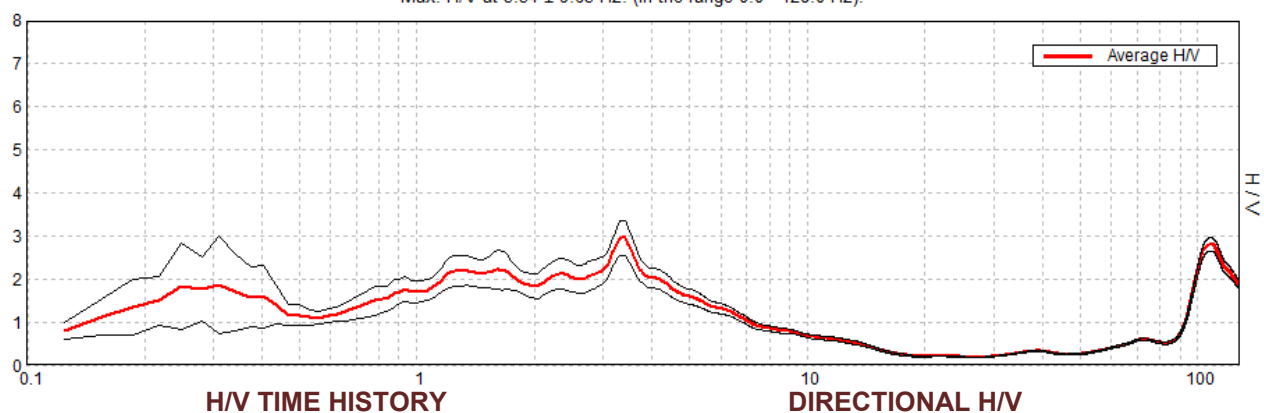
CHANNEL LABELS: N, S, E, W, UP, DOWN

SAMPLING FREQUENCY: 256 Hz

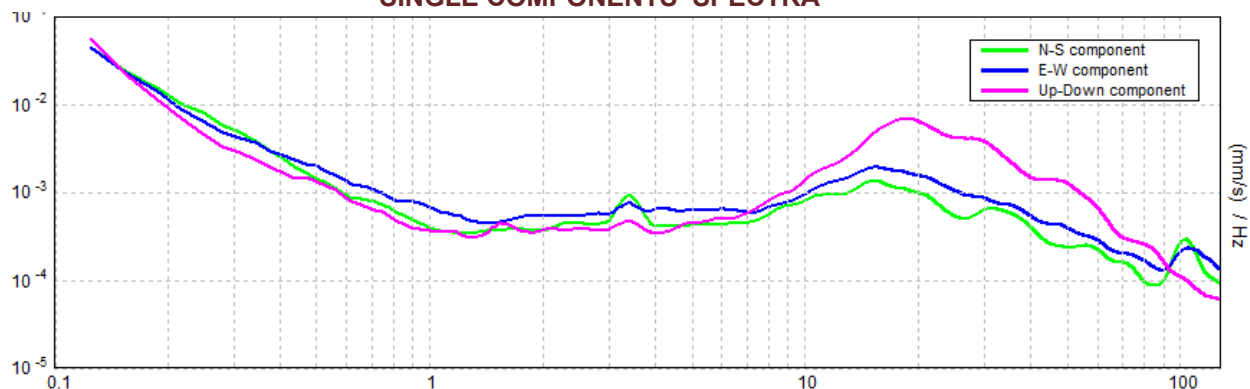


HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

Max. H/V at 3.34 ± 9.65 Hz. (In the range 0.0 - 128.0 Hz).



SINGLE COMPONENTS SPECTRA



RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

Max. H/V at 3.34 ± 0.65 Hz (in the range 1.0 - 128.0 Hz)**Criteria for a reliable HVSR curve**

| | | | |
|--|-----------------------------|-----------|--|
| $f_0 > 10 / L_w$ | $3.34 > 0.50$ | OK | |
| $n_c(f_0) > 200$ | $3611.3 > 200$ | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 162 times | OK | |

Criteria for a clear HVSR peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

| | | | |
|---|---------------------|-----------|--|
| Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | | OK | |
| Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | 5.375 Hz | OK | |
| $A_0 > 2$ | $2.96 > 2$ | OK | |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 1.4254 < 0.05$ | OK | |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | $4.76618 < 0.16719$ | OK | |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | $0.1997 < 1.58$ | OK | |

