

PROVINCIA DI L'AQUILA
COMUNE DI CARAPELLE CALVISIO

**INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA POST-SISMA SUI MURI DI
CONTENIMENTO IN CARAPELLE CALVISIO**

Richiedente: COMUNE DI CARAPELLE CALVISIO

Data	Relazione geologica, sismica e caratterizzazione geotecnica
Ottobre 2015	Dott. Geol. Silvio Tatoni

INDICE	
PREMESSA	2
PARTE PRIMA	4
INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	5
INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	8
INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	12
PARTE SECONDA.....	19
CAMPAGNA GEOGNOSTICA	20
ZONA A	20
LE PROVE PENETROMETRICHE	20
PROVA SISMICA MASW.....	24
PROVA SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P	25
INDAGINE SISMICA CON REGISTRAZIONE DI MICROTREMORI	27
MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO ZONA A	28
ZONA C	31
RILEVAMENTO GEOMECCANICO	31
INDAGINE SISMICA.....	33
PROVA SISMICA MASW.....	33
PROVA SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P	35
INDAGINE SISMICA CON REGISTRAZIONE DI MICROTREMORI	37
MODELLO GEOLOGICO – TECNICO ZONA C	38
ANALISI DI STABILITA' DEL PENDIO	40
ZONA E.....	42
INDAGINE SISMICA CON REGISTRAZIONE DI MICROTREMORI	43
INDAGINE G.P.R. (GROUND PENETRATING RADAR)	43
MODELLO GEOLOGICO – TECNICO ZONA E	50
CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA	52
CONCLUSIONI	56

PREMESSA

Il presente studio, inerente gli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici e geotecnici del "PROGETTO DI MESSA IN SICUREZZA POST-SISMA SUI MURI DI CONTENIMENTO IN CARAPELLE CALVISO" è stato redatto, ai sensi della normativa nazionale e regionale vigente, su incarico del Comune di Carapelle Calvisio. Il progetto identifica tre aree d'intervento:

- ZONA "A", PIAZZALE DELL'ASILO;
- ZONA "C", PIAZZA D'ANNUNZIO-VIA VITTORIO VENETO;
- ZONA "E", VIA VITTORIO VENETO-VIA GARIBALDI.

La sostituzione del muro di contenimento con realizzazione di un nuovo muro in c.a. è prevista per la sola zona "A", mentre negli altri due casi si intende procedere al consolidamento dei muri esistenti.

Pertanto, in ragione delle limitate economie disponibili, sono state concentrate la maggior parte delle indagini geognostiche ai sensi delle NTC 2008 nella zona "A", mentre per le zone "C" ed "E" si è proceduto in massima parte con i dati sperimentali e bibliografici già a disposizione dell'amministrazione comunale (Studi di MS di 1° livello, Piano di Ricostruzione, indagini per la ricostruzione degli aggregati).

I siti d'intervento sono riportati in Fig. 1.

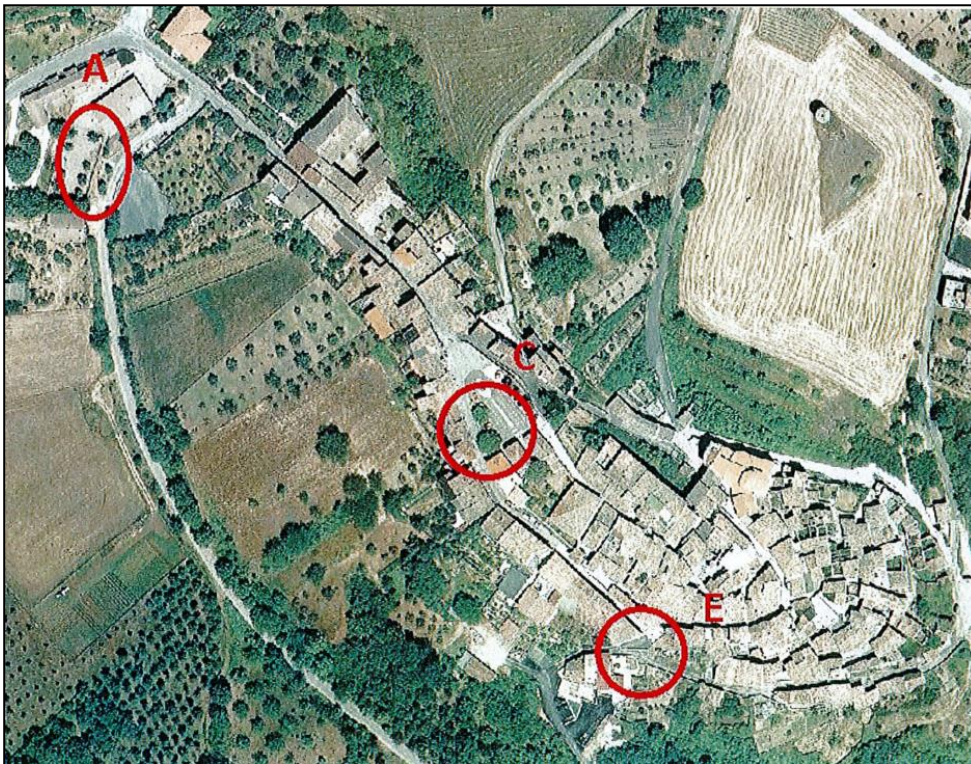


Fig.1 AEROFOTO CON UBICAZIONE SITO

Il lavoro, nel rispetto della normativa vigente, è stato sviluppato nel modo seguente:

Parte Prima, Relazione Geologica:

- ◆ rilievo geologico e morfologico dell'area;
- ◆ analisi geologica, morfologica ed idrogeologica sulla base anche delle indagini effettuate.

Parte seconda caratterizzazione sismica e geotecnica del profilo di sottosuolo (basata sulle indagini effettuate):

- ◆ indagini geognostiche e indagini geofisiche;
- ◆ elaborazione dei dati derivanti dalle indagini sismiche e geotecniche;

Il lavoro è stato eseguito in conformità delle vigenti normative nazionali e regionali in materia (*D.M. 14.01.2008 - *Norme Tecniche per le Costruzioni 2008*; *Circolare 2 febbraio 2009 del Consiglio Superiore Lavori Pubblici - *Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008*; *Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - *Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007*; *O.P.C.M. 3274 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"; *D.M. 11.03.1998; *D.M. 29.05.1895; *L. 2 febbraio 1974, n.64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"; * Leggi regionali in materia).

Nell'area di sedime degli muri è stata condotta, in accordo con il progettista, ai sensi della normativa vigente (Par. 6.2.2, Cap. 6, NTC 2008), una specifica campagna geognostica volta ad acquisire la stratigrafia superficiale e la caratterizzazione geotecnica e sismica del sito A. Nel sito C sono state utilizzate le indagini effettuate per aggregati limitrofi. Nel sito E sono state effettuate stese GPR oltre ad utilizzare le indagini pregresse derivanti dalla MS di 1° livello. La disposizione e tipologia delle indagini è stata condizionata dall'assetto urbanistico dell'area. Lo studio geologico e geomorfologico effettuato ha permesso l'accertamento delle principali caratteristiche geologiche, geomorfologiche e stratigrafiche dell'area.

PARTE PRIMA

INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'area di studio ricade nel territorio comunale di Carapelle Calvisio, ad un'altitudine di 877 metri s.l.m.. Detta area è compresa nel Foglio 360 "Torre de Passeri" della Carta geologica D'Italia in scala 1:50.000. In particolare l'area indagata si trova al centro della Carta Topografica Regionale della Regione Abruzzo scala 1:25.000 (Fig. 2), alle pendici nord-orientali del Monte La Serra (1223 m). A settentrione dell'area di studio il paesaggio si caratterizza per la presenza del rilievo di Monte Mattone (1267 m). A meridione è presente l'allineamento dei rilievi carbonatici di Monte La Serra (1223 m) e Monte Gentile (1257 m), con direzione NW-SE.



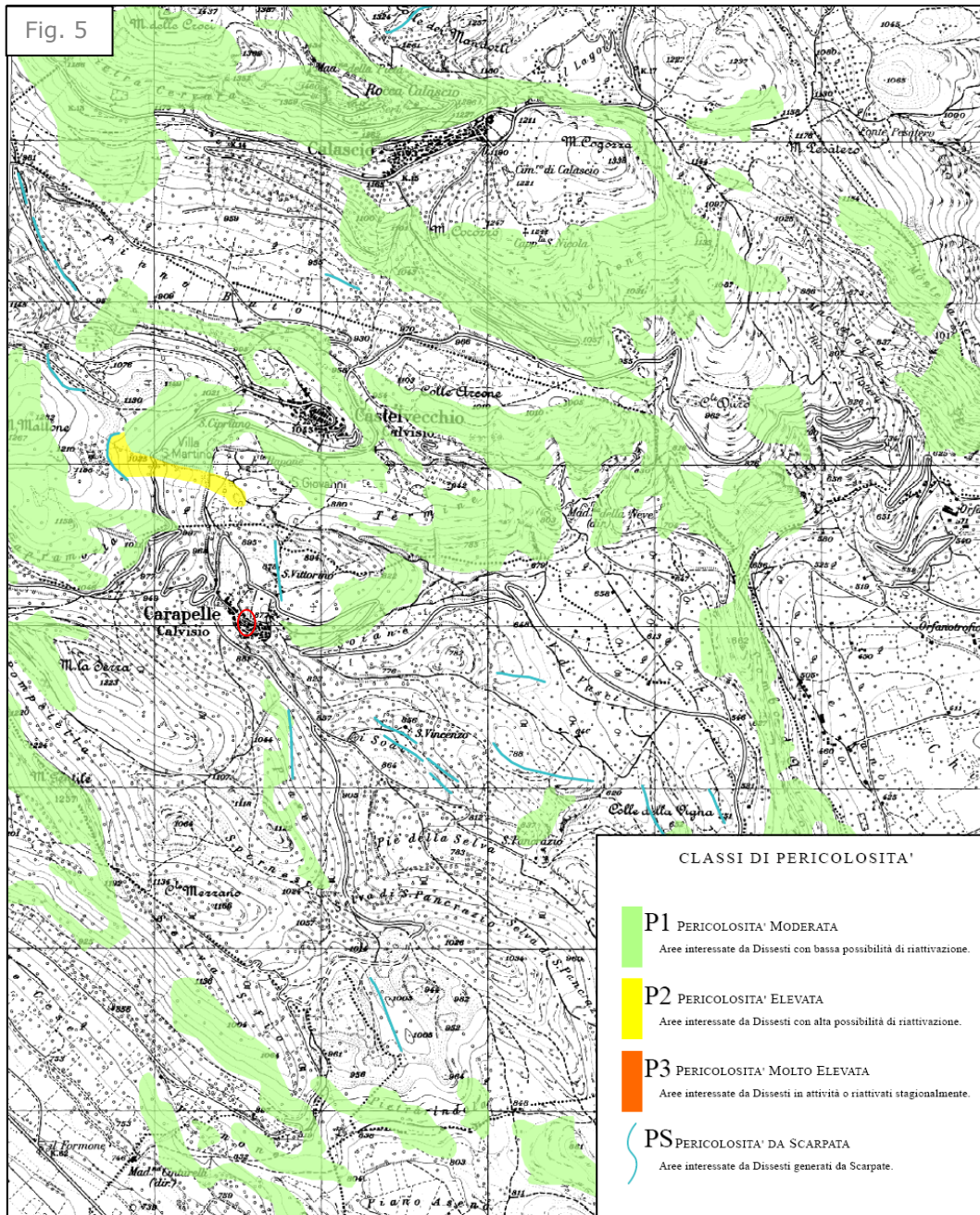
Arroccato sulle propaggini meridionali del Gran Sasso d'Italia al comune di Carapelle Calvisio si accede dalla S.S. 17 deviando al bivio di Castelnuovo di San Pio delle Camere e risalendo verso nord in direzione di Castelvecchio Calvisio. La posizione del Paese ha fatto sì che nei secoli passati Carapelle fosse un punto obbligato di passaggio per i mercanti che dal mare si recavano verso l'interno, la strada romana Claudia Nova non distava molto dal paese.

Il Comune di Carapelle Calvisio si trova sui rilievi che costituiscono il bordo settentrionale della depressione intramontana, denominata Piana di Navelli, al cui interno scorre il F. Tirino, con direzione circa NW - SE. Si tratta di un'estesa depressione di origine tettonica, che si estende in direzione NW-SE da Ofena a Bussi, racchiusa tra alti rilievi formati prevalentemente da rocce carbonatiche e, subordinatamente, da arenarie, di età meso-cenozoica.

La morfologia dell'area denota un forte controllo strutturale, generato da una tettonica distensiva con direzioni E-W ed appenninica. Oltre alla tettonica hanno agito nell'area importanti fenomeni fluvio-lacustri, che nel Plio-Pleistocene hanno messo in posto grandi depositi sedimentari che sono stati successivamente più volte erosi ed alluvionati. Nell'area in esame, i principali agenti

Circa 1 Km a oriente dell'area di studio è presente un orlo di scarpata con influenza strutturale, mentre sul versante meridionale di M.te Mattone (zona Capramorta), a circa 2 Km, si osserva un alveo con tendenza ad approfondimento risultato dei processi di erosione delle acque correnti superficiali, tali forme non coinvolgono l'area oggetto dell'intervento in progetto.

Nella Carta di pericolosità (Fig. 5) inserita nel Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Abruzzo si osservano nell'intorno del centro abitato aree di pericolosità moderata P1 che non coinvolgono l'area d'interesse.



Il rilevamento non ha evidenziato nell'area investigata tracce o indizi che indichino processi di instabilità in atto, pertanto i siti sono definiti stabili. A ulteriore conferma di tale valutazione l'area in esame è riportata come bianca nel Piano Stralcio di Bacino per l'assetto idrogeologico (PAI) (L.R. 18.5.1989).

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'attuale assetto geologico-strutturale dell'Appennino centrale è il risultato di una complessa serie di eventi, prima compressivi (Miocene-Pliocene) e successivamente distensivi (Pliocene-Pleistocene), con la conseguente formazione delle numerose conche intramontane presenti in questo settore.

L'area di studio ricade nell'*Unità M. Cappucciata-M. Offermo*, che fa parte di una unità più estesa regionalmente l'*Unità Gran Sasso-Genzana*, essa è costituita da successioni carbonatiche che riflettono gli effetti della tettonica sinsedimentaria e dell'evoluzione paleogeografica che ha caratterizzato tale settore dal Trias al Neogene. Alla base delle diverse successioni affiorano i depositi carbonatici della paleopiattaforma del triassico-liassico inferiore. Nella porzione centro-orientale del settore (Ofena – S. Stefano di Sessanio - Castel del Monte) al di sopra dei suddetti depositi affiora una successione mesozoica di piattaforma carbonatica. Nella zona più orientale, invece già dal Lias medio si sviluppa durante la fase distensiva giurassica una successione di bacino prossimale che continua fino al Paleogene, mentre la fascia meridionale (Ofena-Capestrano) è caratterizzata all'inizio da depositi di gradino ribassato e di *slope* del Lias medio-Malm cui seguono superiormente depositi di scarpata cretacico-paleogenici. Nell'estrema porzione nord-orientale, al di sopra dei depositi di piattaforma cretacici, si registra una fase di affogamento di tale settore durante il Paleogene.

Il coinvolgimento nel dominio di avanfossa dell'*Unità M. Cappucciata-M. Offermo* è evidenziato dalla deposizione durante il Messiniano basale delle torbiditi silico-clastiche della parte alta delle *calcareniti di M. Fiore*, mentre i *conglomerati di M. Coppe* (Messiniano superiore-Pliocene basale) e i *conglomerati di Rigopiano* (Pliocene inferiore) rappresentano la deposizione in ambienti di bacino satellite, subito dopo la prima strutturazione in catena dell'unità in esame.

Dalla **Carta geologica d'Italia** (FOGLIO 360- Torre de' Passeri, Scala 1.50.000) (Fig. 6) risultano presenti i seguenti **depositi pre pleistocenici**:

- **Argille e sabbie di Pagliare (Pliocene inf.)** - Alternanze tra strati medi di sabbie poco cementate ed argille fossilifere affiorano a NW del centro storico di Carapelle Calvisio.
- **Conglomerati di Monte Coppe (Messiniano sup.- Pliocene inf.)** - Calciruditi poligeniche, generalmente ben cementate, ad elementi calcarei, selce e clasti estranei alle

serie locali. Locale presenza di livelli argillo-marnosi e di arenarie affiorano a NW del centro storico di Carapelle Calvisio.

- **Calcari ad ellipsactinie (ELL) (KIMMERIDGIANO – TITONIANO)** - I calcari ad ellipsactinie costituiscono il margine biocostruito della piattaforma carbonatica durante il Giurassico superiore ed affiorano diffusamente su tutto il versante meridionale di M. delle Croci a nord dell'abitato di Calascio. Sono prevalentemente costituiti da grainstones e rudstones bianchi ed avana chiaro, a luoghi molto ricristallizzati, con bioclasti (prevalenti) ed intraclasti, in strati da medi a molto spessi o a giacitura indistinta, con geometria frequentemente lenticolare, contenenti abbondanti frammenti di echinodermi, ellipsactinie e coralli.
- **Calcari a clasti neri e gasteropodi (CNE) (BERRIASIANO - VALANGINIANO)** - I calcari a clasti neri e gasteropodi affiorano nell'area di Calascio - Castelvecchio Calvisio. Rappresentano il termine di passaggio da una *facies* di margine del Giurassico superiore (sono eteropici di parte dei *calcari ad ellipsactinie* (ELL) ad una *facies* di piattaforma interna del Cretacico inferiore (eteropici di parte dei *calcari ciclotemici a gasteropodi* (CCG). Lo spessore totale dell'unità varia dai 50 ai 70 m. E' costituita da prevalenti *grainstones* di colore avana, con bioclasti ed intraclasti generalmente ben selezionati, con locale intercalazioni di livelli a *wackestones* nocciola e, nell'area sottostante Calascio, M. Pesatero, di brecciole a clasti neri, in strati da sottili a medi, solo a luoghi spessi, contenenti verso l'alto intercalazioni di *packstones* - *wackestones* avana ed avana chiaro in strati medi.
- **Calcari ciclotemici a gasteropodi (CCG) (VALANGINIANO - BARREMIANO inferiore)** - Questa unità affiora diffusamente nel territorio in esame da M. delle Croci, a nord dell'abitato di Calascio, a M. La Serra a meridione di Carapelle Calvisio. Costituisce il substrato litoide affiorante nel centro storico di Carapelle. Rappresenta un episodio di progradazione durante il Cretacico inferiore delle *facies* di retromargine che si sovrappongono su *facies* di margine del Giurassico superiore e del Cretacico inferiore iniziale (*Calcari ad ellipsactinie- Calcari a gasteropodi e clasti neri*). L'unità è costituita da *mudstones* e *wackestones* avana chiaro, in strati medi, frequentemente laminati, contenenti orizzonti con alternanze di calcari fango e granulo sostenuti organizzati in cicli a scala metrica e decimetrica tipo *shallowing-upward*, con presenza, al tetto dello strato, di livelli nerastri, strutture da disseccamento, rare lamine stromatolitiche, brecciole a clasti neri, ooidi, noduli rivestiti e livelli marnosi verdastri a geometria lenticolare. Verso l'alto compaiono frequenti intercalazioni, di spessore anche metrico e spesso canalizzate, di *wackestones* - *packstones* a nerineidi. Nella parte inferiore sono prevalenti *grainstones* e *wackestones* con abbondanti bioclasti, da medi a grossolani, laminazioni parallele con

alternanze di materiale più fine e grossolano (tempestiti). Nella parte superiore prevalgono *wackestones*, con orizzonti di gasteropodi ricristallizzati. Lo spessore massimo valutabile per l'unità descritta si aggira attorno ai 400 m.