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

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

RELAZIONE GEOLOGICA E SUL MODELLO SISMICO

AI SENSI DEL TESTO UNICO D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO


ALLEGATO 5


**CERTIFICATI ANALISI DI
LABORATORIO GEOTECNICO**

GTS Studio Associato di Geologia di Tinti e Sciuto

Interventi ripristino agibilità scuola elementare Comune di Allumiere (RM)

RISULTATI PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

| | | | | |
|--|-----|-----------------------------|----------|---|
| VERBALE DI ACCETTAZIONE: | 299 | DATA VERBALE : | 22/05/15 | IL DIRETTORE DEL LABORATORIO DOTT. RICCARDO RAMPI  |
| COMMESSA: | 257 | DATA EMISSIONE CERTIFICATI: | 29/05/15 | |
| CNG S.r.l. Sede Legale e Uffici Tecnici: Via Squinzano, 87 - 00133 - Roma Tel/Fax 06 2018088 - WEB: www.congeo.it - E-mail: cng@congeo.it - PEC: cngsrl@pec.it C. F. e P. I.V.A. 11215291003 - R.E.A. n. 1287827 - c.s. 10.000,00 € i.v. Azienda con Sistema Qualità Certificato N° IT239744 | | | | |

| | | | | |
|--|---|--|-------------------------------------|-----------------------------------|
|  <div>CNG S.r.l. LABORATORIO GEOTECNICO</div> <div>Via Squinzano, 87 - 00133 Roma Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it</div> | GTS Studio Associato di Geologia di Tinti e Sciuto | | SOND.: 1 CAMP.: 1 | PAGINA: 1 |
| | Interventi ripristino agibilità scuola elementare Comune di Allumiere (RM) | | da m: 3,60 a m: 4,00 | N° IDENTIFICATIVO INTERNO 1371 |
| | DATA RICEVIMENTO CAMPIONE 22/05/15 | | DATA EMISSIONE CERTIFICATI 29/05/15 | |

FOGLIO RIEPILOGATIVO DELLE CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICO-MECCANICHE DEL CAMPIONE

CARATTERISTICHE CHIMICHE

| | | | | |
|----------------------------------|--|-------------------------|--|------------------|
| FRAZIONE CARBONIO ORG. MEDIA (%) | | REAZIONE DEL SUOLO (PH) | | TENORE CARBONATI |
| SOSTANZA ORGANICA S.O. | | TENORE SOLFATI | | |

CARATTERISTICHE FISICHE

| | | | | | |
|-------------------|----------------------|----------|----------------------------|------------------------|----------------------------|
| UMIDITA' NATURALE | W_n | 17,4 (%) | PESO DI VOLUME NATURALE | γ_n | 18,95 (kN/m ³) |
| INDICE DEI VUOTI | e | 0,66 (-) | PESO DI VOLUME SECCO | γ_d | 16,14 (kN/m ³) |
| POROSITA' | n | 39,6 (%) | PESO DI VOLUME SATURO | γ_{sat} | 20,03 (kN/m ³) |
| GRADO DI SATURAZ. | S_r | 72,3 (%) | PESO SPECIFICO DEI GRANULI | γ_s | 26,74 (kN/m ³) |

CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE (SECONDO UDDEN - WENTWORTH)

| | | | | |
|--|-----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| CLASSIFICAZIONE A.G.I.: SABBIA CON LIMO (E ARGILLA) DEB.GHIAIOSA | | | PASSANTE AL SETACCIO 200 (%) 41,4 | |
| GHIAIA (%): 8,9 64 - 2 mm | SABBIA (%): 50,4 2 - 0,0625 mm | LIMO (%): 40,7 0,0625 - 0,0039 mm | ARGILLA (%) / < 0,0039 mm | U.S.C.S. AASHTO N.D. / |

CARATTERISTICHE DI PLASTICITA' E PERMEABILITA'

| | | | |
|--|--------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| CLASSIFICAZIONE SECONDO ABACO DI PLASTICITA' / | | CONSISTENZA DEL MATERIALE SECONDO IC | |
| LIMITE DI LIQUIDITA' | W_L (%) | LIMITE DI RITIRO | W_s (%) |
| LIMITE DI PLASTICITA' | W_p (%) | INDICE DI CONSISTENZA | IC (-) |
| INDICE DI PLASTICITA' | IP (%) | ATTIVITA' (IP / % < 0,002mm) | Ac (-) |
| PRESSIONE DI RIGONFIAMENTO (kPa) | | PERMEABILITA' | k (m/sec) |

CARATTERISTICHE MECCANICHE

| | | | |
|--|-----------------|--|----------------------------|
| VAN TEST / Cu (kPa) | | POCKET PENETROMETER / σ_f (kPa) | |
| ESPANSIONE LATERALE LIBERA | | σ_f (kPa) | ε (%) |
| PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO C.D. | | VALORI DI PICCO | |
| | | C' (kPa) | C_r (kPa) |
| | | φ' (°) | φ_r (°) |
| PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE | CID | CIU | UU |
| | C' (kPa) | C (kPa) | C_u (kPa) |
| | φ' (°) | φ (°) | φ_u (°) |


CARATTERISTICHE EDOMETRICHE

| | | | | | |
|-------|------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------|
| DA 'σ | A 'σ | E_{ed} | m_v | c_v | k |
| (kPa) | | (kPa) | (kPa ⁻¹) | (cm ² /sec) | (cm/sec) |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

| | | |
|------------------------|-------------------------|--|
| INDICE CBR (2,5) (%) = | CARATT.OTTIMALI PROCTOR | PESO DI VOL. SECCO γ _d (kN/m ³) |
| INDICE CBR (5,0) (%) = | UMIDITA' W (%) | PESO DI VOL. UMIDO γ _n (kN/m ³) |

Azienda con Sistema Qualità Certificato n° IT239744

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi


| | | | | | |
|---|---|----------|----------------------------|-------------------------|---|
|  CNG S.r.l. LABORATORIO GEOTECNICO Via Squinzano, 87 - 00133 Roma Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it | GTS Studio Associato di Geologia di Tinti e Sciuto | | | SOND.: 1 | PAGINA: 2 PAGINA CERTIFICATO 1 di 1 |
| | Interventi ripristino agibilità scuola elementare Comune di Allumiere (RM) | | | CAMP.: 1 | |
| | | | | da m: 3,60 a m: 4,00 | |
| | N° VERBALE | 299 | N° COMMESSA | 257 | ID. INTERNO: 1371 |
| DATA RICEVIMENTO CAMPIONE | | 22/05/15 | DATA APERTURA CAMPIONE | | 27/05/15 |
| | | | DATA EMISSIONE CERTIFICATO | | 29/05/15 |

SCHEDA CAMPIONE

CARATTERISTICHE DI CAMPIONAMENTO

| | | | |
|--------------------------------|-----|--------------------------------|----|
| TIPO DI PERFORAZIONE (SE NOTO) | / | TIPO DI CAMPIONATORE (SE NOTO) | / |
| TIPO DI CONTENITORE | PVC | LUNGHEZZA CONTENITORE (cm) | 50 |
| LUNGHEZZA REALE CAMPIONE (cm) | 40 | DIAMETRO CAMPIONE (mm) | / |

DESCRIZIONE ED ANALISI PRELIMINARI

| POCKET(kPa) | V.TEST(kPa) | CAMPIONE | UBICAZIONE PROVE | DESCRIZIONE |
|--------------------------------|-------------|---|--------------------------------|--|
| / | / |  | | Materiale di origine magmatica profondamente alterato di colore biancastro a variegature marrone rossastre, costituito granulometricamente da uno scarso ghiaio in abbondante matrice sabbioso-limosa con, in alcune zone, un percepibile apporto argilloso. |
| / | / | | | |
| / | / | | | |
| / | / | | | |
| / | / | | | |
| / | / | Basso | STATO DICHIARATO DEL CAMPIONE: | RIMANEGGIATO |
| CLASSIFICAZIONE A.G.I.: | | SABBIA CON LIMO (E ARGILLA) DEB.GHIAIOSA | | REAZIONE ALL'HCl: ASSENTE |
| | | | | CLASSE DI QUALITA' (BS 5930:1981): 2 |