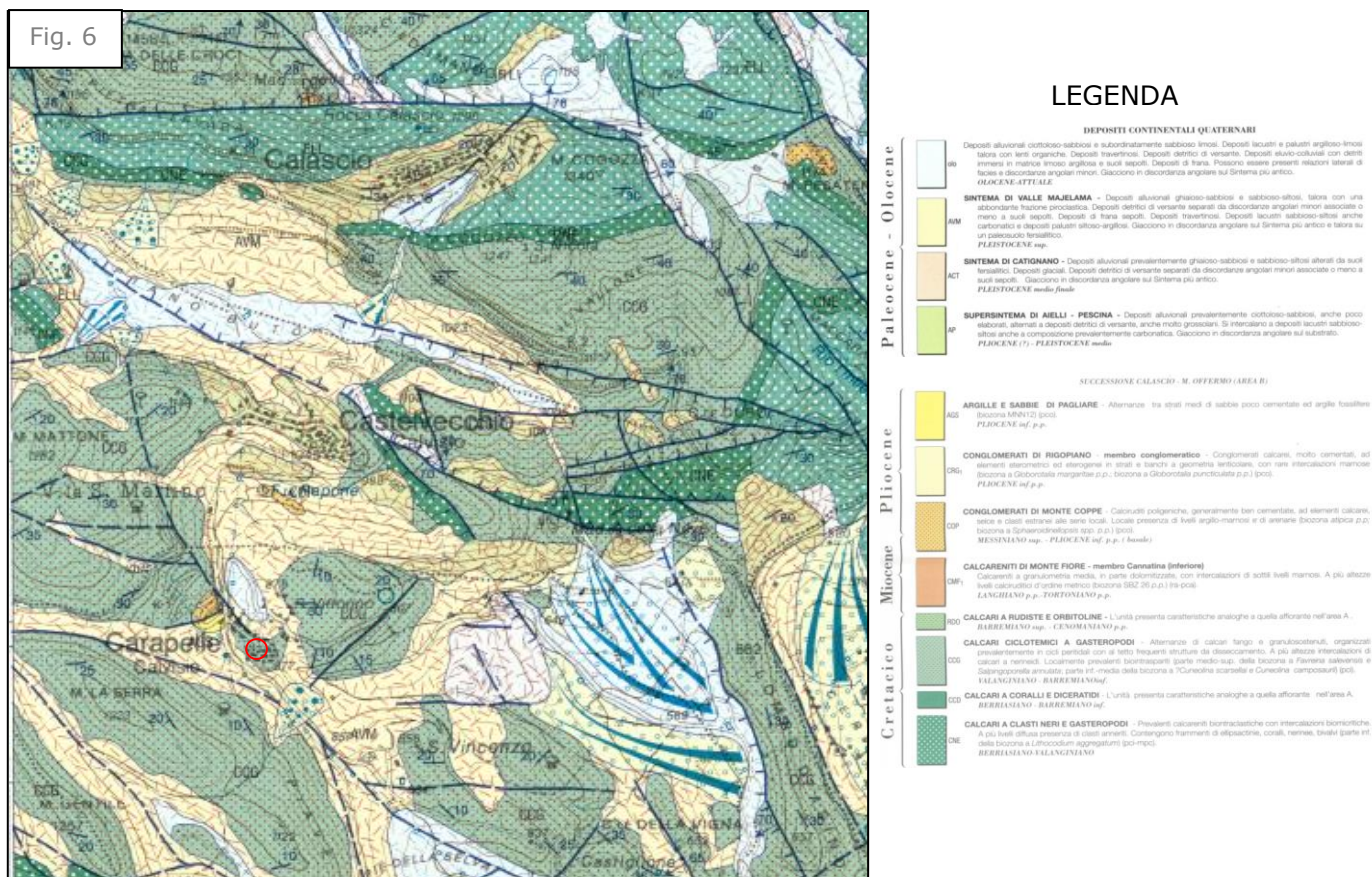
Depositi del Pleistocene – Olocene:

- **Sintema di Valle Majelama (AVM) (PLEISTOCENE SUPERIORE)**

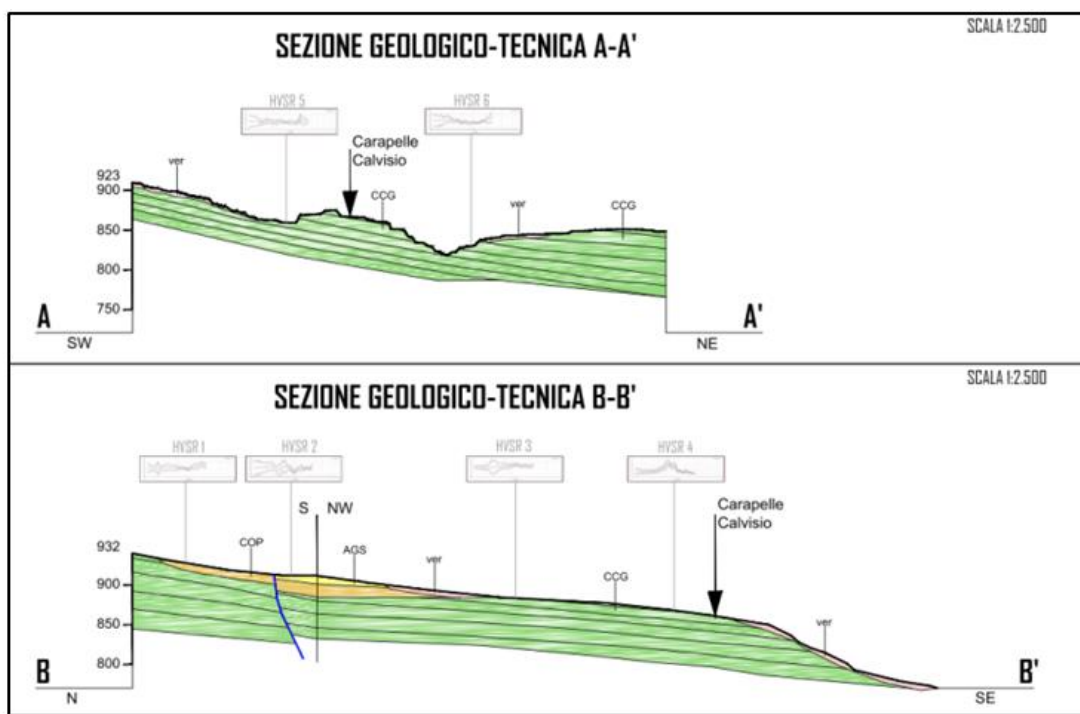
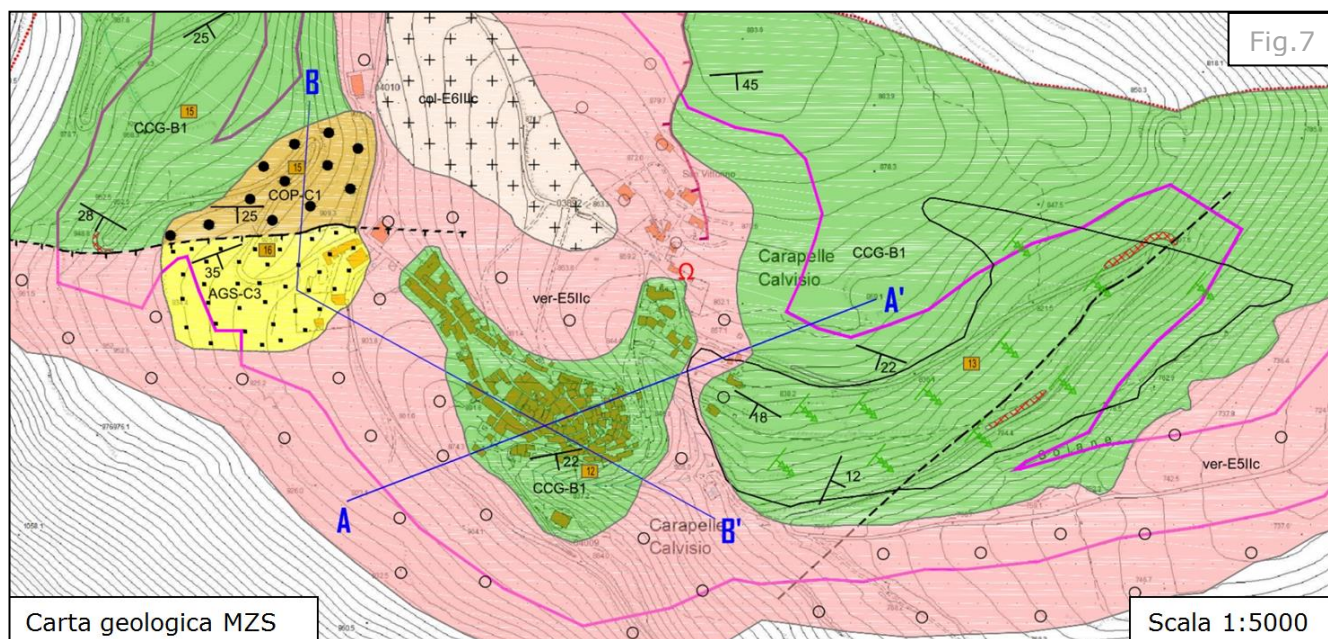
Le aree a nord e a sud dell'abitato di Carapelle Calvisio sono caratterizzate dalla presenza di depositi di origine alluvionale, ghiaioso – sabbiosi e sabbioso – silteosi con frequente presenza di abbondante frazione piroclastica, depositi detritici di versante e depositi glaciali separati da discordanze angolari minori associate o meno a suoli sepolti (SGI 2006).

- **Depositi Olocenici (olo) (OLOCENE)**

A nord di Carapelle Calvisio, sono presenti depositi alluvionali ciottolosi e sabbiosi e subordinatamente limosi, talora con lenti organiche. Sono presenti anche depositi di versante, depositi eluvio – colluviali con detriti in matrice limoso – argillosa e suoli sepolti. Frequenti le variazioni laterali di facies e discordanze angolari minori. I depositi giacciono in discordanza sul Sintema più antico (SGI, 2006).



Dalla visione della **Carta geologica di MZS**, scala 1:5.000 (Dott. Geol. G. Barone, Microzonazione Sismica di 1° livello, 2013) (Fig.7), e dalle relative sezioni geologico-tecniche A-A' e B-B' (Fig. 8), risulta che la ZONA "C" (Piazza D'Annunzio-Via Vittorio Veneto) e la ZONA "E" (Via Vittorio Veneto-Via Garibaldi) sono ubicate sui *Calcari ciclotemici a gasteropodi* (CCG) (Valanginiano - Barremiano inferiore), mentre la Zona "A" (Piazzale dell'Asilo) ricade sui depositi di argille e sabbie di Pagliare (Pliocene inf.).



INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista idrogeologico, il settore di Appennino centrale in cui è inserita l'area d'intervento fa parte del Dominio di piattaforma carbonatica, caratterizzato da altissimi valori di infiltrazione efficace e attiva circolazione sotterranea (SCHEMA IDROGEOLOGICO DELL'ITALIA CENTRALE, Boni C. et al., 1986). In particolare l'area in studio ricade all'interno del **Complesso di piattaforma carbonatica**. Si tratta di una successione calcarea (intrabiospariti, oospariti e biomicriti prevalenti) e calcareo-dolomitica di piattaforma subsidente, priva di significative intercalazioni terrigene, a cui sono stati accorpati i lembi calcarei miocenici trasgressivi sui carbonati mesozoici, ha spessore variabile da poche centinaia di metri a 3000 m (Giurassico-Miocene inf.) (Fig. 9).

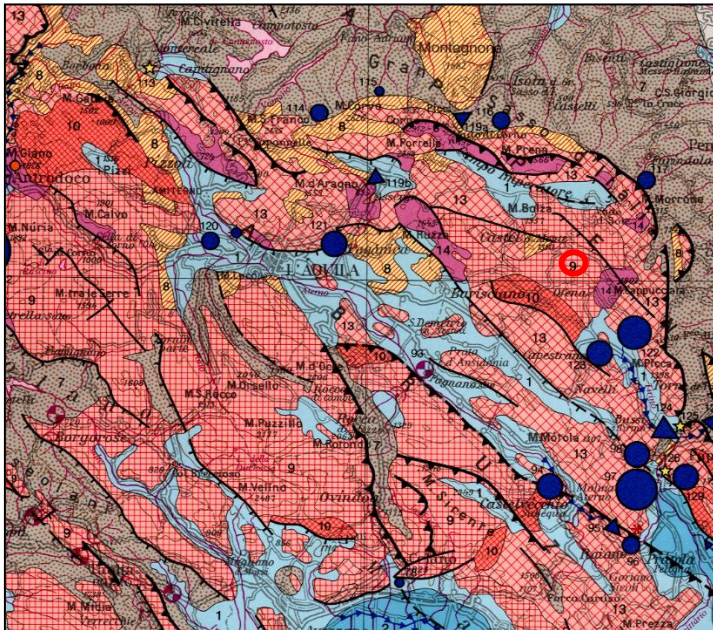


Fig. 9- SCHEMA IDROGEOLOGICO DELL'ITALIA CENTRALE, Boni C. et al., 1986

Questa monotona successione carbonatica, formata da strati di spessore considerevole e priva di intercalazioni plastiche, ha reagito alle sollecitazioni tettoniche come una massa rigida e fragile. I carbonati sono stati minutamente frammentati da un esteso reticolo di fratture. Tale processo ha favorito un processo di infiltrazione intenso che ha generato un reticolo carsico molto esteso e ramificato che alimenta falde imponenti che saturano la base delle strutture carbonatiche e drenano verso le grandi sorgenti poste alla periferia dei sistemi carsici, con regimi di portata molto regolari.

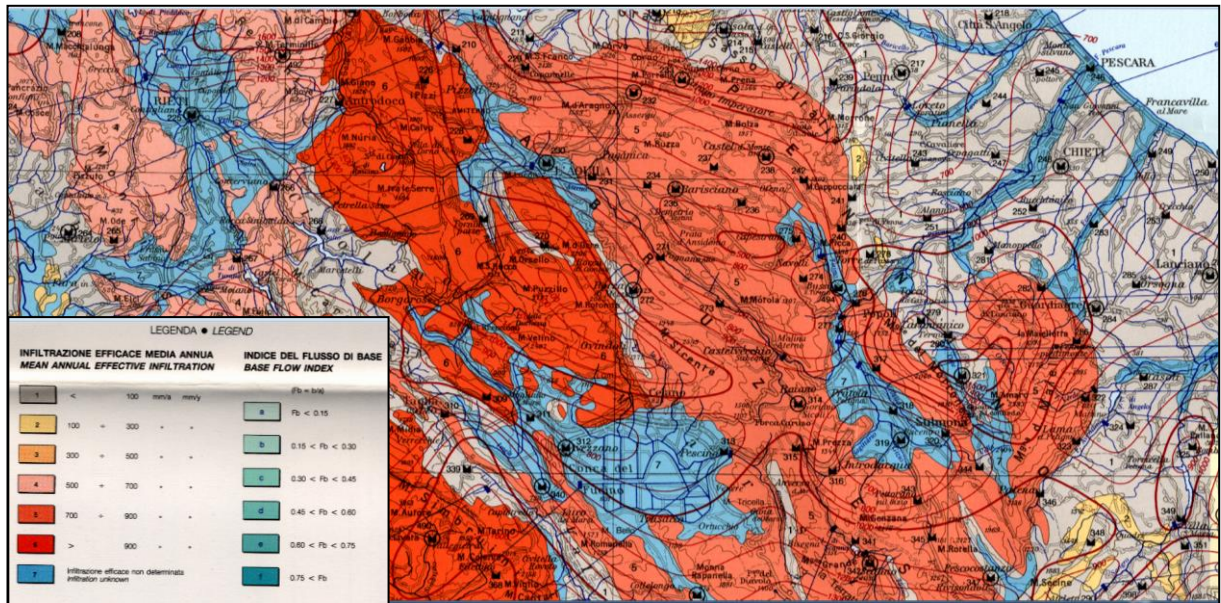


Fig. 10 - CARTA IDROLOGICA IN SCALA 1:500.000 (SCHEMA IDROGEOLOGICO DELL'ITALIA CENTRALE, Boni C. et al., 1987)

Dalla Carta idrologica riportata in Fig. 10, risulta che l'area d'intervento è caratterizzata da infiltrazione efficace media annua compresa tra 700 e 900 mm/a e piovosità media annua compresa tra 700 e 800 mm/a. Tale dato sta a significare che le precipitazioni vengono completamente assorbite dal terreno a meno della componente di evapotraspirazione. Infatti nel territorio in studio sono completamente assenti le acque superficiali.

La superficie piezometrica della falda basale, ospitata nell'acquifero carbonatico, è molto profonda rispetto alla superficie topografica dell'area d'interesse, in ragione delle caratteristiche di elevata permeabilità senza soluzione di continuità dell'acquifero stesso. Detta falda emerge in corrispondenza della sorgente di Capodacqua del Tirino ($Q = 5 \text{ mc/sec}$, quota 340 m s.l.m.).

A settentrione del centro storico di Carapelle C. sono presenti falde superficiali di estensione e potenza limitate, contenute all'interno dei *depositi detritici olocenici e negli strati sabbiosi delle argille e sabbie plioceniche*, caratterizzati da notevole eterogeneità litologica e da spessore limitato.

Tali complessi idrogeologici secondari possono essere così descritti:

Complesso Detritico: costituito da detriti di versante, detrito di falda sciolto e coperture detritico - colluviali (Olocene - Pliostocene inf.). Questo complesso è caratterizzato da permeabilità per porosità medio-alta, variabile, in funzione della granulometria dei depositi, della maggiore o minore presenza di matrice, del grado di cementazione. L'infiltrazione efficace è generalmente elevata. Nei depositi di riempimento della valletta alluvionale posta a nord del centro storico di

Carapelle C. è presente un modesta falda superficiale, captata da un'antica opera di presa, costituita da un serbatoio a cui si accede da una scalinata.

Complesso Argilloso-Sabbioso: costituito da alternanze tra strati medi di sabbie poco cementate ed argille fossilifere. Questo complesso ha permeabilità bassa. I pozzi presenti a valle del muro nel sito "A" sono alimentati da una falda superficiale sostenuta da tale complesso.

Sulla base di quanto esposto si può affermare che la falda basale è molto profonda al di sotto dell'area in esame, che le falde superficiali, peraltro modeste, presenti sul territorio interessano la sola zona A.

SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

Nel § 7.11.3.4 delle *N.T.C. 2008, "STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE "*, si prescrive che nel caso il terreno di sedime del manufatto oggetto di verifica sia suscettibile di liquefazione, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.

La sicurezza nei confronti della liquefazione può essere valutata con procedure analitiche avanzate o con metodologie di carattere semi-empirico sulla base delle proprietà meccaniche dei terreni.

Per liquefazione di un terreno s'intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi.

I fenomeni di liquefazione interessano in genere depositi sabbiosi saturi e dipendono principalmente da: proprietà geotecniche dei terreni, caratteristiche delle vibrazioni sismiche e loro durata, genesi e storia geologica dei terreni. Un terreno incoerente saturo, in assenza di sollecitazioni sismiche è soggetto alla pressione litostatica, dovuta al peso dei sedimenti sovrastanti. Durante una sollecitazione sismica vengono indotte nel terreno delle sollecitazioni cicliche di taglio, dovute alla propagazione delle onde sismiche verso la superficie, mentre la pressione litostatica resta costante. Nel terreno si possono generare fenomeni di liquefazione se la scossa sismica produce un numero di cicli tale da far sì che la pressione interstiziale uguagli la pressione di confinamento. Nei depositi la pressione di confinamento aumenta con la profondità, mentre l'ampiezza dello sforzo di taglio indotto dal sisma diminuisce. La resistenza alla liquefazione quindi è maggiore con la profondità. Maggiore è la durata di un terremoto più alta è la possibilità che si arrivi (maggior numero di cicli) alla liquefazione.