DETERMINAZIONI ESEGUITE

| PROVE ESEGUITE | DATA INIZIO | DATA FINE | PROVE ESEGUITE | DATA INIZIO | DATA FINE |
|--|-------------|-----------|--|-------------|-----------|
| CONTENUTO NATURALE D'ACQUA X | 27/05/15 | 28/05/15 | PROVA TRIASSIALE TIPO CID | | |
| PESO DI VOLUME NATURALE X | 27/05/15 | 27/05/15 | PROVA DI COSTIPAMENTO PROCTOR | | |
| PESO SPECIFICO DEI GRANULI X | 28/05/15 | 29/05/15 | PROVA C.B.R. | | |
| ANALISI GRANULOMETRICA X | 27/05/15 | 28/05/15 | PROVA DI PERMEABILITA' IN EDOMETRO A CARICO VARIABILE | | |
| LIMITI DI ATTERBERG | | | PROVA DI PERMEABILITA' IN CELLA TRIASSIALE | | |
| PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO C.D. | | | PERMEABILITA' IN PERMEAMETRO | | |
| PROVA DI TAGLIO DIRETTO RESIDUO | | | DETERMINAZIONE PRESSIONE DI RIGONFIAMENTO | | |
| PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA | | | PROVA DI RIGONFIAMENTO METODO HUDER-AMBERG | | |
| PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA | | | DETERMINAZIONE DEFORMAZIONE DI RIGONFIAMENTO | | |
| PROVA TRIASSIALE TIPO UU | | | DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI CARBONATI | | |
| PROVA TRIASSIALE TIPO CIU | | | DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI SOSTANZE ORGANICHE | | |
| PROVA DI COLONNA RISONANTE (RC) | | | PROVA DI TAGLIO TORSIONALE CICLICO (TTC) | | |

NOTE

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi



| | | | | |
|--|---|----------------------------|--------------------------|----------------------------------|
|  CNG S.r.l. LABORATORIO GEOTECNICO Via Squinzano, 87 - 00133 Roma Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it | GTS Studio Associato di Geologia | | SOND.: 1 | PAGINA: 3 |
| | di Tinti e Sciuto | | CAMP.: 1 | |
| | Interventi ripristino agibilità scuola elementare | | da m: 3,60 | PAGINA CERTIFICATO 1 di 1 |
| | Comune di Allumiere (RM) | | a m: 4,00 | |
| N° VERBALE 299 | N° COMMESSA 257 | | ID. INTERNO 1371 | N° CERTIFICATO 5005 wn |
| DATA RICEVIMENTO CAMP. 22/05/15 | DATA EMISSIONE CERTIF. 29/05/15 | DATA INIZIO PROVA 27/05/15 | DATA FINE PROVA 28/05/15 | |

CONTENUTO D'ACQUA NATURALE W_n
ASTM D 2216

| | | | |
|--|---|--------------------------------|--|
| Classe di qualità (BS 5930:1981): | 2 | Classificazione A.G.I.: | SABBIA CON LIMO (E ARGILLA) DEB.GHIAIOSA |
|--|---|--------------------------------|--|

| PROVA DI RIFERIMENTO | W_1 | W_2 | ED | Trx CID | Trx CID | Trx CID | TD | TD | TD | Perm Trx |
|----------------------|-------|-------|----|---------|---------|---------|----|----|----|----------|
| PESO CAPS. (g) | 29,51 | 29,17 | | | | | | | | |
| P.UMIDO+CAPS. (g) | 68,65 | 72,1 | | | | | | | | |
| P.SECCO+CAPS. (g) | 62,89 | 65,71 | | | | | | | | |
| W (%) | 17,3 | 17,5 | | | | | | | | |

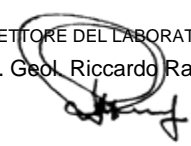
| PROVA DI RIFERIMENTO | ELL | ELL | ELL | UU | UU | UU | PR. RIG. | HUDER-A. | RC | TTC |
|----------------------|-----|-----|-----|----|----|----|----------|----------|----|-----|
| PESO CAPS. (g) | | | | | | | | | | |
| P.UMIDO+CAPS. (g) | | | | | | | | | | |
| P.SECCO+CAPS. (g) | | | | | | | | | | |
| W (%) | | | | | | | | | | |

| | | | | | | |
|---------------------------------------|---|--|---|--|---|---|
| MEDIA VALORI W_n TRATTO PROVA TD | / | MEDIA VALORI W_n TRATTO PROVA Trx CID | / | MEDIA VALORI W_n TRATTO PROVA ELL | / | MEDIA TOTALE W_n 17,4 (%) |
|---------------------------------------|---|--|---|--|---|---|

NOTE

I contenuti d'acqua naturale W_1 e W_2 si riferiscono all'apertura del campione.

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi



| | | | | |
|--|---|----------------------------|--------------------------|--------------------|
|  CNG S.r.l. LABORATORIO GEOTECNICO Via Squinzano, 87 - 00133 Roma Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it | GTS Studio Associato di Geologia | | SOND.: 1 | PAGINA: 4 |
| | di Tinti e Sciuto | | CAMP.: 1 | PAGINA CERTIFICATO |
| | Interventi ripristino agibilità scuola elementare | | da m: 3,60 | 1 di 1 |
| | Comune di Allumiere (RM) | | a m: 4,00 | N° CERTIFICATO |
| N° VERBALE 299 | N° COMMESSA 257 | | ID. INTERNO 1371 | 5006 PV |
| DATA RICEVIMENTO CAMP. 22/05/15 | DATA EMISSIONE CERTIF. 29/05/15 | DATA INIZIO PROVA 27/05/15 | DATA FINE PROVA 27/05/15 | |

PESO DI VOLUME NATURALE γ_n
ASTM D 2937

| | |
|--|---|
| Classe di qualità (BS 5930:1981): 2 | Classificazione A.G.I.: SABBIA CON LIMO (E ARGILLA) DEB.GHIAIOSA |
|--|---|

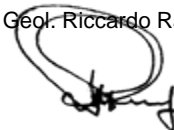
| PROVA DI RIFERIMENTO | γ_{n1} | γ_{n2} | ED | Trx CID | Trx CID | Trx CID | TD | TD | TD | Perm Trx |
|---|---------------|---------------|----|---------|---------|---------|----|----|----|----------|
| VOL. FUST. (cm ³) | 32,07 | 32,03 | | | | | | | | |
| P. FUST. (g) | 40,65 | 41,24 | | | | | | | | |
| PESO TOTALE (g) | 101,39 | 104,35 | | | | | | | | |
| γ_n (kN/m ³) | 18,58 | 19,33 | | | | | | | | |


| PROVA DI RIFERIMENTO | UU | UU | UU | ELL | ELL | ELL | PR. RIG. | HUDER-A. | RC | TTC |
|---|----|----|----|-----|-----|-----|----------|----------|----|-----|
| VOL. FUST. (cm ³) | | | | | | | | | | |
| P. FUST. (g) | | | | | | | | | | |
| PESO TOTALE (g) | | | | | | | | | | |
| γ_n (kN/m ³) | | | | | | | | | | |

| | | | |
|--|---|---|--|
| MEDIA VALORI γ_n / TRATTO PROVA TD | MEDIA VALORI γ_n / TRATTO PROVA Trx CID | MEDIA VALORI γ_n / TRATTO PROVA ELL | MEDIA TOTALE γ_n 18,95 (kN/m³) |
|--|---|---|--|

NOTE

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi



| | | | | |
|---|---|----------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
|  CNG S.r.l. LABORATORIO GEOTECNICO Via Squinzano, 87 - 00133 Roma Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it | GTS Studio Associato di Geologia di Tinti e Sciuto | | SOND.: 1 | PAGINA: 5 |
| | Interventi ripristino agibilità scuola elementare Comune di Allumiere (RM) | | CAMP.: 1 | PAGINA CERTIFICATO 1 di 1 |
| | N° VERBALE 299 | N° COMMESSA 257 | da m: 3,60 a m: 4,00 | N° CERTIFICATO 5007 PGR |
| | ID. INTERNO 1371 | | | |
| DATA RICEVIMENTO CAMP. 22/05/15 | DATA EMISSIONE CERTIF. 29/05/15 | DATA INIZIO PROVA 28/05/15 | DATA FINE PROVA 29/05/15 | |