Inoltre, maggiore è l'ampiezza della vibrazione e della deformazione indotta e minore è il numero di cicli necessari per giungere a tale condizione. La probabilità che un deposito raggiunga le condizioni per la liquefazione dipende anche dallo stato di addensamento, dalla composizione

granulometrica, dalle condizioni di drenaggio, dalla storia delle sollecitazioni sismiche e dall'età del deposito stesso. Tanto minore è il grado di addensamento del materiale (elevato indice dei vuoti e bassa densità relativa) tanto maggiore è la probabilità che, a parità di altre condizioni, un deposito raggiunga lo stato di liquefazione. Le NTC richiedono una verifica alla suscettibilità di liquefazione dei terreni del sito sul quale insiste la progettazione di un manufatto. Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione. Prima della vera e propria verifica della suscettibilità di liquefazione, le NTC propongono una griglia di casi per i quali il sito non presenta possibilità di liquefazione dei terreni. Le NTC recitano che "La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze":

- a) eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
- b) accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0,1g$;
- c) profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- d) 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;
- e) distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig.7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

In considerazione della litologia francamente litoide dei terreni di sedime del centro storico e dell'assenza di una falda entro i primi 15 m di profondità dal piano campagna, si omette la verifica alla liquefazione per la **Zona C** e **zona E**, ai sensi del paragrafo 7.11.3.4.2 delle D.M. 14.01.2008 - *Norme Tecniche per le Costruzioni 2008*.

Zona A

Tra i tipi di terreno presenti nell'area indagata, quelli non coesivi e poco addensati saturi sono quelli più suscettibili al fenomeno della liquefazione. Per liquefazione s'intende un processo di accumulazione della pressione del fluido interstiziale che causa in un terreno non coesivo saturo (sabbia, ghiaia, limo non plastico) la diminuzione della resistenza e/o rigidità a taglio a seguito

dello scuotimento sismico, potendo dar luogo a deformazioni permanenti significative. Più specificamente si possono ritenere liquefacibili quei depositi che presentano le seguenti caratteristiche:

- terreni granulari a granulometria da fine a media (sabbie, sabbie con limo, limi con sabbia);
- contenuto in limo da 0 a 25%;
- da poco a mediamente addensate;
- diametro efficace dei granuli al 50%: ovvero D_{50} compreso fra 0.074 e 2.0 mm;
- bassi valori di N_{SPT} ;
- spessore degli strati > 1.0 m;
- presenza della falda (inferiore a 15 m dal p.c.).

Per la **verifica di liquefazione nel sito A**, nel sondaggio DPSH (Fig. 11), sono stati prelevati con sistema direct push, alle profondità di 3,00/3,70 m e di 4,50/5,20 m dal p.c., due campioni da sottoporre ad analisi granulometriche in laboratorio. Nell'intervallo 3,00-5,20 m, interessato dalle operazioni di campionamento, non sono stati presi i valori di N_{spt} . Le analisi di laboratorio sono state eseguite del laboratorio geotecnico CNG S.r.l, via Squinzano, N°87 - 00133 Roma, in possesso di Certificazione Ufficiale rilasciata dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti N° 4537 ad eseguire e certificare prove geotecniche.

Dei 2 campioni prelevati è stato analizzato solo il primo (3,00-3,70), in quanto il secondo (4,50-5,20) non si prestava ad analisi granulometrica ai fini della verifica alla liquefazione, essendo la sua composizione francamente pelitica con inclusi clastici grossolani.



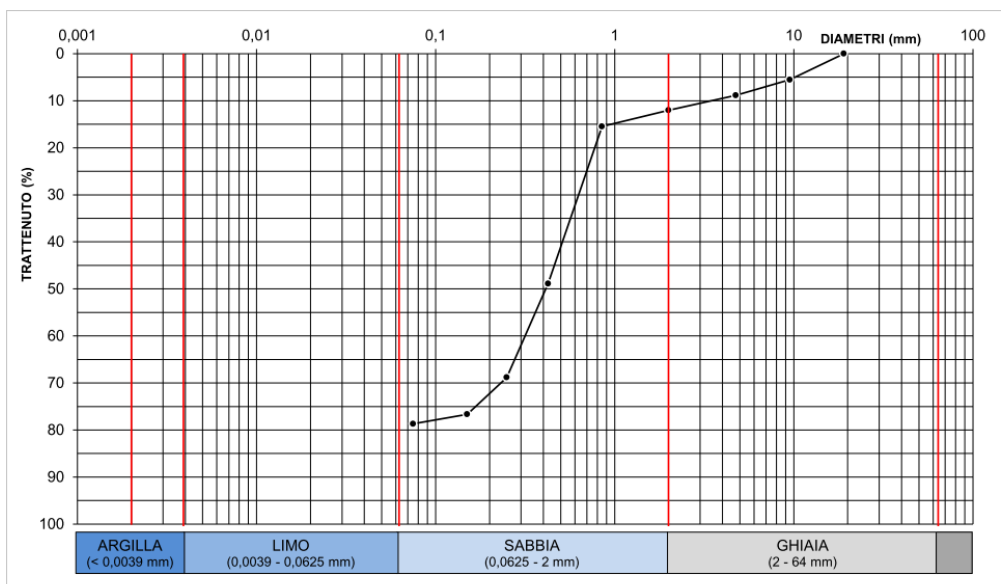
Le caratteristiche granulometriche (secondo Udden - Wentworth) risultate dall'analisi granulometrica sul 1° campione sono:

CIOTTOLI %	0,0	GHIAIA %	12,0	SABBIA %	67,0	LIMO E ARGILLA %	21,0	IND.GRUPPO	/
D ₁₀ (mm)	/	D ₃₀ (mm)	0,231	D ₅₀ (mm)	0,413	D ₆₀ (mm)	0,511	COEFF.DI UNIFORMITA'	/
PASSANTE AL SETACCIO 200 (%)	21,3	PERCENT. ARGILLA < 0,002 mm		/	COEFF.DI CURVATURA		/		

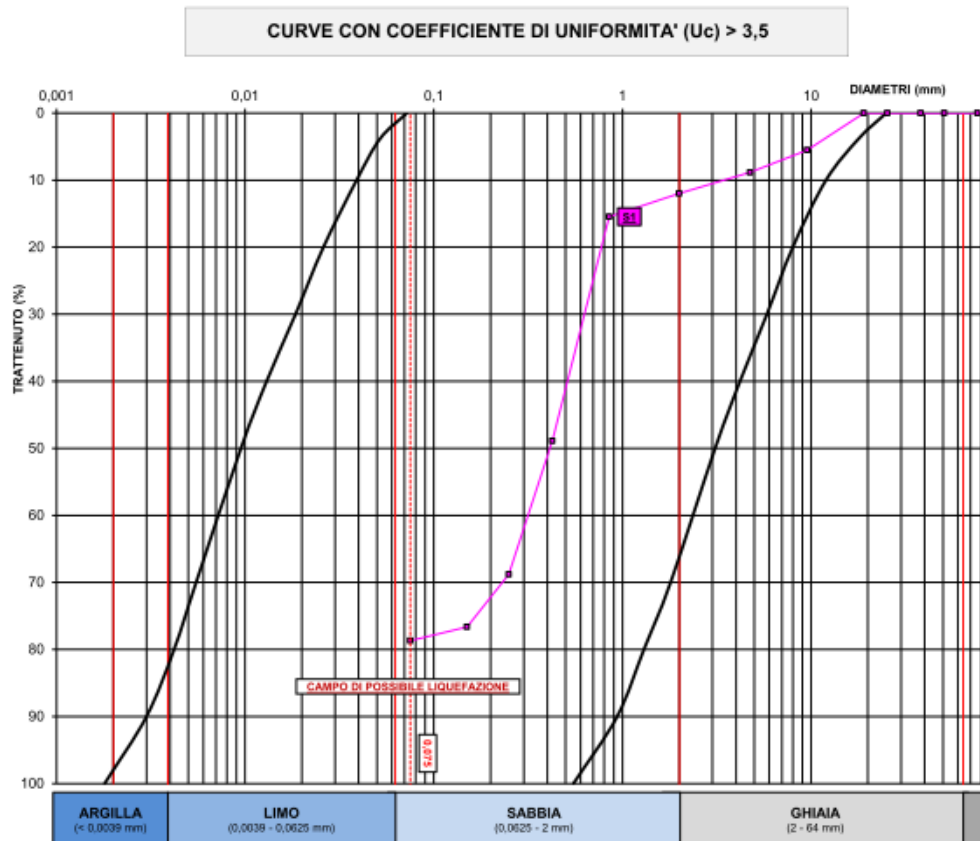
Il deposito campionato presenta le seguenti caratteristiche:

- terreno granulare a granulometria da fina a media (ghiaia 12%, sabbia 67%, limo e argilla 21%);
- diametro efficace al 50% dei granuli per la sabbia, $D_{50} = 0,413$, è compreso fra 0.074 e 2.0 mm;
- contenuto in limo 21% (da 0 a 25%);
- da poco a mediamente addensate;
- bassi valori di NSPT;
- spessore degli strati > 1.0 m (1,50 m);
- presenza della falda a 3,00 m fino a 5,20 m dal p.c. (inferiore a 15 m dal p.c.).

La curva granulometrica risultata è presentata di seguito:



Sulla base della distribuzione granulometrica per terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$, il deposito risulta **suscettibile di liquefazione**, con probabilità di liquefazione a partire dalla profondità di 3,00 m fino a 4,50 m dal p.c.



I report delle prove sono riportati negli allegati.

Sulla base di quanto sopra delineato si ritiene di poter affermare che i livelli sabbiosi presenti sotto falda possono essere soggetti a fenomeni di liquefazione del terreno, ma solo per forti terremoti, indicativamente con accelerazione superiore a 0.275 g. Il forte sisma del 6 aprile 2009, non ha generato nell'area un'accelerazione sufficiente a generare tale fenomenologia dissestante. Le frazioni ghiaiose e argillose sempre presenti all'interno dei depositi superficiali riducono fortemente la possibilità che la liquefazione delle sabbie si verifichi effettivamente.

PARTE SECONDA

CAMPAGNA GEOGNOSTICA

ZONA A

Per definire il modello geologico, sismico e geotecnico del sito nella **zona A**, ex NTC 2008, è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche in sito consistita in:

- N. 3 prove penetrometriche superpesanti (DPSH1, DPSH2, DPSH) effettuate immediatamente a monte (DPSH1) e a valle del muro (DPSH2 e DPSH), per la caratterizzazione geotecnica dei terreni di sedime. Nel sondaggio DPSH sono stati prelevati due campioni da sottoporre ad analisi di laboratorio;
- N. 1 prospezione sismica con la metodologia a rifrazione, relativamente alle onde longitudinali P per la ricostruzione dell'assetto sismostratigrafico dei terreni di sedime dell'area;
- N. 1 indagine di superficie di tipo MASW per la determinazione del parametro V_{s30} dell'area in studio;
- N. 1 Registrazione di microtremori (HVSR) per la determinazione della frequenza fondamentale di risonanza del terreno del sito d'indagine.

LE PROVE PENETROMETRICHE

Allo scopo di definire lo spessore e le caratteristiche geotecniche del deposito superficiale sono state eseguite 3 prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH1, DPSH2, DPSH), dalla ditta di prospezioni geognostiche GEO LOGICA snc di Roma.



L'ubicazione delle prove è riportata in Fig. 12.

Le prove penetrometriche superpesanti consistono nell'infissione di una punta d'acciaio nel terreno mediante aste sollecitate in testa da un maglio di 73,0 Kg che cade con frequenza standard da un'altezza di 0,75 m. Tramite la misura del numero di colpi per avanzamento di 30 cm della punta si ottiene un profilo continuo di resistenza. Sulla base dei risultati delle prove penetrometriche è stata valutata la variabilità litologica della stratigrafia superficiale e le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni.

In particolare attraverso le prove penetrometriche eseguite in sito si ottengono le seguenti utili indicazioni:

- lo spessore dello strato caratterizzato da omogeneità geomeccanica;
- la consistenza e/o addensamento del terreno;
- la sua attitudine a ricevere carichi e la capacità portante di massima.

La prova termina nel momento in cui il numero di colpi punta (N(30)) relativo ad un avanzamento di 30 cm dà rifiuto intercettando un litotipo molto competente. I certificati di prova sono riportati in allegato. Le prove penetrometriche dinamiche hanno investigato l'area di sedime per una profondità massima di 10,20 m dal p.c.

Prova Penetrometrica DPSH 1 (Fig.13) eseguita nel piazzale, sopra il muro, è avanzata da 0,00 m a 6,00 m dal p.c. e ha delineato la presenza di 2 strati geotecnici:

- da 0,00 m a 3,30 m **terreno di riempimento**;
- da 3,30 m a 5,10 m **strato geotecnico 1**;
- da 5,10 m a 6,00 m **strato geotecnico 2**.



Di seguito, in tabella, sono riportati i parametri geotecnici caratteristici:

n°	H1	H2	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA					Q	Litologia			
			Nspt	Vs	G	Dr	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ed			Ysat	W	e
1	0.00	3.30	19	125	117	48	32	228	1.98	1.58	1.19	114	2.01	25.5	0.687	4.72	
2	3.30	5.10	12	139	83	38	30	144	1.94	1.52	0.75	72	1.92	31.2	0.842	2.59	
3	5.10	6.00	75	201	322	94	44	900	2.20	1.93	4.69	450	2.69	0.3	0.008	15.48	

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti C_u (kg/cm²) = coesione non drenata Y_{sat} , Y_d (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno
 V_s (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm²) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm²) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972

Prova Penetrometrica DPSH2 (Fig. 14) eseguita alla base del muro è avanzata da 0,00 m e 10,20 m dal p.c. e ha individuato 4 strati geotecnici:

- da 0,00 m a 2,70 m dal p. c. **strato geotecnico 1;**
- da 2,70 m a 7,20 m dal p.c. **strato geotecnico 2;**
- da 7,20 m a 8,10 m dal p.c. **strato geotecnico 3;**
- da 8,10 m a 10,20 m dal p.c. **strato geotecnico 4.**



Fig. 14

Di seguito, in tabella, sono riportati i parametri geotecnici caratteristici:

n°	H1	H2	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA					Q	Litologia			
			Nspt	Vs	G	Dr	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ed			Ysat	W	e
1	0.00	2.70	23	125	134	54	33	276	2.01	1.62	1.44	138	2.06	22.6	0.610	6.02	
2	2.70	7.20	2	105	22	7	26	24	1.85	1.36	0.13	12	1.75	46.9	1.267	0.51	
3	7.20	8.10	20	170	121	50	33	240	1.99	1.59	1.25	120	2.02	24.7	0.667	3.73	
4	8.10	10.20	79	223	335	95	44	948	2.21	1.95	4.94	474	2.73	---	---	14.03	

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti C_u (kg/cm²) = coesione non drenata Y_{sat} , Y_d (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno
 V_s (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm²) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm²) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972

Prova Penetrometrica DPSH (Fig. 15) eseguita in corrispondenza del livello stradale alla base del muro. La prova è avanzata da 0,00 m e 9,20 m dal p.c. e ha individuato 4 strati geotecnici, i valori di Nspt nell'intervallo di campionamento 3,00-5,20 m non sono stati considerati:

- da 0,00 m a 3,00 m dal p. c. **strato geotecnico 1**;
- da 3,00 m a 5,20 m dal p.c. livello acquifero ;
- da 5,20 m a 6,80 m dal p.c. **strato geotecnico 2**;
- da 6,80 m a 8,00 m dal p.c. **strato geotecnico 3**;
- da 8,00 m a 9,20 m dal p.c. **strato geotecnico 4**.



Di seguito, in tabella, sono riportati i parametri geotecnici caratteristici:

n°	H1	H2	NATURA GRANULARE						NATURA COESIVA					Q	Litologia		
			Nspt	Vs	G	Dr	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ed	Ysat			W	e
1	0.00	3.00	8	106	61	28	29	96	1.91	1.46	0.50	48	1.87	35.0	0.945	1.71	
2	3.00	5.20	2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.29	
3	5.20	6.80	8	139	61	28	29	96	1.91	1.46	0.50	48	1.87	35.0	0.945	1.31	
4	6.80	8.00	33	184	175	68	36	396	2.07	1.71	2.06	198	2.18	16.4	0.444	5.23	
5	8.00	9.20	68	215	300	91	43	816	2.19	1.91	4.25	408	2.60	2.3	0.061	10.11	

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno
Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm²) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm²) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972

Prova sismica Masw



L'indagine, ubicata come in Fig. 16, ha avuto lo scopo di:

- definire le velocità sismiche dei litotipi presenti nel sottosuolo dell'area di indagine;
- caratterizzare i litotipi sulla base dei valori di V_s misurati;
- calcolare il parametro V_{s30} , con cui classificare sismicamente il suolo ai sensi dell'O.P.C.M. 3274 e smi, D.M. 14.01.2008.

Di seguito è riportato lo schema di classificazione del tipo di suolo secondo le tabella 3.2.II e 3.2.III contenute nel sopracitato D.M. 2008.

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> 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 $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 3.2.III – *Categorie aggiuntive di sottosuolo.*

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), 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.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

L'indagine masw eseguita ha fornito il valore di $V_{s30} = 356 \text{ m/s}$, con un andamento del profilo delle velocità caratterizzato da aumento progressivo con la profondità. Nei primi 4,00 m dal p.c. la $V_s = 240 \text{ m/s}$ può essere messa in relazione con il materiale di riempimento. Da 4,00 m a 10,00 m l'aumento delle V_s a 319 m/s indica la presenza di strati di sabbia poco cementate alternante a strati di argille. L'incremento del valore di v_s dopo i 10 m dal p.c. può essere messo in relazione al passaggio a litotipi clastici più competenti (Fig. 15). Sulla base dell'andamento delle V_s e del valore del V_{s30} calcolato si attribuisce l'area di sedime, ai sensi delle NTC 2008, alla categoria di suolo di "tipo C".

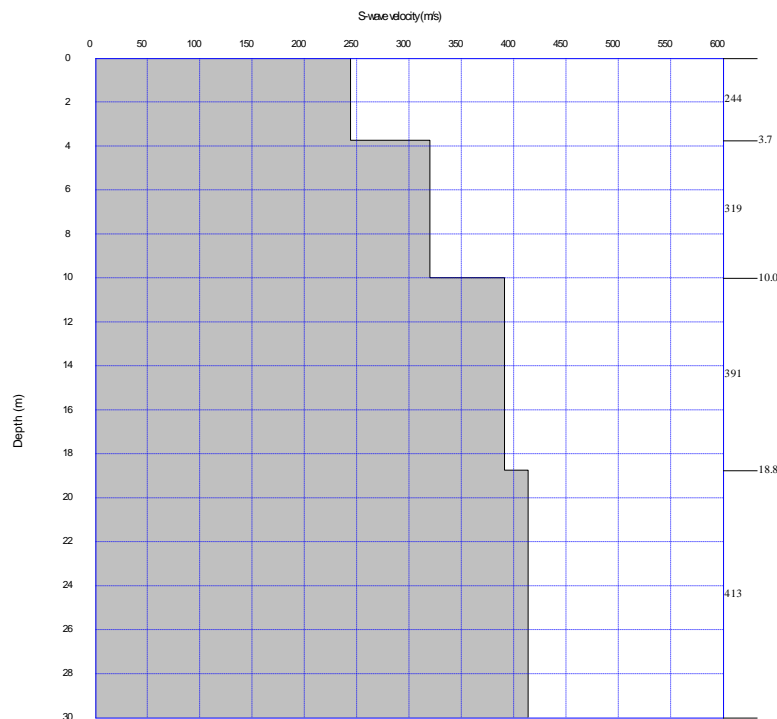


Fig. 15 Variazioni delle onde di taglio V_s con la profondità.