PESO SPECIFICO DEI GRANULI γ_s
ASTM D 854

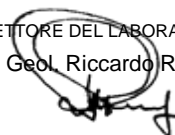
| | | | |
|--|---|--------------------------------|--|
| Classe di qualità (BS 5930:1981): | 2 | Classificazione A.G.I.: | SABBIA CON LIMO (E ARGILLA) DEB.GHIAIOSA |
|--|---|--------------------------------|--|


| | | | | | | | | |
|---|--------------|--------|--|--|--|--|--|--|
| NUMERO PICNOMETRO | 8 | 19 | | | | | | |
| TEMPERATURA | 22,8 | 22,8 | | | | | | |
| PESO PICNOMETRO + ACQUA | 207,15 | 192,97 | | | | | | |
| PESO PICNOMETRO + ACQUA + TERRA | 216,65 | 202,57 | | | | | | |
| PESO TERRA SECCA | 15,02 | 15,14 | | | | | | |
| PESO SPECIFICO | 26,70 | 26,78 | | | | | | |
| MEDIA γ_s (kN/m³) | 26,74 | | | | | | | |

NOTE

| |
|--|
| |
|--|

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi



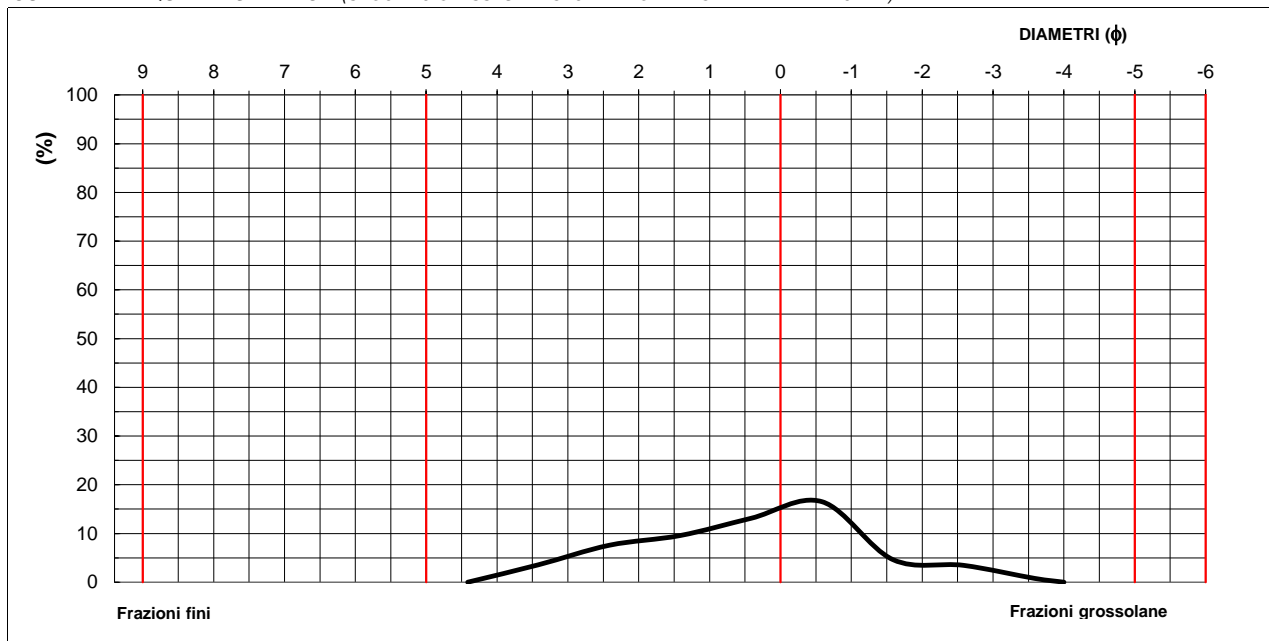
| | | | | |
|--|---|----------------------------|--------------------------|----------------------------------|
|  CNG S.r.l. LABORATORIO GEOTECNICO Via Squinzano, 87 - 00133 Roma Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it | GTS Studio Associato di Geologia di Tinti e Sciuto | | SOND.: 1 | PAGINA: 7 |
| | Interventi ripristino agibilità scuola elementare Comune di Allumiere (RM) | | CAMP.: 1 | PAGINA CERTIFICATO 2 di 2 |
| | N° VERBALE 299 | N° COMMESSA 257 | da m: 3,60 a m: 4,00 | N° CERTIFICATO 5008 GR |
| | ID. INTERNO 1371 | | | |
| RICEV. CAMP. 22/05/15 | DATA EMISSIONE CERTIF. 29/05/15 | DATA INIZIO PROVA 27/05/15 | DATA FINE PROVA 28/05/15 | |