Prova sismica a rifrazione in onde P

Consiste nel produrre, sulla superficie del terreno, sollecitazioni orizzontali o verticali mediante una sorgente meccanica, e nello studiare il treno di onde, P e/o Sh, che si propagano all'interno del terreno con vibrazioni polarizzate nella direzione di propagazione (onde P) e/o dirette perpendicolarmente alla direzione di propagazione, polarizzate su un piano orizzontale (onde Sh). Nel caso in esame, essendo le indagini finalizzate alla definizione della sismostratigrafia dell'area, si è operata la prospezione sismica solo in onde longitudinali P.

Il metodo sismico a rifrazione permette la ricostruzione delle dromocrone (curve tempi -distanze) dalle quali è possibile calcolare la velocità e la profondità delle interfacce stratigrafiche. Pur considerando una dispersione dei risultati dell'ordine del 10 - 15%, insita nel metodo di indagine

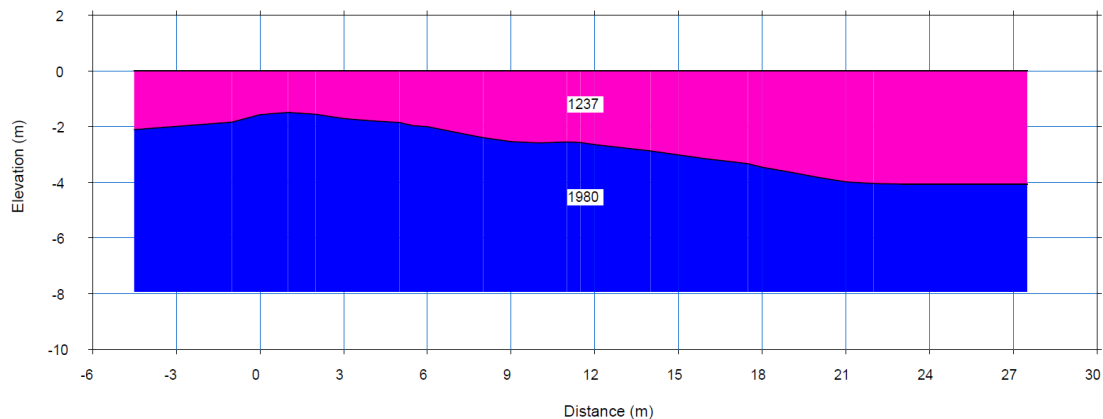
indiretta, si è potuto riconoscere al di sotto delle sezioni, in base alla variazione delle velocità, la presenza di tre sismostrati. L'ubicazione della stesa è riportata in figura 17.



Fig. 17 Ubicazione prova sismica a rifrazione in onde P

★=punto di scoppio

Di seguito viene riportata la sezione utilizzata per la costruzione del modello sitospecifico.



Nella *sezione sismostratigrafica* sono evidenziati in primi 8,00 m dal p.c. due sismostrati:

- **sismostrato 1**: sismostrato superficiale, con andamento ondulato, con spessore massimo di 4.0 metri e con velocità media delle onde P pari a 1237 m/s;
- **sismostrato 2** sismostrato profondo, investigato fino ad una profondità di circa 8 m e con velocità media delle onde P pari a 1980 m/s.

Per approfondimenti si rimanda ai report allegati.

Indagine sismica con registrazione di microtremori

Al fine di individuare la frequenza fondamentale di risonanza dei terreni che costituiscono l'area di sedime, sono state eseguite, sotto la supervisione dello scrivente, *n. 1 indagine sismica con registrazione di microtremori in campo libero* (Fig. 18). L'acquisizione dati è stata eseguita utilizzando un tromografo digitale compatto, TROMINO Micromed S.p.a., uno strumento dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, che permettono la registrazione del microtremore nel campo di frequenze compreso tra 0 e 200.



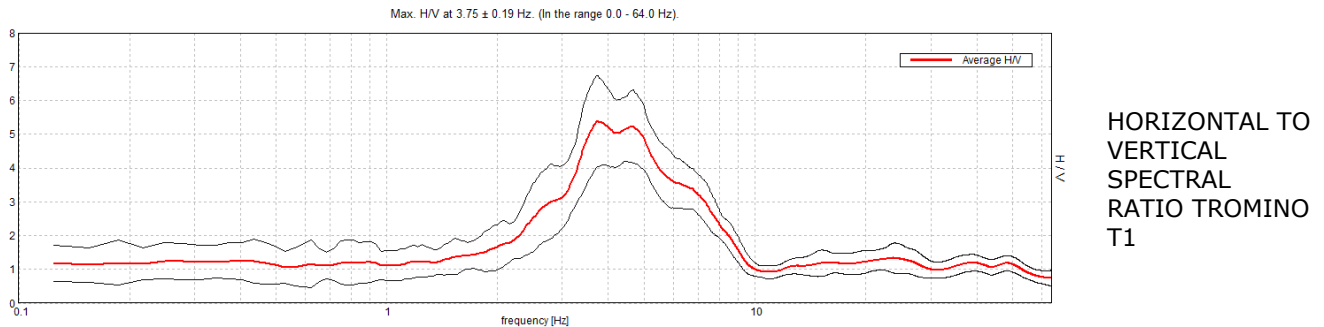
Figura 18- Ubicazione tromino

Le misurazioni sono state eseguite in condizioni di basso rumore ambientale e scegliendo una finestra temporale di 16 minuti per garantire stabilità al segnale e per filtrare eventuali fenomeni transienti. Si è orientata la componente longitudinale N-S verso nord al fine di valutare eventuali amplificazioni polarizzate. L'interpretazione consente di correlare il valore di un eventuale picco dello spettro di risposta HVSr con la profondità del substrato roccioso compatto (bedrock sismico) e di individuare una corrispondenza tra i valori di frequenza relativi alle discontinuità sismiche e i cambi litologici presenti nell'immediato sottosuolo.

Analisi	Max H/V (Hz)	f_0	A_0	DIRECTIONAL H/V
T1	3.75 ± 0.19 Hz	3.75 Hz	5.39	NNW-SSE

Tabella 1 - Risultati tromino

Dall'analisi dei microtremori è risultato che la *frequenza fondamentale di risonanza* del terreno d'indagine è di 3.75 Hz (TR1) con componente dominante rispettivamente NNW-SSE.



Tutte le misure rispettano sia i criteri per la valutazione positiva della curva HVSR che quelli relativi ad una chiara individuazione del picco HVSR, secondo le linee guida SESAME 2005. I picchi del rapporto H/V presenti a frequenze inferiori ai 20 Hz potrebbero essere prodotti dal contrasto di impedenza tra il deposito superficiale fratturato e il bedrock. I picchi del rapporto H/V individuati al di sopra dei 20 Hz rappresentano invece il contrasto di impedenza esistente all'interno della porzione sommitale del deposito.

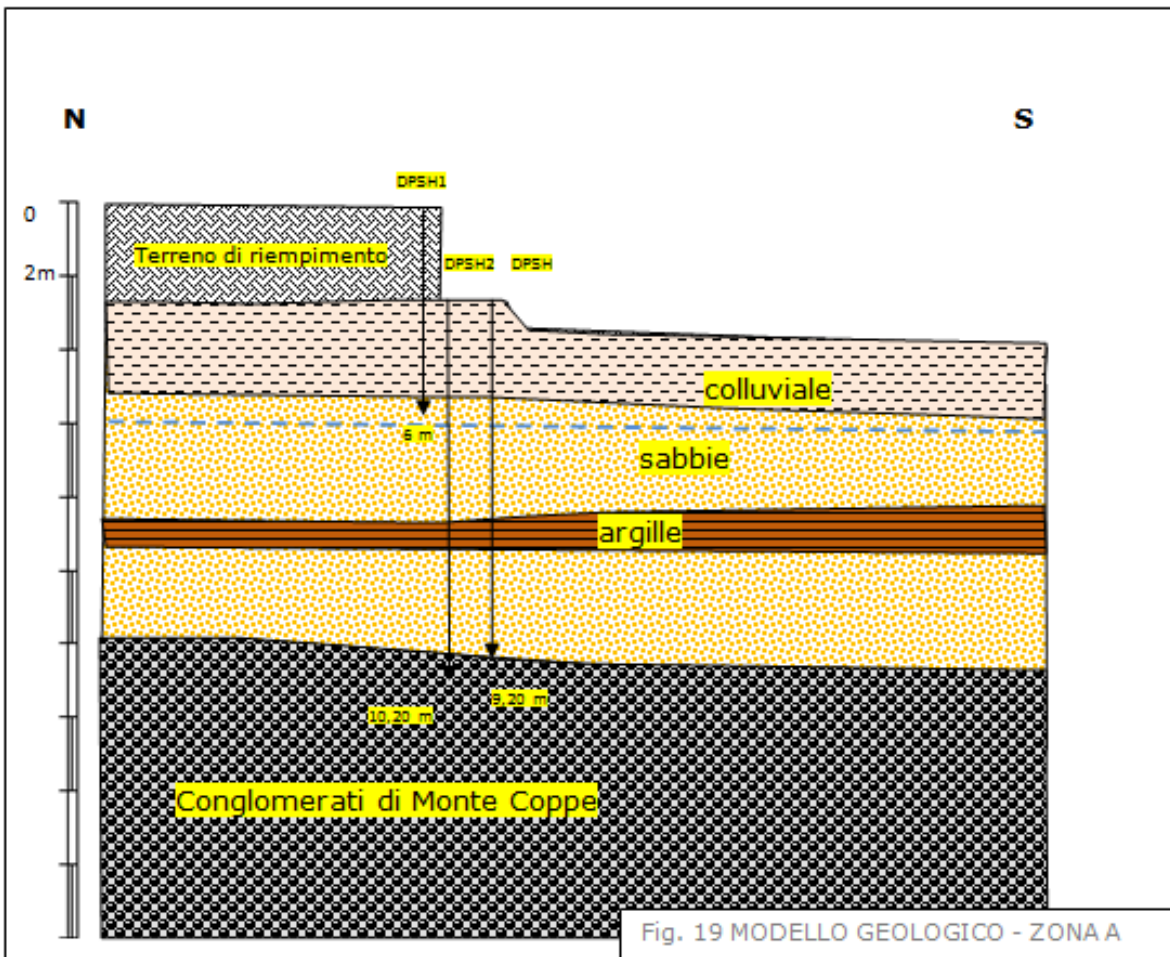
MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO ZONA A

La caratterizzazione lito-stratigrafica dei terreni è basata sull'insieme dei dati disponibili sia rilevati che bibliografici. La caratterizzazione geotecnica è basata esclusivamente sull'interpretazione delle prove sperimentali eseguite. In figura 19 è presentato il **modello geologico** ricostruito.

Di seguito vengono descritte, a partire dal piano campagna, le litologie individuate:

- **Orizzonte 1:** terreno di riempimento;
- **Orizzonte 2:** colluviale costituito da clasti calcarei in abbondante matrice sabbioso-argillosa;
- **Orizzonte 3:** alternanze tra strati medi di sabbie poco addensate ed argille fossilifere ascrivibile ai depositi di Argille e Sabbie di Pagliare (Pliocene inf.).
- **Orizzonte 4:** calciruditi poligeniche, generalmente ben cementate, ad elementi calcarei, selce e clasti estranei alle serie locali. Locale presenza di livelli argilloso-marnosi e di arenarie. (Conglomerati di Monte Coppe, Messiniano sup.- Pliocene inf.).

La superficie piezometrica è stata rilevata a 3,00 m dal p.c. dal piede del muro.



Gli orizzonti geologici individuati sono stati caratterizzati dal punto di vista geotecnico utilizzando i risultati delle indagini effettuate interpretati alla luce della bibliografia specialistica. In tal modo è stato costruito il *Modello geotecnico* (Fig. 20).

Ai suddetti litotipi sono stati attribuiti, operando a vantaggio della sicurezza, i valori dei parametri geotecnici medio cautelativi desunti, operando a vantaggio della sicurezza, dall'insieme delle indagini geognostiche eseguite nell'area, corretti alla luce dell'esperienza personale e della bibliografia specialistica.

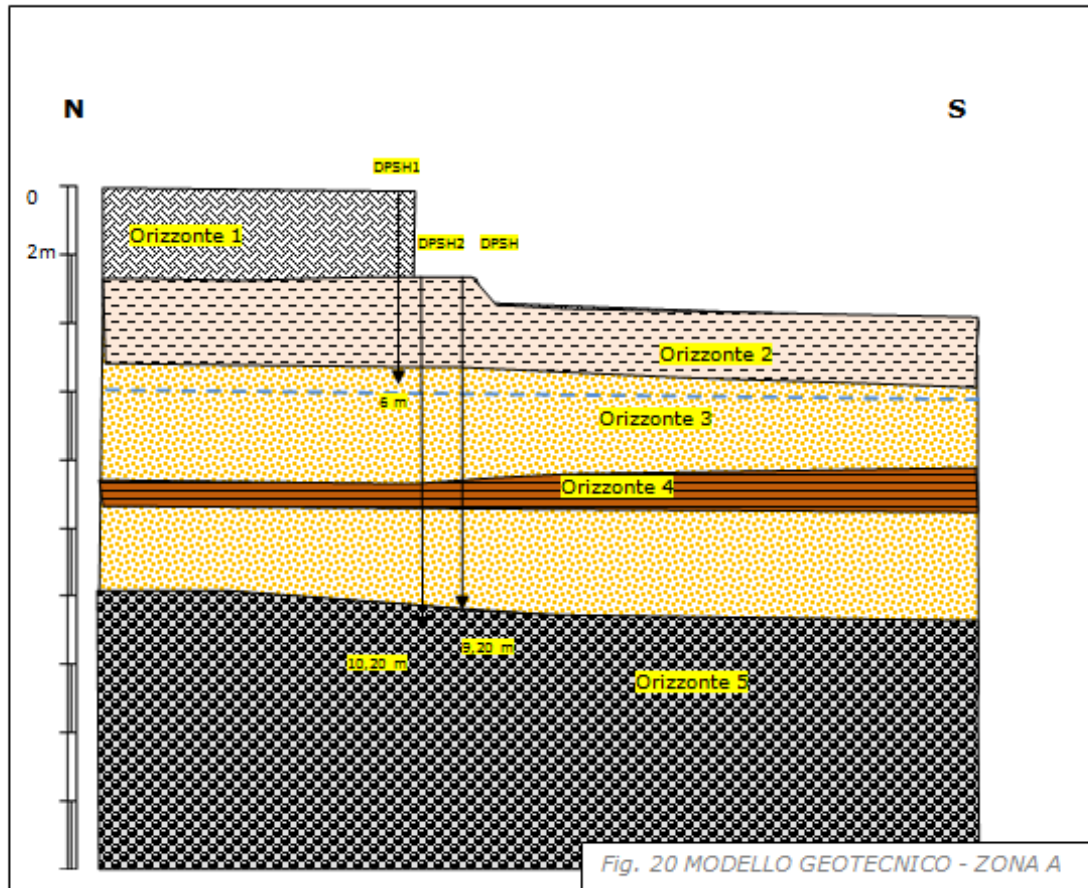


Fig. 20 MODELLO GEOTECNICO - ZONA A

Il risultato di tale operazione è riportato nella seguente tabella:

PARAMETRI GEOTECNICI NOMINALI MEDIO CAUTELATIVI					
ORIZZONTI	Φ'	c'	c_u	γ_{nat}	γ_{sat}
Orizzonte 1 Terreno riempimento	33°	-	-	1.8	2.0
Orizzonte 2 Colluviale	28°	0,01	0.15	1.8	2.0
Orizzonte 3 Sabbie limose	26°	-	-	1.6	1.8
Orizzonte 4 Argille con sabbie	28°	0,1	1.6	1.8	2.0
Orizzonte 5 calciruditi poligeniche, cementate	$\geq 38^\circ$	-	-	2.0	2.2

Φ' = angolo di attrito efficace c' (Kg/cm²) = coesione c_u (Kg/cm²) = coesione non drenata
 γ_{nat} , γ_{sat} (t/m³) = peso di volume naturale e saturo del terreno

ZONA C

Nella **zona C** per definire il modello geologico, sismico e geotecnico del sito sono utilizzati le indagini pregresse eseguiti dello scrivente per altri aggregati danneggiati di sisma. Detta campagna, secondo la normativa vigente (NTC 2008), è consistita nel rilevamento geomeccanico, indagini di sismica di superficie e misurazione del rumore ambientale (fig. 21).

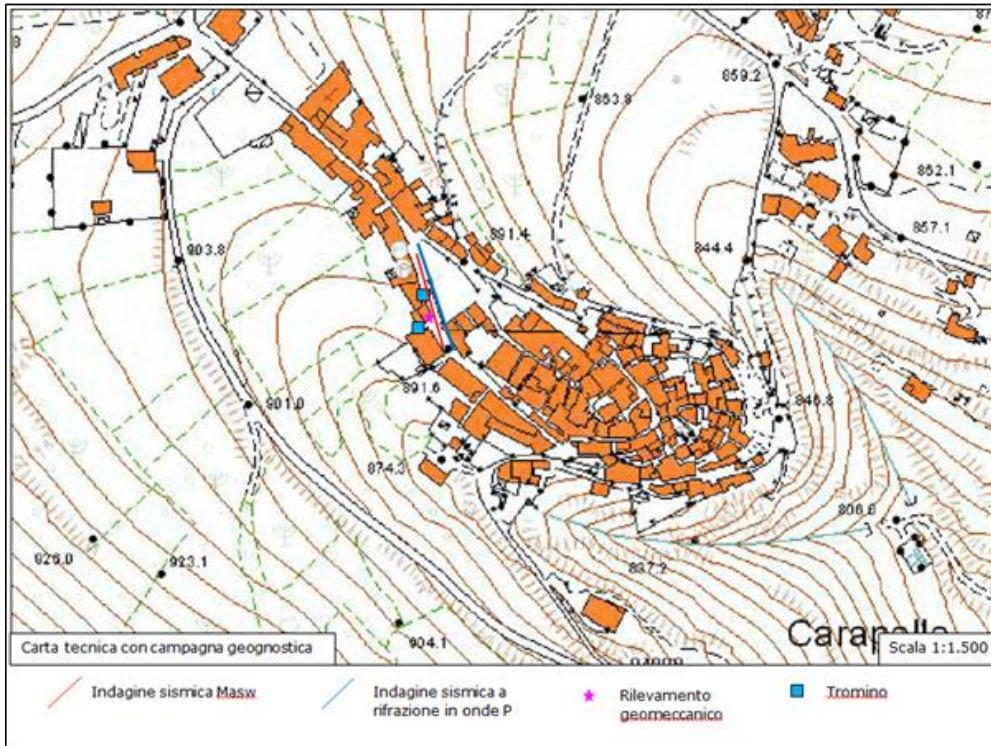


Figura 21 - Carta tecnica con campagna geognostica

RILEVAMENTO GEOMECCANICO

Per caratterizzare geomeccanicamente i litotipi calcarei del substrato dell'area di intervento è stato eseguito un rilevamento geologico - tecnico che ha interessato l'affioramento ubicato nella cantina dell'aggregato in esame. Sono state effettuate diverse misure allo scopo di definire le caratteristiche dell'ammasso roccioso. Per ottenere i dati necessari sono stati utilizzati i seguenti strumenti:

- Sclerometro meccanico. Strumento utilizzato in situ per il calcolo della resistenza a compressione monoassiale. Tale valore viene estrapolato da una serie di dati forniti dallo strumento attraverso una colonna tarata. Una massa scagliata da una molla colpisce un pistone a contatto con la superficie litoide, il risultato della prova viene espresso in termini di distanza di rimbalzo. Attraverso curve di regressione, tipiche dello strumento in questione, si risale al valore della resistenza a compressione monoassiale.
- Bussola. Utilizzata per la lettura delle giaciture degli strati e delle discontinuità.
- Fettuccia metrica. Utilizzata per la misura delle discontinuità e la spaziatura tra i diversi joint.

Le diverse misure sono state effettuate su un metro quadro di superficie di affioramento prendendo in esame due diversi lotti rappresentativi dell'intero affioramento, che sono stati individuati attraverso i seguenti criteri:

- litologia del materiale;
- omogeneità dell'affioramento;
- postazione logistica.



Fig. 22 – Ubicazione del rilievo geomeccanico nell'area d'indagine

Per le misure effettuate attraverso lo sclerometro meccanico si è ricorso all'utilizzo di una griglia di misure con maglia 3 cm x 3 cm.

Il lotto esaminato è rappresentativo del substrato litoide, affiorante nel centro abitato di Carapelle, costituita da calcari ciclotemici a gasteropodi più o meno fratturati.

Misure sclerometriche orizzontali
52
26
34
40
24
28

16
38
34
40
30
20

Nella tabella sono riportate le misure effettuate con il Martello di Schmidt.

Tramite il programma di calcolo RocLab, sono stati determinati i parametri che definiscono il cerchio di rottura di Mohr-Coulomb e quindi le principali caratteristiche geotecniche del litotipo indagato. Per approfondimenti si rimanda allo specifico allegato.

INDAGINE SISMICA

E' stata effettuata dalla ditta GEOLOGICA snc di Roma una campagna di indagini geofisiche consistita in:

- N. 1 prospezione sismica con la metodologia a rifrazione, relativamente alle onde longitudinali P per la ricostruzione dell'assetto sismostratigrafico dei terreni di sedime dell'area;
- N. 1 indagine di superficie di tipo MASW per la determinazione del parametro V_{s30} dell'area in studio;
- N. 2 Registrazione di microtremiti (HVSr) per la determinazione della frequenza fondamentale di risonanza del terreno del sito d'indagine;

Per i particolari relativi alla strumentazione utilizzata, alla modalit  d'esecuzione delle misure sperimentali e all'elaborazione delle stesse, si rimanda ai relativi report.

Prova sismica Masw

L'indagine, ubicata come in Fig. 23, ha avuto lo scopo di:

- definire le velocit  sismiche dei litotipi presenti nel sottosuolo dell'area di indagine;
- caratterizzare i litotipi sulla base dei valori di V_s misurati;
- calcolare il parametro V_{s30} , con cui classificare sismicamente il suolo ai sensi dell'O.P.C.M. 3274 e smi, D.M. 14.01.2008.

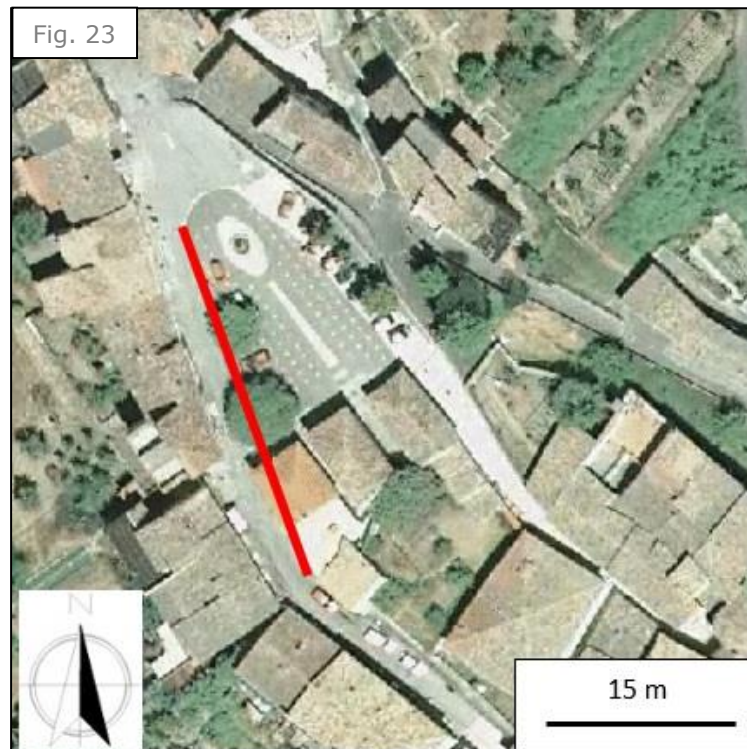


Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> 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 $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 3.2.III – *Categorie aggiuntive di sottosuolo.*

Categoria	Descrizione
S1	Depositati di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), 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.
S2	Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Tabelle 3.2.II e 3.2.III D.M. 2008.

L'indagine sismica di tipo masw ha fornito il valore di $V_{s30} = 916 \text{ m/s}$, con progressivo aumento delle velocità delle onde S con la profondità. La variazione della velocità può essere messa in relazione alla fratturazione ed alterazione delle porzioni sommitali dell'ammasso roccioso. Il netto incremento del valore di vs intorno ai 15 m dal p.c. può essere messo in relazione al passaggio dai calcari superficiali molto alterati e fratturati a quelli profondi più integri (Fig. 24). Sulla base dell'andamento delle Vs e del valore del V_{s30} calcolato si attribuisce l'area di sedime, ai sensi delle NTC 2008, alla categoria di suolo di "tipo A".

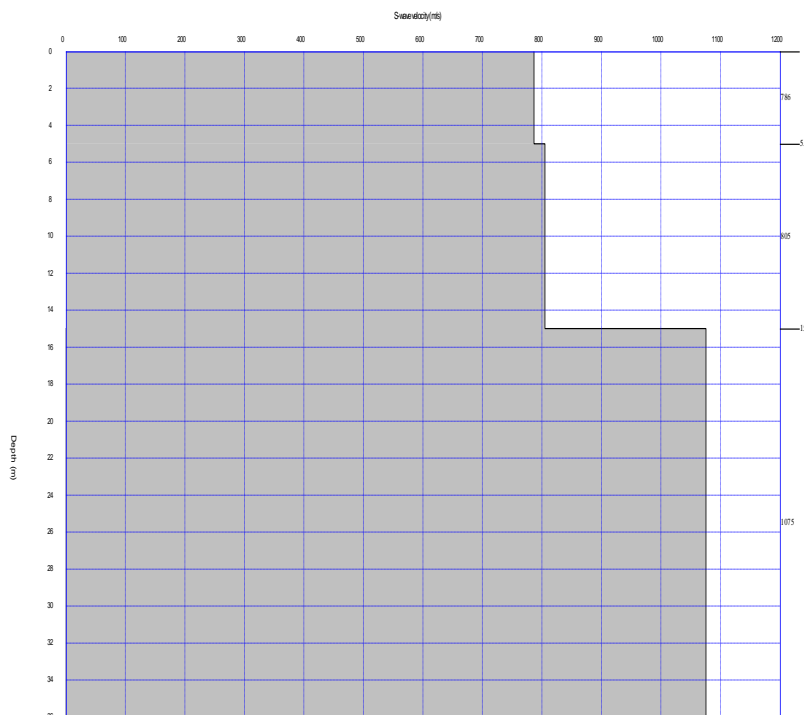


Fig. 24- Variazioni delle onde di taglio Vs con la profondità.

Prova sismica a rifrazione in onde P

Consiste nel produrre, sulla superficie del terreno, sollecitazioni orizzontali o verticali mediante una sorgente meccanica, e nello studiare il treno di onde, P e/o Sh, che si propagano all'interno del terreno con vibrazioni polarizzate nella direzione di propagazione (onde P) e/o dirette perpendicolarmente alla direzione di propagazione, polarizzate su un piano orizzontale (onde Sh). Nel caso in esame, essendo le indagini finalizzate alla definizione della sismostratigrafia dell'area, si è operata la prospezione sismica solo in onde longitudinali P.

Il metodo sismico a rifrazione permette la ricostruzione delle dromocrone (curve tempi -distanze) dalle quali è possibile calcolare la velocità e la profondità delle interfacce stratigrafiche. Pur considerando una dispersione dei risultati dell'ordine del 10 - 15%, insita nel metodo di indagine

indiretta, si è potuto riconoscere al di sotto delle sezioni, in base alla variazione delle velocità, la presenza di tre sismostrati. L'ubicazione delle stese è riportata in figura 25.

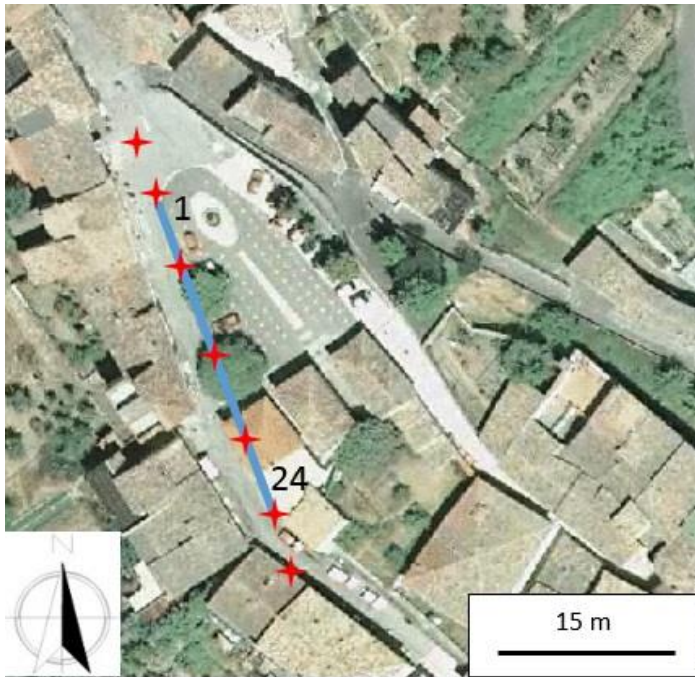
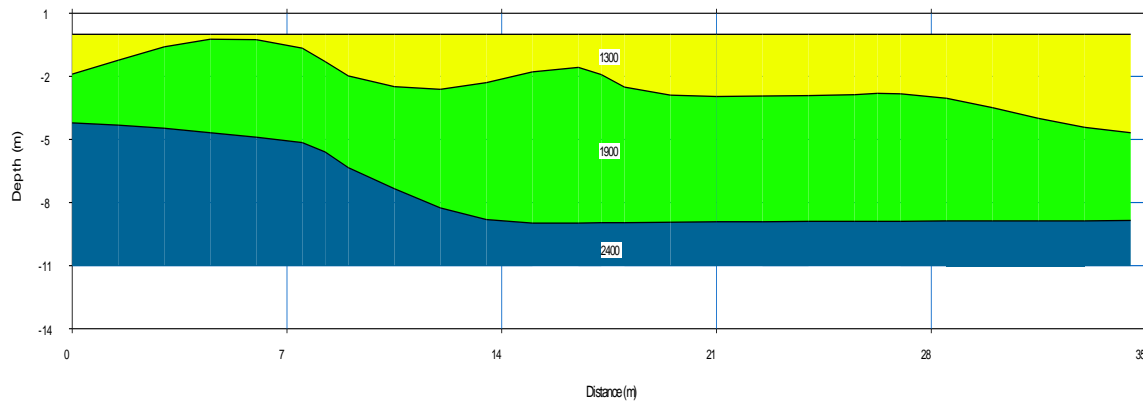


Fig. 25 Ubicazione prova sismica a rifrazione in onde P

★ = punto di scoppio

Di seguito viene riportata la sezione utilizzata per la costruzione del modello sitospecifico.



Nella *sezione sismostratigrafica* sono evidenziati tre sismostrati:

- *sismostrato 1*: sismostrato superficiale con spessore massimo lungo lo stendimento di circa 4 metri e con velocità media delle onde P pari a 1300 m/s.
- *sismostrato 2*: sismostrato mediano, con spessore massimo lungo lo stendimento di circa 7 metri e con velocità media delle onde P pari a 1900 m/s.

- *sismostrato 3*: sismostrato inferiore, investigato fino ad una profondità di circa 11 m e con velocità media delle onde P pari a 2400 m/s.

Per approfondimenti si rimanda ai report allegati.

Indagine sismica con registrazione di microtremori

Al fine di individuare la frequenza fondamentale di risonanza dei terreni che costituiscono l'area di sedime, sono state eseguite, sotto la supervisione dello scrivente, *n. 2 indagini sismiche con registrazione di microtremori in campo libero* (Fig. 26). L'acquisizione dati è stata eseguita utilizzando un tromografo digitale compatto, TROMINO Micromed S.p.a., uno strumento dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, che permettono la registrazione del microtremore nel campo di frequenze compreso tra 0 e 200.



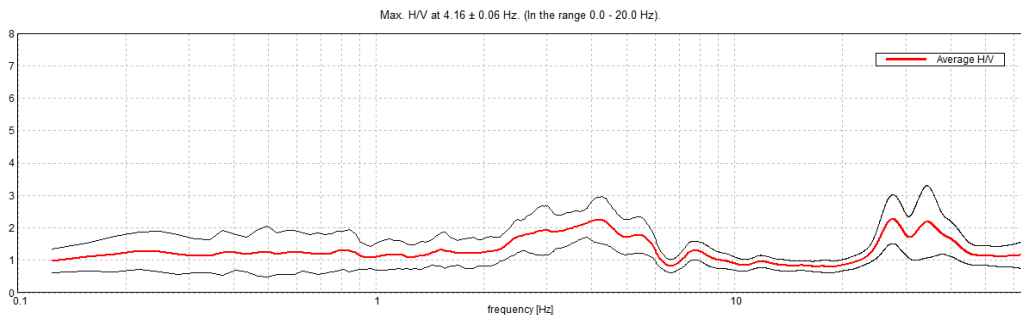
Figura 26- Ubicazione tromini

Le misurazioni sono state eseguite in condizioni di basso rumore ambientale e scegliendo una finestra temporale di 16 minuti per garantire stabilità al segnale e per filtrare eventuali fenomeni transienti. Si è orientata la componente longitudinale N-S verso nord al fine di valutare eventuali amplificazioni polarizzate. L'interpretazione consente di correlare il valore di un eventuale picco dello spettro di risposta HVSR con la profondità del substrato roccioso compatto (bedrock sismico) e di individuare una corrispondenza tra i valori di frequenza relativi alle discontinuità sismiche e i cambi litologici presenti nell'immediato sottosuolo.

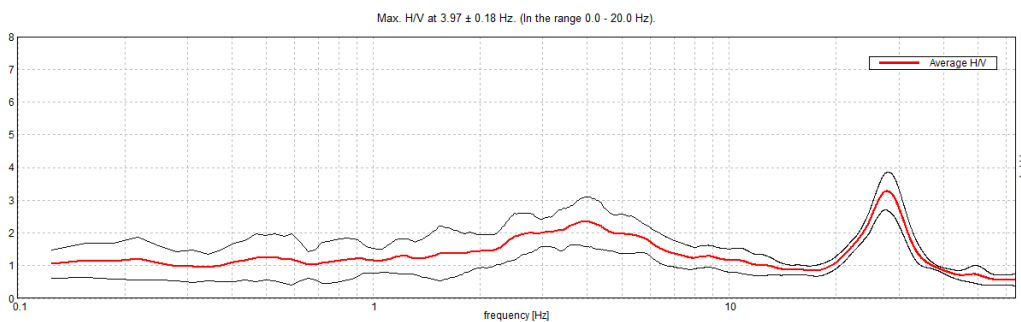
Analisi	Max H/V (Hz)	f_0	A_0	DIRECTIONAL H/V
T1	27.50 ± 6.52 Hz (4.16 ± 0.03 Hz)	4.16 ± 0.03 Hz	2.24	E-W (E-W)
T2	27.72 ± 2.90 Hz (3.97 ± 0.18 Hz)	3.97 ± 0.18 Hz	2.34	NE-SW (ESE-WNW)

Tabella 2 – Risultati tromini

Dall'analisi dei microtremori è risultato che la *frequenza fondamentale di risonanza* del terreno d'indagine è compresa tra $3.97 \pm 0.03 \text{ Hz}$ (TR1) e $4.16 \pm 0.18 \text{ Hz}$ (TR2) con componente dominante rispettivamente E-W e NE-SW.



HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO TROMINO T1



HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO TROMINO T2

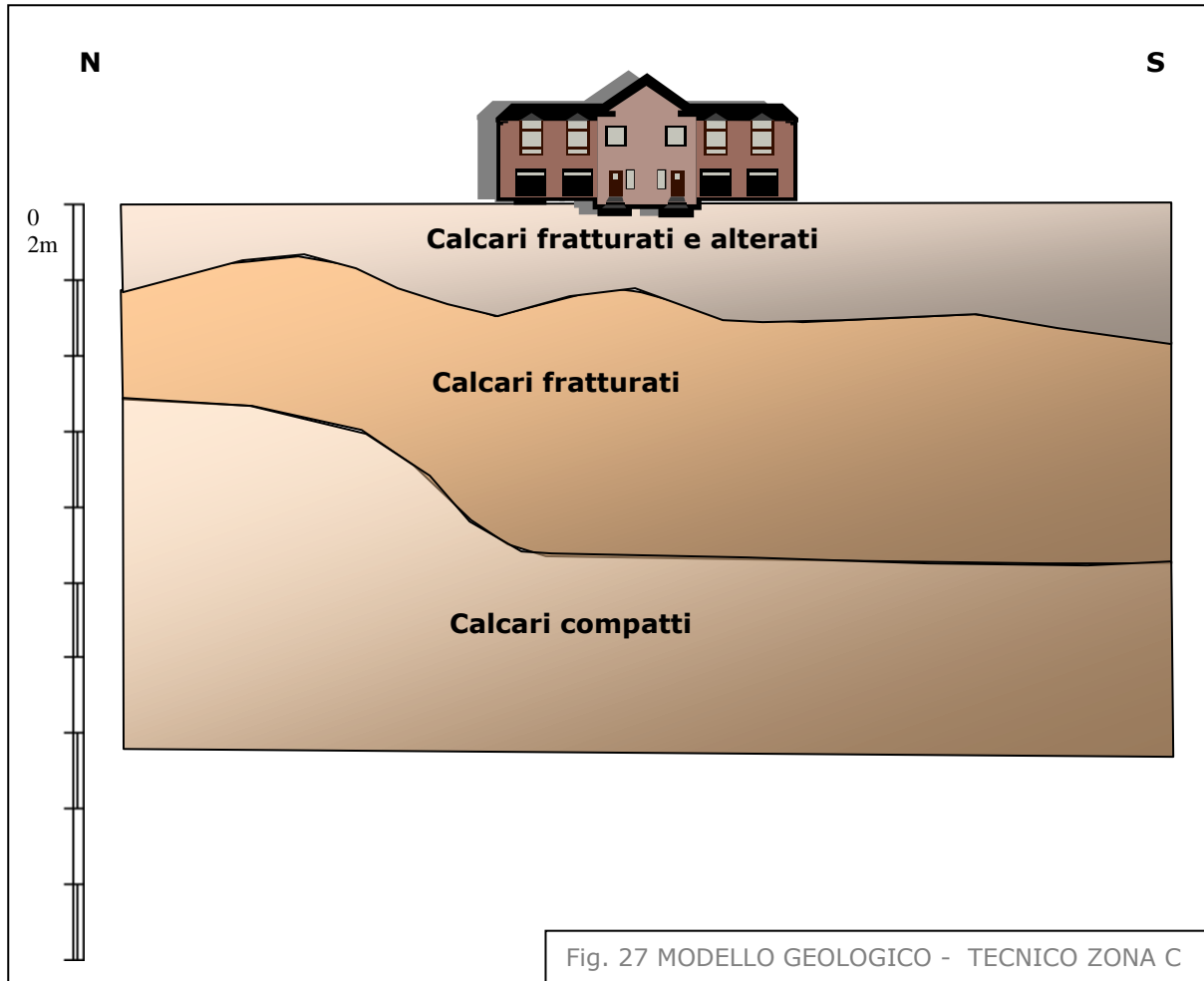
Tutte le misure rispettano sia i criteri per la valutazione positiva della curva HVSR che quelli relativi ad una chiara individuazione del picco HVSR, secondo le linee guida SESAME 2005. I picchi del rapporto H/V presenti a frequenze inferiori ai 20 Hz potrebbero essere prodotti dal contrasto di impedenza tra il deposito superficiale fratturato e il bedrock. I picchi del rapporto H/V individuati al di sopra dei 20 Hz rappresentano invece il contrasto di impedenza esistente all'interno della porzione sommitale del deposito.

MODELLO GEOLOGICO – TECNICO ZONA C

Interpolando i risultati del rilevamento sul terreno con le indicazioni derivanti dalle indagini sismiche si è prodotto un **modello geologico-geotecnico** (Fig. 27) in grado di sintetizzare

l'assetto del sito. Di seguito vengono descritte, a partire dal piano campagna, le litologie individuate:

- **Orizzonte 1:** *Calcari fratturati e alterati*, ascrivibili alla porzione superficiale alterata e fratturata dei depositi di *Calcari ciclotemici a gasteropodi (CCG)*, spessore rilevato tramite sismica a rifrazione di circa 3 m.
- **Orizzonte 2:** *Calcari fratturati*, ascrivibili alla porzione superficiale fratturata dei depositi di *Calcari ciclotemici a gasteropodi (CCG)*, spessore rilevato tramite sismica a rifrazione di circa 7 metri.
- **Orizzonte 3:** *Calcari ciclotemici con gasteropodi (CCG)*, *compatti*, spessore nell'ordine delle centinaia di metri.



Ai suddetti litotipi sono stati attribuiti, operando a vantaggio della sicurezza, i valori dei parametri geotecnici medio cautelativi desunti, operando a vantaggio della sicurezza, dall'insieme delle

indagini geognostiche eseguite nell'area, corretti alla luce dell'esperienza personale e della bibliografia specialistica. Il risultato di tale operazione è riportato nella seguente tabella.

<i>PARAMETRI GEOTECNICI NOMINALI MEDIO CAUTELATIVI</i>					
ORIZZONTI	ϕ'	c'	cu	γ_{nat}	γ_{sat}
Calcare fratturato e alterato	33°	40	-	2.0	2.2
Calcare fratturato	35°	54	-	2.0	2.2
Calcare compatto	$\geq 38^\circ$	86	-	2.0	2.2

ϕ' = angolo di attrito efficace c' (Kg/cm²) = coesione c_u (Kg/cm²) = coesione non drenata
 $\gamma_{nat}, \gamma_{sat}$ (t/m³) = peso di volume naturale e saturo del terreno

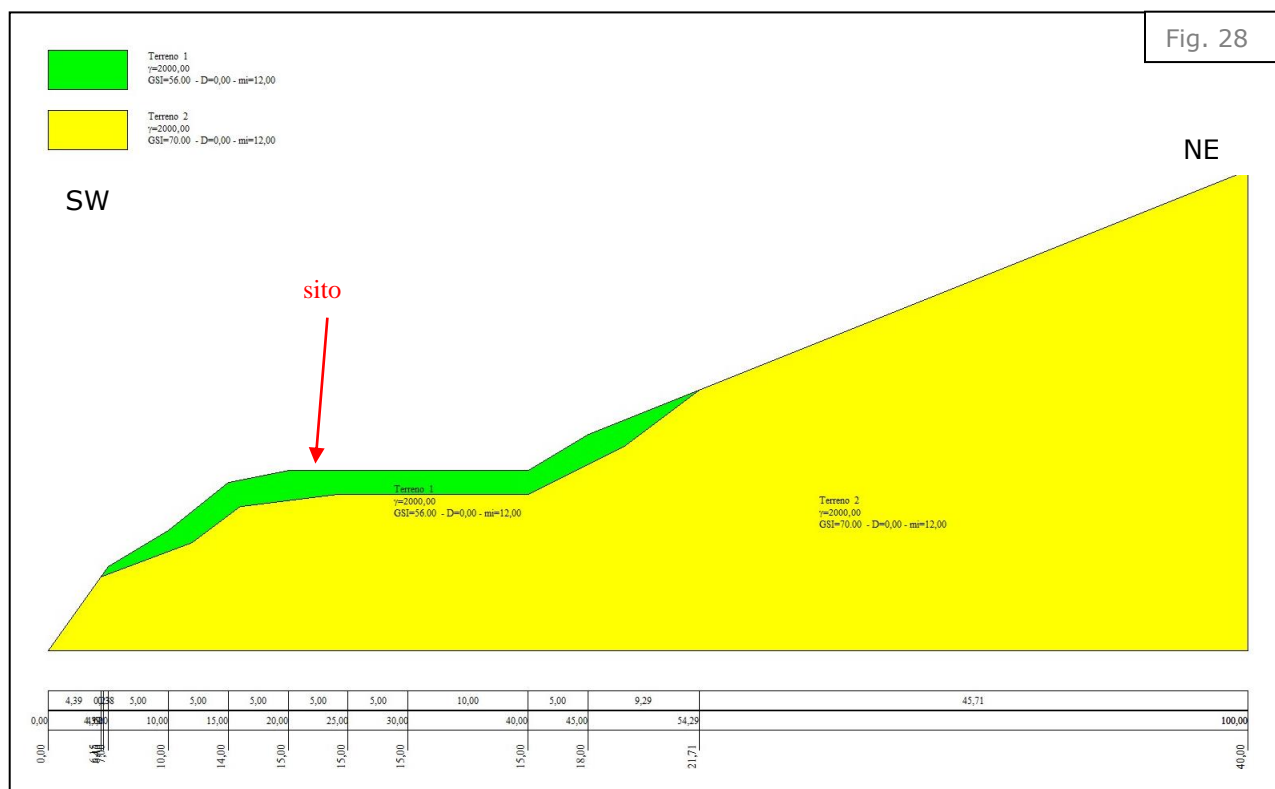
ANALISI DI STABILITA' DEL PENDIO

La pericolosità geologica è definita come probabilità che un fenomeno di una certa intensità si verifichi in un determinato intervallo di tempo e in una certa area. La sismicità costituisce un aggravio della pericolosità e quindi del rischio idrogeologico. Il terremoto è un fattore d'innescio del movimento sia direttamente, a causa dell'accelerazione esercitata sul suolo, sia indirettamente a causa dell'aumento delle pressioni interstiziali. Quando le onde sismiche investono un pendio con terreni scadenti dal punto di vista delle proprietà fisico-meccaniche e in condizioni prossime all'equilibrio limite, si possono generare o riattivare fenomeni franosi, che possono interessare direttamente o indirettamente i fabbricati presenti.

L'area presenta una discreta pendenza circa 30°, pertanto è ascritta in relazione alle condizioni topografiche globali alla **Categoria Topografica T2** (tab. 3.2.IV e tab. 3.2.VI delle NTC 2008) con il coefficiente topografico **S_T = 1,2**. In ottemperanza a quanto previsto dalla suddetta norma è stata eseguita la verifica di stabilità del pendio in condizioni sismiche. La stima del rischio di instabilità del pendio è stata valutata tramite il programma STAP FULL 11.0. La categoria di suolo è di tipo "A" e i parametri geotecnici utilizzati nell'analisi di stabilità sono stati desunti dalle indagini effettuate nel corso della campagna geognostica in sito e di un'altra effettuata per altra ditta, interpretati alla luce della bibliografia specializzata. I parametri geotecnici sono stati calcolati con programma RocLab 1.0.

L'analisi è stata eseguita, in condizioni sismiche, sul profilo del versante in corrispondenza del sito d'intervento (figura 28), tramite i metodi di calcolo di Fellenius, Bishop e Janbu, utilizzando cautelativamente i criteri proposti per le rocce. Sulla base dell'insieme delle indagini disponibili i terreni interessati dalla verifica sono stati schematizzati in **due strati**. La porzione sommitale dei calcari è stata accorpata in un unico strato con caratteristiche mediate:

- **primo strato** superficiale, con spessore di 5 m, costituito da calcari fratturati;
- **secondo strato** più profondo, spessore di centinaia di metri, costituito da calcari compatti.



Le superfici di scorrimento analizzate, tramite il processo iterativo, sono state 760. Di tali superfici sono stati determinati i coefficienti di sicurezza e quindi è stata individuata la superficie con le caratteristiche più sfavorevoli, di cui di seguito si riportano i coefficienti risultanti.

Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS _{min}	S _{min}	FS _{max}	S _{max}
FELLENIUS	760	36.676	25	592.683	759

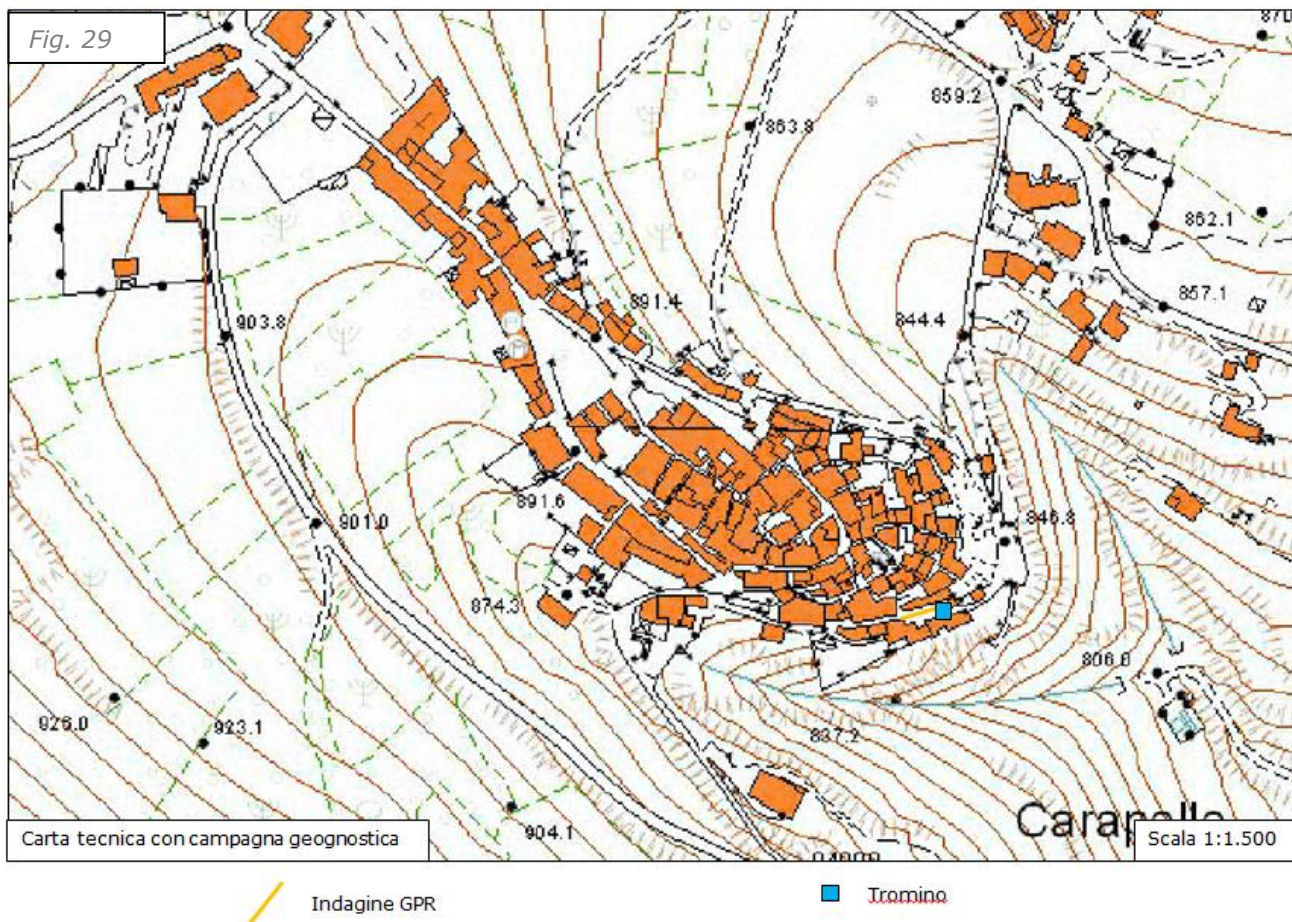
BISHOP	760	24.085	1	592.512	759
JANBU	760	21.209	2	590.407	760

La normativa vigente (D.M. 14 gennaio 2008) prevede, per la verifica di stabilità del pendio in condizioni sismiche, un coefficiente di sicurezza non inferiore a **1.10** che per il profilo considerato risulta verificato con tutti i metodi di calcolo.

Per approfondimenti si rimanda agli allegati.

ZONA E

Nella **zona E** per definire il modello geologico, sismico e geotecnico del sito, secondo la normativa vigente (NTC 2008), sono stati utilizzati i risultati delle indagini pregresse eseguiti per la Microzonazione Sismica del comune di Carapelle Calvisio, insieme con una campagna di indagini GPR. L'ubicazione delle indagini è riportata in Fig.29.



Indagine sismica con registrazione di microtremori

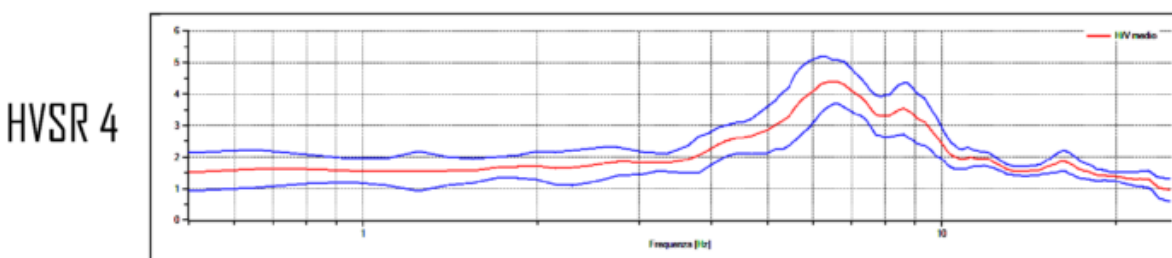
Al fine di individuare la frequenza fondamentale di risonanza dei terreni che costituiscono l'area di sedime, sono state utilizzati i risultati della *indagine sismica con registrazione di microtremori in campo libero eseguiti HVSR4* per la microzonazione sismica di 1° livello del comune di Carapelle Calvisio.

Le misurazioni sono state eseguite in condizioni di basso rumore ambientale. L'interpretazione consente di correlare il valore di un eventuale picco dello spettro di risposta HVSR con la profondità del substrato roccioso compatto (bedrock sismico) e di individuare una corrispondenza tra i valori di frequenza relativi alle discontinuità sismiche e i cambi litologici presenti nell'immediato sottosuolo.

Analisi	f_0	A_0
T4	6.55 Hz	4.38

Tabella 3 - Risultati tromini

Dall'analisi dei microtremori è risultato che la *frequenza fondamentale di risonanza* del terreno d'indagine è di 6.55 Hz .



HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO TROMINO T4

I picchi del rapporto H/V presenti a frequenze inferiori ai 20 Hz potrebbero essere prodotti dal contrasto di impedenza tra il deposito superficiale fratturato e il bedrock. I picchi del rapporto H/V individuati al di sopra dei 20 Hz rappresentano invece il contrasto di impedenza esistente all'interno della porzione sommitale del deposito.

Indagine G.P.R. (Ground Penetrating Radar)

L'indagine G.P.R. (Ground Penetrating Radar) è una tecnica diagnostica geofisica non distruttiva, che permette di ottenere immagini di sezioni bidimensionali o tridimensionali delle strutture indagate per una profondità che è funzione della tipologia dei materiali e del tipo di sensore utilizzato. Si ottiene tramite l'immissione di un segnale nella struttura e l'acquisizione

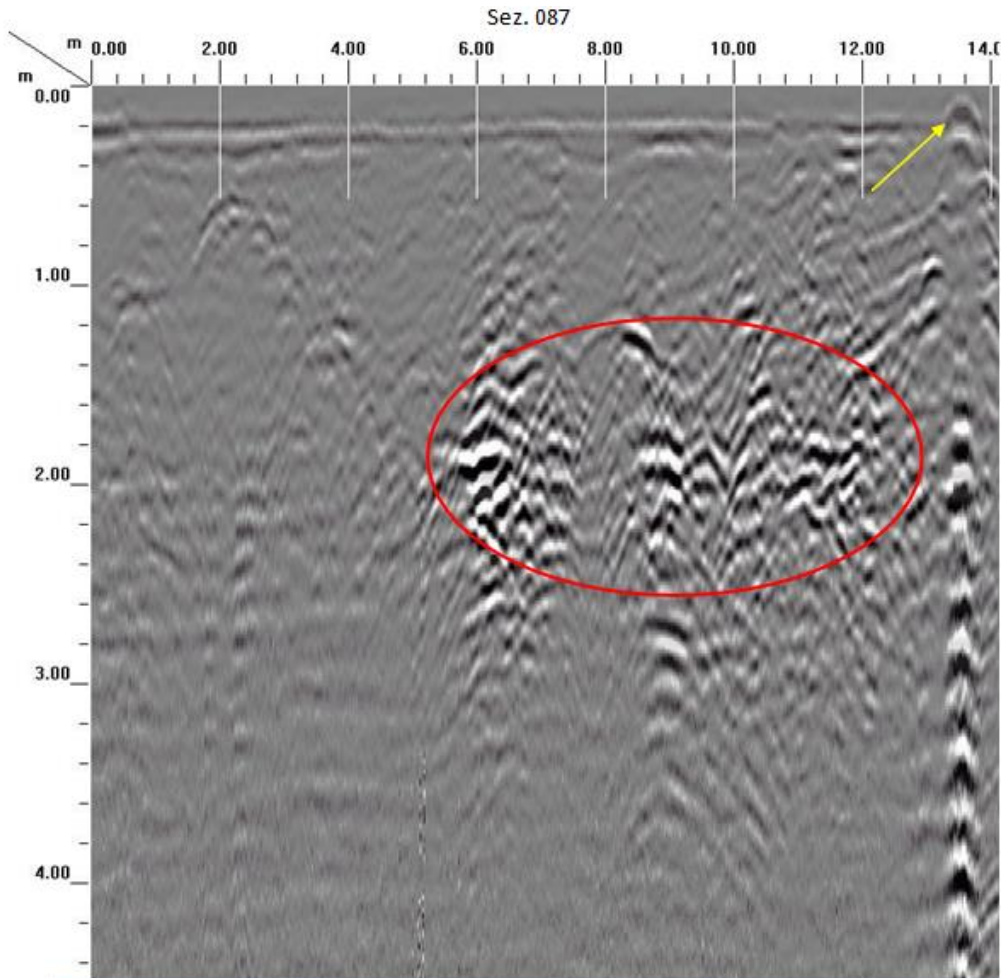
di informazioni ad essa relative dalla porzione riflessa del segnale. L'impulso immesso è costituito da un'onda elettromagnetica trasversale alla sua direzione di propagazione e con velocità nel vuoto (c) pari a 300.000 km/s od anche 30 cm/ns (centimetri al nanosecondo). Si generano le onde impulsive ad alta frequenza (generalmente tra 25 e 2600 MHz) che possono essere immesse nel corpo da indagare con una opportuna antenna (trasmittente). Il parametro misurato è il tempo di propagazione dell'onda che, incontrando ostacoli o discontinuità, ritorna in superficie e viene captata dall'antenna (ricevente) come eco riflessa. Si ottengono immagini che rappresentano sezioni verticali bidimensionali lungo il profilo lineare percorso dall'antenna mobile sulla superficie da investigare. La campagna di prospezioni georadar è stata effettuata utilizzando un'antenna da 400 MHz. I radargrammi ottenuti ed elaborati mediante software specifici rappresentano graficamente le sezioni investigate. L'ubicazione delle indagini è riportata nella Fig. 30.

Genericamente gli ostacoli, quali tubazioni, ferri di armatura, strati di diversa composizione od eventuali altre strutture sepolte vengono evidenziate nei radargrammi come variazioni nell'andamento della stratigrafia radar ed in particolare sono riconoscibili come forme iperboliche più o meno ampie. In questo caso il fine è stato quello di verificare la presenza di cavità al di sotto del piano campagna al sito. Nel caso di strati di materiale od oggetti con dimensioni parallele alla direzione di scansione abbastanza grandi l'anomalia nel radargramma si mostra come segmenti più o meno lunghi.

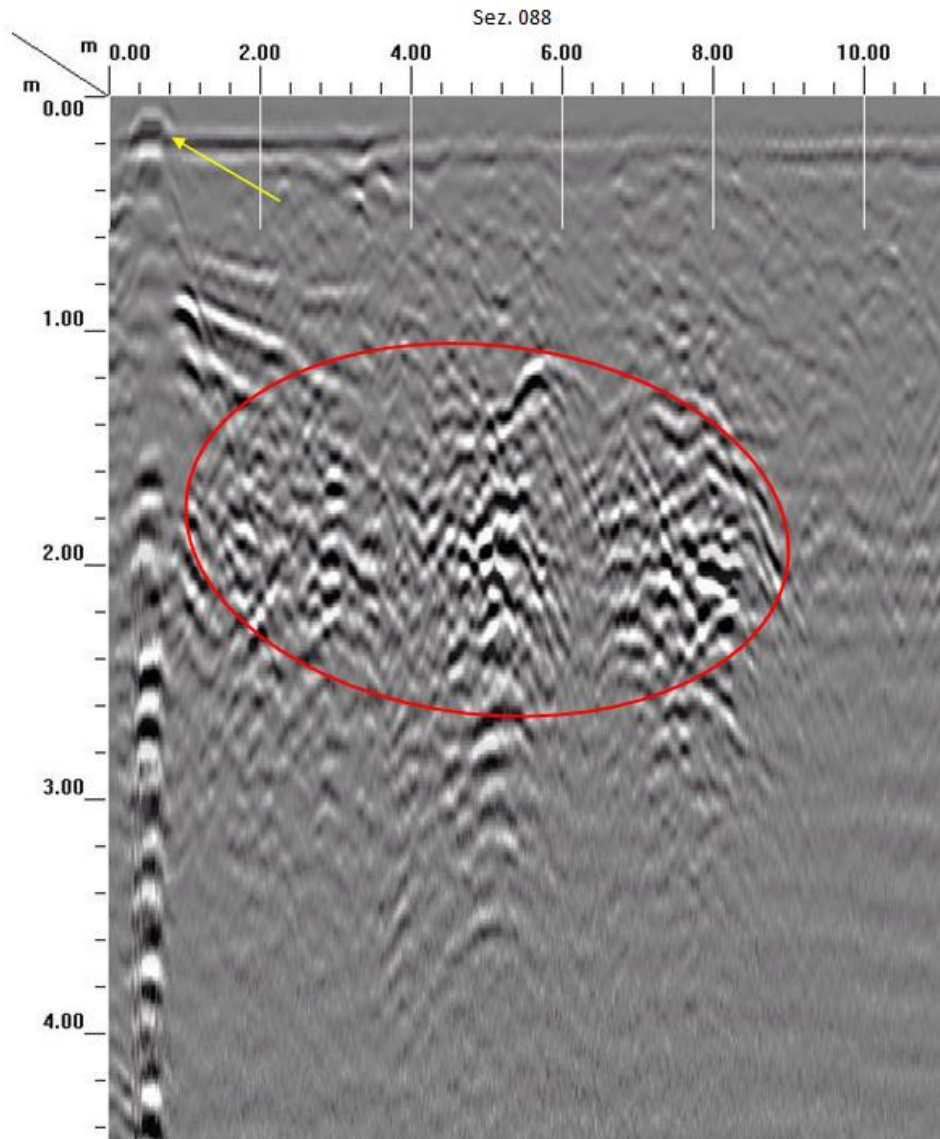
Si sottolinea che le indagini georadar sono di tipo indiretto e quindi i risultati, essendo di tipo presumibile e non certo, vanno considerati delle indicazioni da sottoporre a successiva verifica diretta.



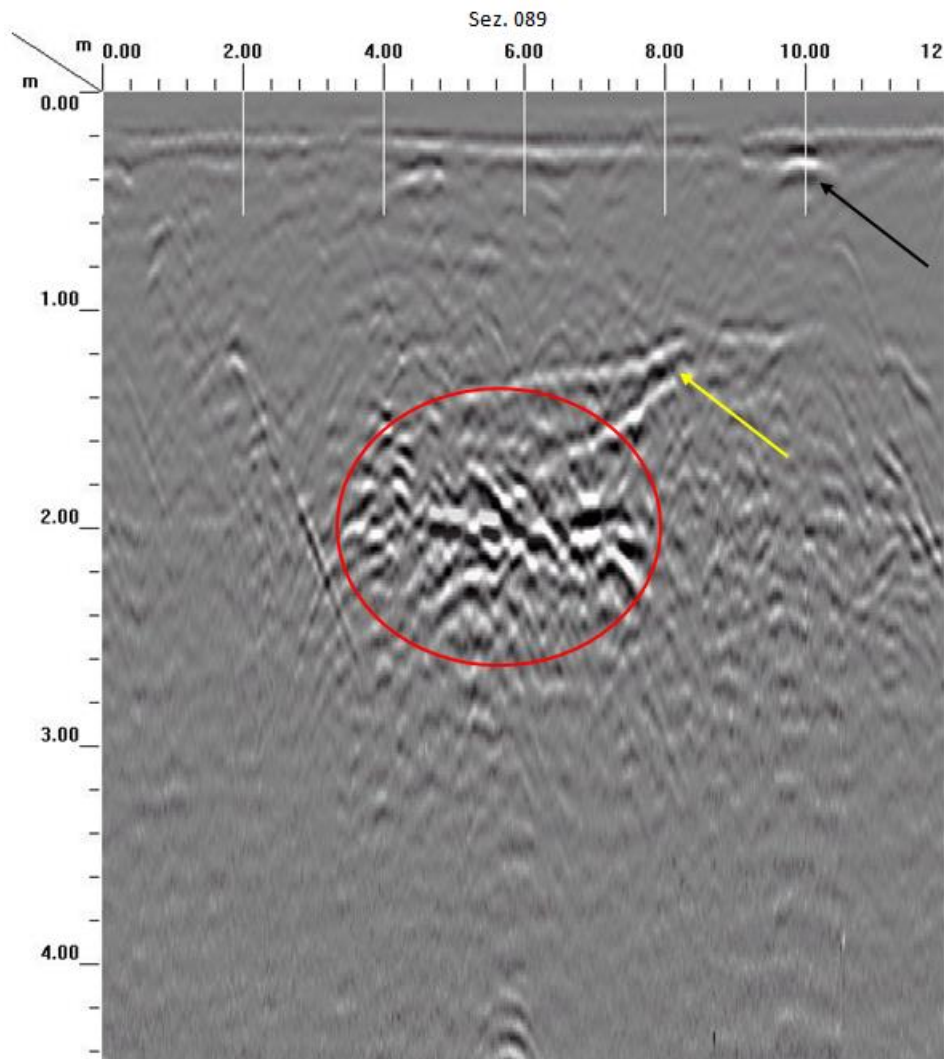
La **sezione 087** evidenzia un'area anomala, segnalata dalla conica rossa, compresa tra la progressiva 5.2 e 12.80 metri a partire dalla profondità di 1.10 dal piano stradale. Essa è ascrivibile a **presumibili sgrottamenti e cavità**. La freccia gialla indica la posizione di un sottoservizio.



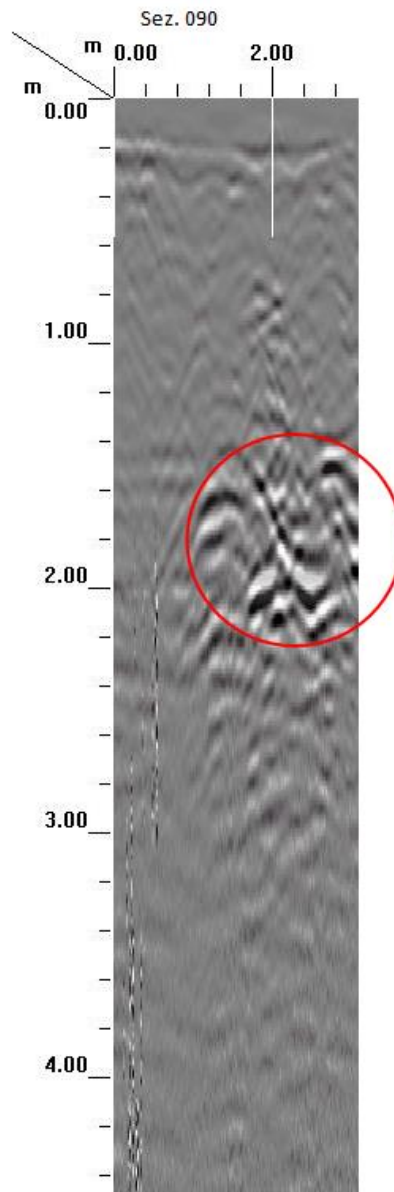
La **sezione 088**, acquisita lungo il muro di sostegno alla strada ed in senso opposto alla 087, evidenzia una zona anomala, segnalata dalla conica rossa compresa tra la progressiva 1.00 e 8.80 metri a partire dalla profondità di 1.00 dal piano stradale. Essa è ascrivibile a **presumibili sgrottamenti e cavità**. La freccia gialla indica la posizione di un sottoservizio.



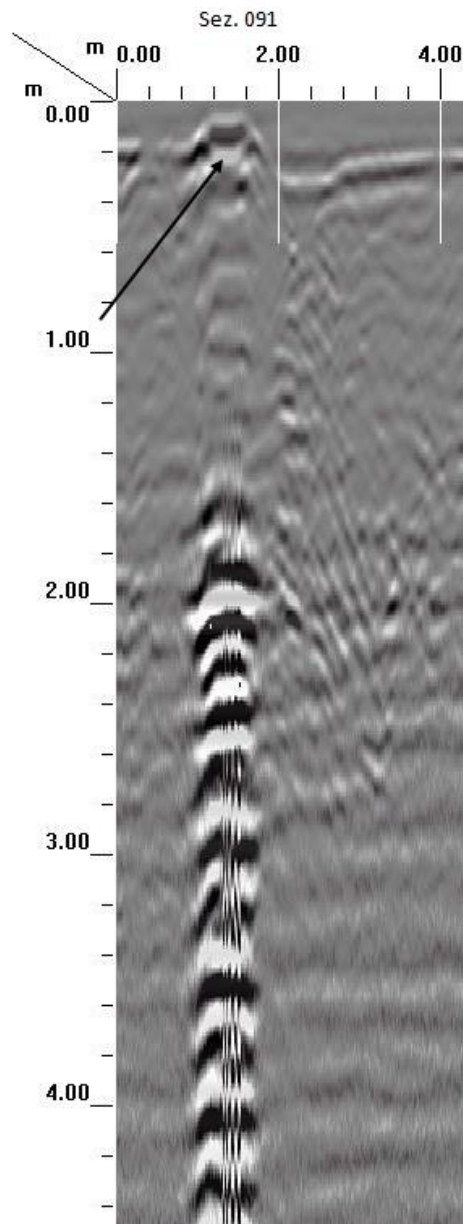
La **sezione 089**, acquisita parallelamente alla 088 ed in senso opposto ad essa e ad 1.5 metri di distanza dal muro di sostegno della strada, evidenzia un'area anomala, segnalata dalla conica rossa, compresa tra la progressiva **3.80 e 7.80** metri a partire dalla **profondità di 1.20** metri dal piano stradale. Essa è ascrivibile a **presumibili sgrottamenti e cavità**. Le anomalie lineari indicate dalla freccia gialla potrebbero essere ascritte alla presenza di presumibili sottoservizi longitudinali alla sezione radar. La freccia nera indica un presumibile sottoservizio.



La **sezione 090**, acquisita ortogonalmente alle precedenti ed a circa 4.0 metri dalla fine del muro di sostegno, evidenzia un'area anomala (conica rossa) compresa tra la progressiva **1.60 e 3.00** m ad una **profondità di 1.25 m** dal piano stradale ascrivibile a presumibili **sgrottamenti e cavità**.



La ***sezione 091***, acquisita parallelamente alla precedente ed a circa 2.0 metri dall'inizio del muro di sostegno, evidenzia una forte anomalia (segnalata dalla freccia nera) dovuta alla presenza di un tombino metallico.



La campagna di indagini georadar effettuata ha permesso di indagare sino ad una profondità di circa 4.0 metri dal piano stradale. Le coniche rappresentano aree presumibilmente interessate da presumibili sgrottamenti e/o cavità al di sotto del piano stradale indagato (Fig. 31).



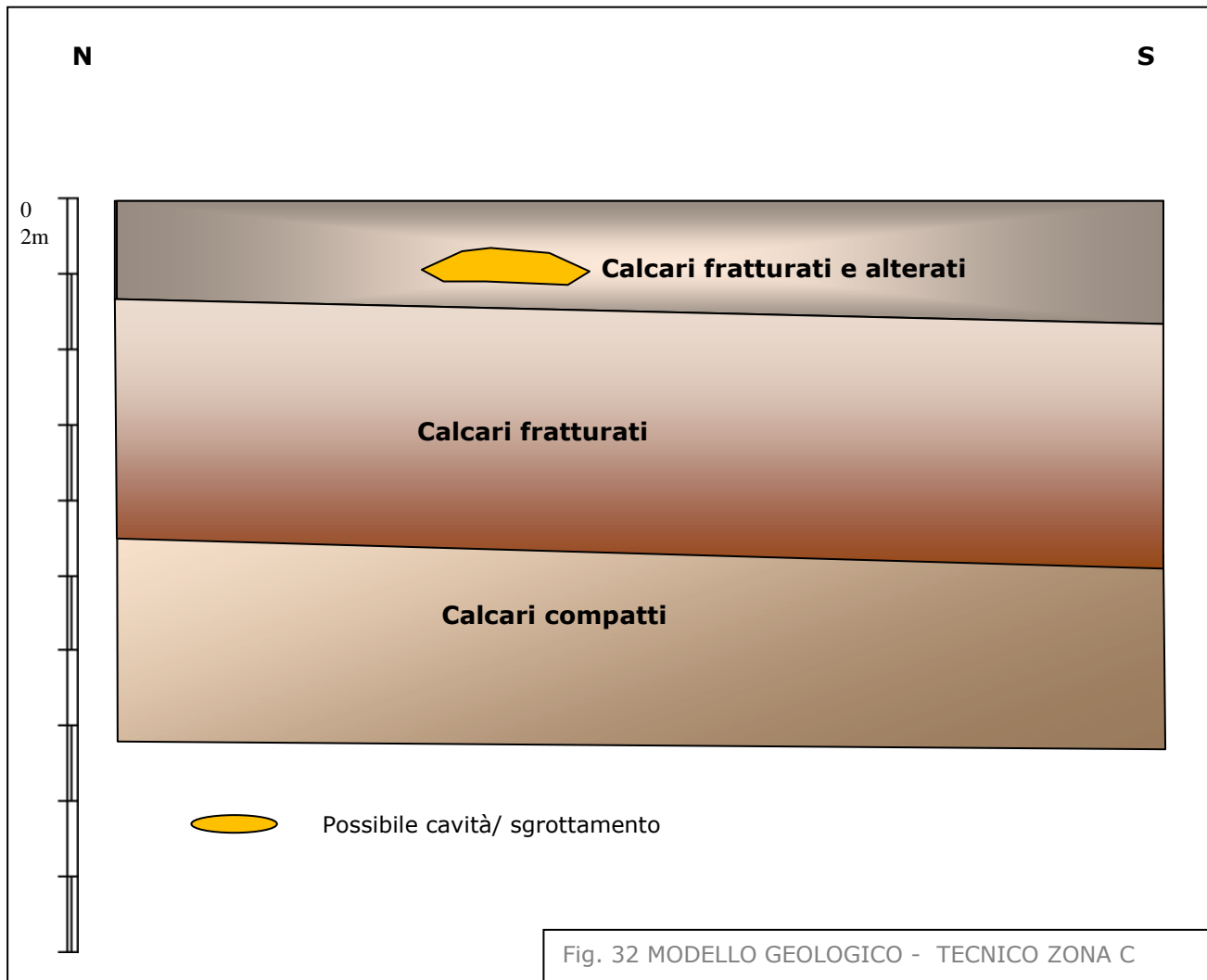
● = Sgrottamento/Cavità

MODELLO GEOLOGICO – TECNICO ZONA E

Interpolando i risultati del rilevamento sul terreno con le indicazioni derivanti dalle indagini sismiche si è prodotto un **modello geologico-geotecnico** (Fig. 32) in grado di sintetizzare l'assetto del sito. Di seguito vengono descritte, a partire dal piano campagna, le litologie individuate:

- **Orizzonte 1:** *Calcari fratturati e alterati*, ascrivibili alla porzione superficiale alterata e fratturata dei depositi di *Calcari ciclotemici a gasteropodi (CCG)*, spessore rilevato tramite sismica a rifrazione di circa 3 m.
- **Orizzonte 2:** *Calcari fratturati*, ascrivibili alla porzione superficiale fratturata dei depositi di *Calcari ciclotemici a gasteropodi (CCG)*, spessore rilevato tramite sismica a rifrazione di circa 7 metri.

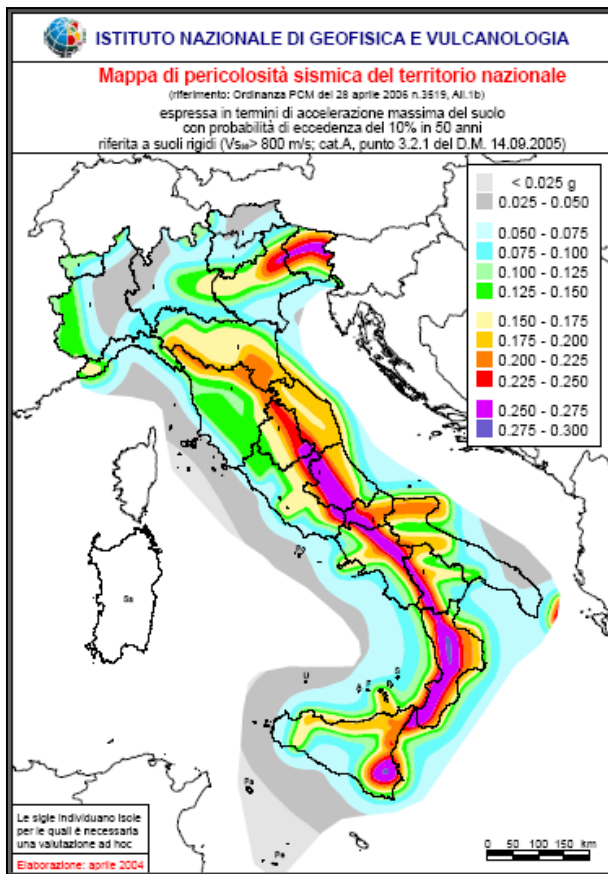
- **Orizzonte 3:** *Calcari ciclotemici con gasteropodi (CCG), compatti*, spessore nell'ordine delle centinaia di metri.



Ai litotipi identificati sono stati attribuiti, operando a vantaggio della sicurezza, i valori dei parametri geotecnici medio cautelativi desunti, operando a vantaggio della sicurezza, dall'insieme delle indagini geognostiche eseguite nell'area, corretti alla luce dell'esperienza personale e della bibliografia specialistica. Il risultato di tale operazione è riportato nella seguente tabella.

PARAMETRI GEOTECNICI NOMINALI MEDIO CAUTELATIVI					
ORIZZONTI	ϕ'	c'	c_u	γ_{nat}	γ_{sat}
Calcere fratturato e alterato	33°	40	-	2.0	2.2
Calcere fratturato	35°	54	-	2.0	2.2
Calcere compatto	$\geq 38^\circ$	86	-	2.0	2.2

ϕ' = angolo di attrito efficace c' (Kg/cm²) = coesione c_u (Kg/cm²) = coesione non drenata
 $\gamma_{nat}, \gamma_{sat}$ (t/m³) = peso di volume naturale e saturo del terreno



CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA

Con l'Ordinanza PCM 3274/2003 (GU n.108 dell'8 maggio 2003) si è avviato in Italia un processo per la stima della pericolosità sismica secondo dati, metodi, approcci aggiornati e condivisi e utilizzati a livello internazionale. Per la prima volta si è delineato un percorso per il quale venivano definite le procedure da seguire, il tipo di prodotti da rilasciare e l'applicazione dei risultati. Un documento di tale tipo avrebbe infatti costituito la base per l'aggiornamento dell'assegnazione dei comuni alle zone sismiche.

L'INGV si è fatto promotore di una iniziativa scientifica che ha coinvolto anche esperti delle Università italiane e di altri centri di ricerca. Questa iniziativa ha portato alla realizzazione della Mappa di

Pericolosità Sismica 2004 (MPS04) che descrive la pericolosità sismica attraverso il parametro dell'accelerazione massima attesa con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni su suolo rigido e pianeggiante.

Dopo l'approvazione da parte della Commissione Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile nella seduta del 6 aprile 2004, la mappa MPS04 è diventata ufficialmente la mappa di riferimento per il territorio nazionale con l'emanazione dell'Ordinanza PCM 3519/2006 (G. U. n. 105 dell'11 maggio 2006).

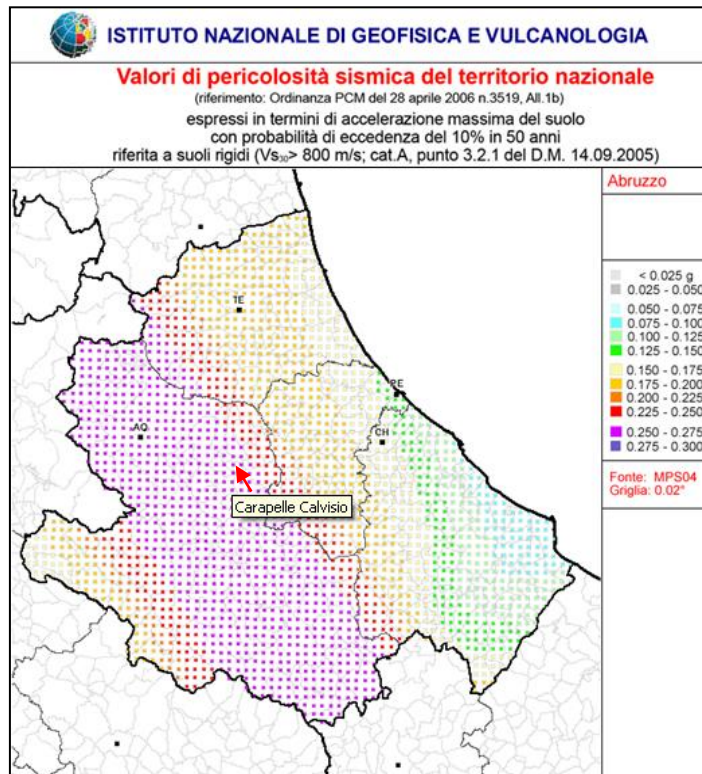
La legislazione nazionale prevede che l'aggiornamento delle zone sismiche spetti alle singole Regioni e Province Autonome, sulla base di criteri definiti a scala nazionale. In seguito all'Ordinanza PCM 3519/2006, le Regioni e Province Autonome che volessero aggiornare tale elenco devono basarsi sui valori di accelerazione proposti dalla mappa di pericolosità sismica MPS04 per individuare le soglie che definiscono il limite tra una zona sismica e un'altra. La situazione aggiornata delle zone sismiche è disponibile nel sito del Dipartimento della Protezione Civile. Successivamente, nell'ambito del progetto INGV-DPC S1 (2005-2007), sono state rilasciate una serie di mappe di pericolosità sismica per diverse probabilità di eccedenza in 50 anni, basate sullo stesso impianto metodologico e sugli stessi dati di input di MPS04. Inoltre sono state prodotte mappe per gli stessi periodi di ritorno anche in termini di accelerazioni spettrali. Per ogni punto della griglia di calcolo (che ha una densità di 20 punti per grado, circa un punto ogni 5 km) sono oltre 2200 i parametri che ne descrivono la pericolosità sismica. Questa mole di dati ha reso possibile la definizione di norme tecniche nelle quali l'azione sismica di riferimento per la progettazione è valutata punto per punto e non più solo per 4 zone sismiche, cioè secondo solo 4 spettri di risposta elastica.

Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ha emanato nuove Norme Tecniche delle Costruzioni (NTC08) con il D.M. del 14 gennaio 2008 (G.U. n.29 del 04/02/2008) nelle quali la definizione dell'azione sismica di riferimento si basa sui dati rilasciati da INGV e dal Progetto S1. Questi dati sono pubblicati in siti dell'INGV realizzati appositamente.

Con l'entrata in vigore delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M. 14 gennaio 2008, il territorio Italiano è stato suddiviso in aree omogenee da un punto di vista di rischio sismico. Il criterio adottato per tale suddivisione non è più legato a rigidi confini amministrativi come accadeva in passato, ma alla presenza di aree sismogenetiche attive, introducendo così un nuovo metodo di calcolo che considera la maglia elementare di riferimento come più preciso parametro per la classificazione sismica del territorio, in quanto tiene conto delle caratteristiche specifiche e consente di meglio stimare le accelerazioni di picco al suolo (a_g), i fattori amplificativi degli spettri (F_0) ed i periodi T_c relativi a ciascun possibile sito, ossia i tre parametri da cui discende lo spettro di risposta usato nella determinazione delle azioni sismiche.

Quindi in base alle Norme Tecniche l'azione sismica di riferimento è definita per il comune di Carapelle Calvisio (dal sito INGV-zonesismiche.mi.ingv.it) espressa in termini di accelerazione

massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli con $V_{s30} > 800$ m/s, il valore di $a_g = 0.250 - 0.275$ su griglia con passo di $0,05^\circ$.



Mapa interattiva di pericolosità sismica per la zona del Comune di Carapelle Calvisio, i colori della leggenda indicano le diverse accelerazioni del suolo (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>)

Nel caso specifico del sito in esame per la **zona C**, applicando il software GEOSTRU sas alla categoria di suolo **A** e alla categoria topografica **T2**, si ottengono i valori di a_g , in condizioni di terreno libero, per i diversi stati limite considerati ai sensi delle NTC 2008. Tale procedura è riportata per esteso nel report allegato. Per il sito in esame, individuato dalle coordinate (sistema WGS84) Lat: 42,2990700 e Log: 13,6829100, i parametri sismici e spettri di risposta, per una struttura di classe II e vita nominale di 50 anni (tab. 2.4.1 e 2.4.2, D.M. 14 gennaio 2008), determinati con **GeoStru PS** (<http://www.geostru.com/geoapp>), sono riportati nelle seguenti tabelle.

Stato limite	Tr [anni]	a_g [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,077	2,376	0,275
SLD	50	0,102	2,325	0,283
SLV	475	0,256	2,366	0,345
SLC	975	0,328	2,404	0,362

Tab. 1 - Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c per i periodi di ritorno TR di riferimento considerando una classe d'uso dell'edificio II (Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti) $C_u = 1$ e una vita nominale ≥ 50

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,019	0,033	0,092	0,118
kv	0,009	0,016	0,046	0,059
Amax [m/s ²]	0,910	1,195	3,014	3,861
Beta	0,200	0,270	0,300	0,300

Tab. 2- Coefficienti sismici

Nel caso specifico del sito in esame per la **zona A**, applicando il software GEOSTRU sas alla categoria di suolo **C** e alla categoria topografica **T1**, si ottengono i valori di a_g , in condizioni di terreno libero, per i diversi stati limite considerati ai sensi delle NTC 2008. Tale procedura è riportata per esteso nel report allegato. Per il sito in esame, individuato dalle coordinate (sistema WGS84) Lat: 42,3001100 e Log13,6809300, i parametri sismici e spettri di risposta, per una struttura di classe II e vita nominale di 50 anni (tab. 2.4.1 e 2.4.2, D.M. 14 gennaio 2008), determinati con **GeoStru PS** (<http://www.geostru.com/geoapp>), sono riportati nelle seguenti tabelle.

Stato limite	Tr [anni]	a_g [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,077	2,376	0,275
SLD	50	0,102	2,325	0,283
SLV	475	0,256	2,366	0,345
SLC	975	0,328	2,404	0,362

Tab. 1 - Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c per i periodi di ritorno TR di riferimento considerando una classe d'uso dell'edificio II (Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti) $C_u = 1$ e una vita nominale ≥ 50

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,021	0,037	0,106	0,125
kv	0,010	0,018	0,053	0,063
Amax [m/s ²]	1,138	1,494	3,366	3,958
Beta	0,180	0,240	0,310	0,310

Tab. 2- Coefficienti sismici

Nel caso specifico del sito in esame per la **zona E**, applicando il software GEOSTRU sas alla categoria di suolo **A** e alla categoria topografica **T2**, si ottengono i valori di a_g , in condizioni di terreno libero, per i diversi stati limite considerati ai sensi delle NTC 2008. Tale procedura è riportata per esteso nel report allegato. Per il sito in esame, individuato dalle coordinate (sistema WGS84) Lat: 42,2983500 e Log:13,6837100, i parametri sismici e spettri di risposta, per una struttura di classe II e vita nominale di 50 anni (tab. 2.4.1 e 2.4.2, D.M. 14 gennaio 2008), determinati con **GeoStru PS** (<http://www.geostru.com/geoapp>), sono riportati nelle seguenti tabelle.

Stato limite	Tr	a_g	F0	Tc*
--------------	----	-------	----	-----

	[anni]	[g]	[-]	[s]
SLO	30	0,077	2,376	0,275
SLD	50	0,102	2,325	0,283
SLV	475	0,256	2,366	0,345
SLC	975	0,328	2,404	0,362

Tab. 1 - Valori dei parametri ag , F_0 , T_c per i periodi di ritorno TR di riferimento considerando una classe d'uso dell'edificio II (Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti) $C_u = 1$ e una vita nominale ≥ 50

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,019	0,035	0,095	0,122
kv	0,009	0,018	0,048	0,061
Amax [m/s ²]	0,910	1,195	3,014	3,861
Beta	0,200	0,290	0,310	0,310

Tab. 2 - Coefficienti sismici

CONCLUSIONI

Il progetto interessa 3 siti all'interno dell'abitato di Carapelle Calvisio: Zona A, Zona C, Zona E.

Zona A

- Nell'area investigata non si sono rilevate tracce o indizi che indichino processi di instabilità franosa in atto o potenziali,
- A partire dal piano campagna, le litologie individuate sono: terreno di riempimento, terreno colluviale, alternanze tra strati medi di sabbie ed argille (Argille e Sabbie di Pagliare, Pliocene inf.), calciruditi poligeniche, generalmente ben cementate (Conglomerati di Monte Coppe, Messiniano sup.- Pliocene inf.)
- La superficie piezometrica della falda basale, ospitata nell'acquifero carbonatico, è molto profonda rispetto alla superficie topografica dell'area d'interesse, invece è presente una falda superficiale in grado di interagire in fase statica o dinamica con la struttura oggetto dell'intervento il cui livello piezometrico si attesta a 3,00 m dal p.c. dal piede del muro esistente. Alla verifica alla liquefazione ai sensi del paragrafo 7.11.3.4.2 delle D.M. 14.01.2008 - *Norme Tecniche per le Costruzioni 2008*, il deposito di argille e sabbie di Pagliare nel sito d'interesse è risultato potenzialmente liquefacibile.
- Ai sensi della tab. 3.2.VI delle NTC 2008, il sito ricade nella Categoria Topografica T1;
- In base all'indagine sismica di superficie il sito ricade, ai sensi del O.P.C.M. 3274 e del D.M. 14.01.2008, nella Categoria di Suolo C.

- Dall'analisi dei microtrempi è risultato che la frequenza fondamentale di risonanza del terreno d'indagine è di 3.75 Hz con componente dominante NNW-SSE.

Zona C

- Nell'area investigata non si sono rilevate tracce o indizi che indichino processi di instabilità franosa in atto o potenziali, pertanto in relazione a tale fenomenologia dissestata il sito Zona C è definito stabile. Tale valutazione è suffragata dai risultati dell'analisi di stabilità eseguita.
- Al di sotto della coltre superficiale antropica, che costituisce il riempimento della piazza, sono presenti depositi di *Calcarei ciclotemici a gasteropodi* (CCG) (Valanginiano - Barremiano inferiore).
- La superficie piezometrica della falda basale, ospitata nell'acquifero carbonatico, è molto profonda rispetto alla superficie topografica dell'area d'interesse, in ragione delle caratteristiche di elevata permeabilità senza soluzione di continuità dell'acquifero stesso. Sulla base dei dati a disposizione si esclude la presenza di una falda superficiale in grado di interagire in fase statica o dinamica con la struttura oggetto dell'intervento, pertanto si omette la verifica alla liquefazione ai sensi del paragrafo 7.11.3.4.2 delle D.M. 14.01.2008 - *Norme Tecniche per le Costruzioni 2008*.
- Ai sensi della tab. 3.2.VI delle NTC 2008, il sito ricade nella Categoria Topografica **T2**.
- In base all'indagine sismica di superficie il sito ricade, ai sensi del O.P.C.M. 3274 e del D.M. 14.01.2008, nella Categoria di Suolo **A**.
- Dall'analisi dei microtrempi è risultato che la frequenza fondamentale di risonanza del terreno d'indagine è compresa tra le frequenze di $3.97 \pm 0.03 \text{ Hz}$ (TR1) e $4.16 \pm 0.18 \text{ Hz}$ (TR2) con componente dominante rispettivamente E-W e NE-SW.

Zona E

- Nell'area investigata non si sono rilevate tracce o indizi che indichino processi di instabilità franosa in atto o potenziali, pertanto in relazione a tale fenomenologia dissestata il sito Zona E è definito stabile. Tale valutazione è suffragata dai risultati dell'analisi di stabilità eseguita.
- Al di sotto della coltre superficiale antropica sono presenti depositi di *Calcarei ciclotemici a gasteropodi* (CCG) (Valanginiano - Barremiano inferiore).

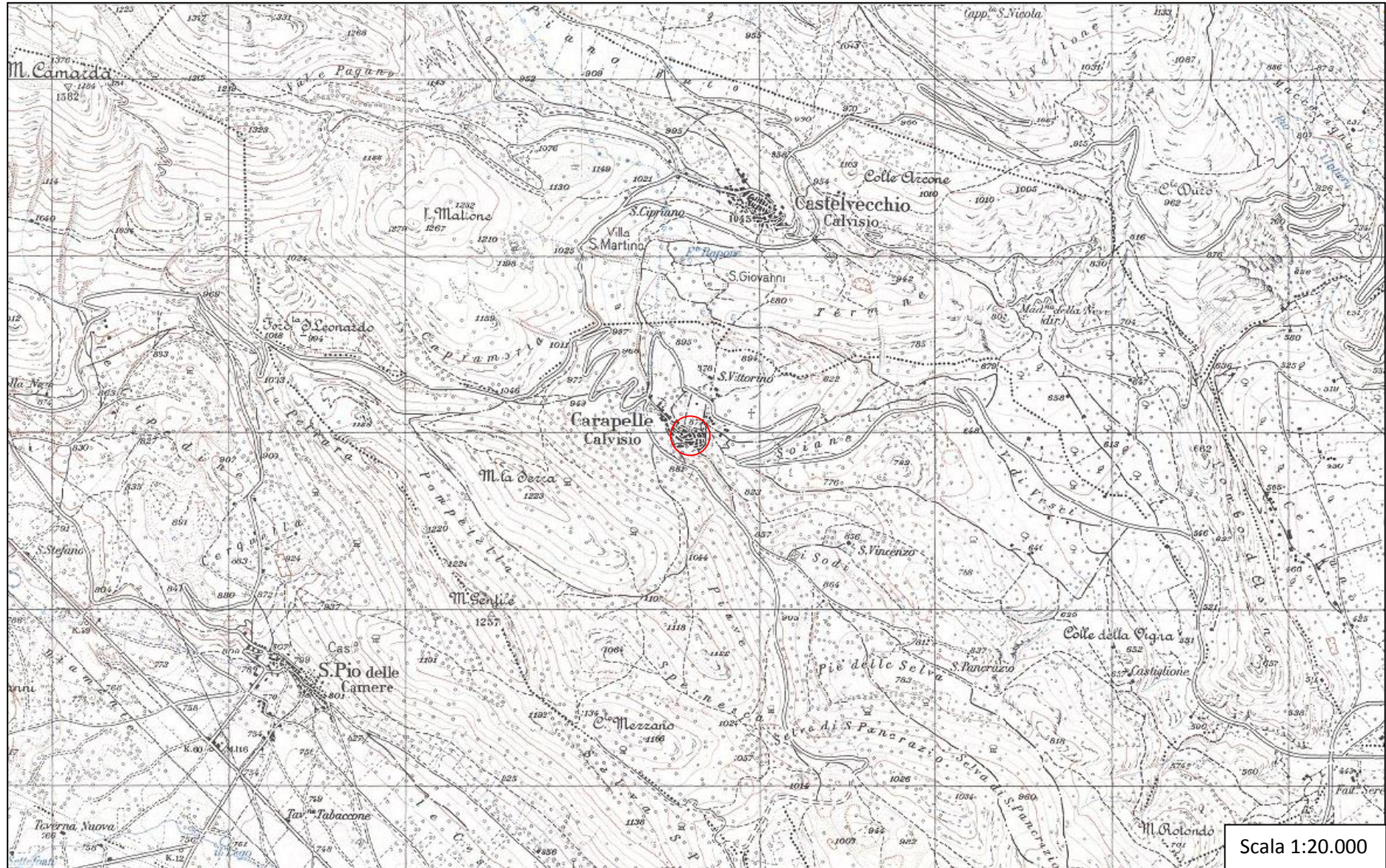
- La superficie piezometrica della falda basale, ospitata nell'acquifero carbonatico, è molto profonda rispetto alla superficie topografica dell'area d'interesse, in ragione delle caratteristiche di elevata permeabilità senza soluzione di continuità dell'acquifero stesso. Sulla base dei dati a disposizione si esclude la presenza di una falda superficiale in grado di interagire in fase statica o dinamica con la struttura oggetto dell'intervento, pertanto si omette la verifica alla liquefazione ai sensi del paragrafo 7.11.3.4.2 delle D.M. 14.01.2008 - *Norme Tecniche per le Costruzioni 2008*.
- Ai sensi della tab. 3.2.VI delle NTC 2008, il sito ricade nella Categoria Topografica **T2**.
- In base all'indagine sismica di superficie il sito ricade, ai sensi del O.P.C.M. 3274 e del D.M. 14.01.2008, nella Categoria di Suolo **A**.
- Dalle indagini GPR risulta la presenza di una *presumibile cavità la cui sommità è ubicata a circa 1,00 m dal p.c.*

Il Tecnico
Dott. Geol. Tatoni Silvio

AEROFOTO CON UBICAZIONE SITI