ANALISI GRANULOMETRICA ASTM D 422

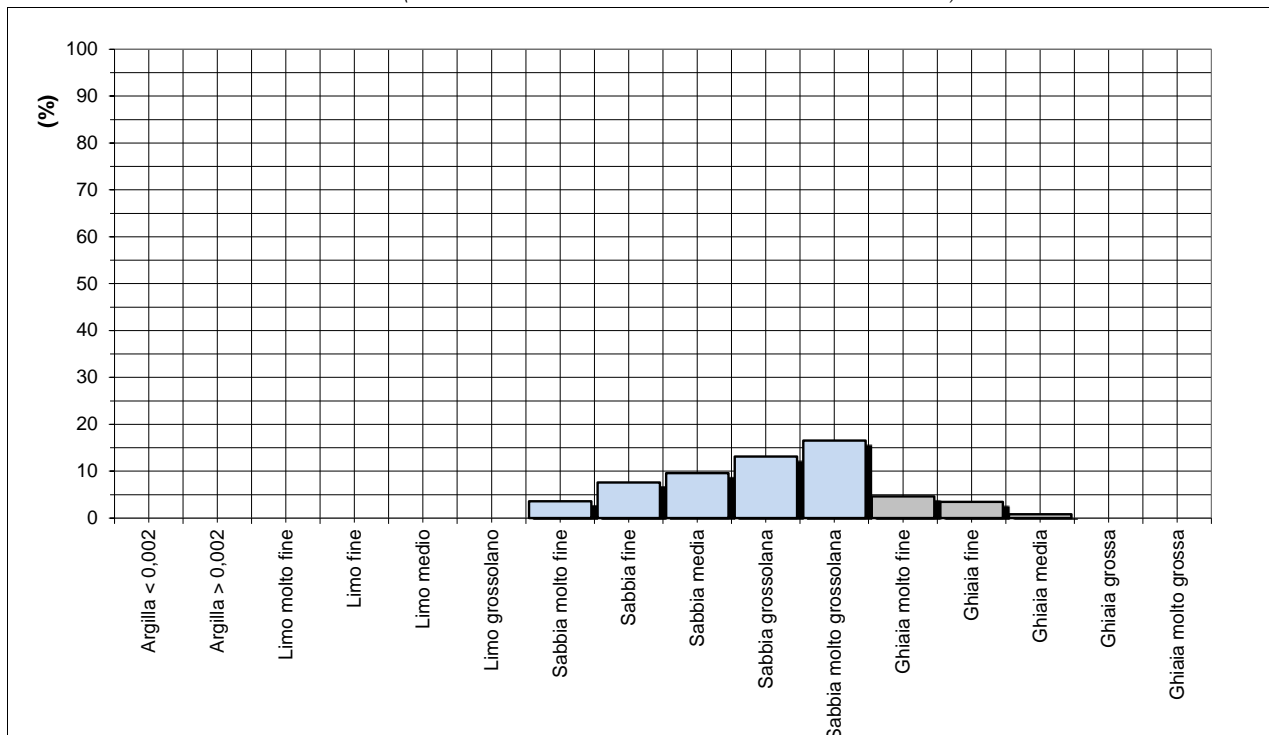
PARAMETRI STATISTICI (SECONDO FOLK & WARD)

| | | | | | |
|---|--|---|---|--------------------------|-----|
| INDICE DI APPIATTIMENTO | K_G | / | / | Mean Size | / |
| SIMMETRIA | Sk_i | / | / | Median (ϕ) | / |
| CLASSAZIONE | σ_i | / | / | Classi modali (ϕ) | |
| CLASSIFICAZIONE AGI | SABBIA CON LIMO (E ARGILLA) DEB.GHIAIOSA | | | | |
| NOTE: | | | | -0,6 | 0,4 |
| I parametri statistici non sono stati calcolati in quanto manca l'analisi granulometrica degli elementi con $\phi < 0,075$ mm | | | | | |

CURVA DI FREQUENZA SEMPLICE (SECONDO CLASSI GRANULOMETRICHE DI UDDEN - WENTWORTH)



ISTOGRAMMA DI FREQUENZA SEMPLICE (SECONDO CLASSI GRANULOMETRICHE DI UDDEN - WENTWORTH)



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi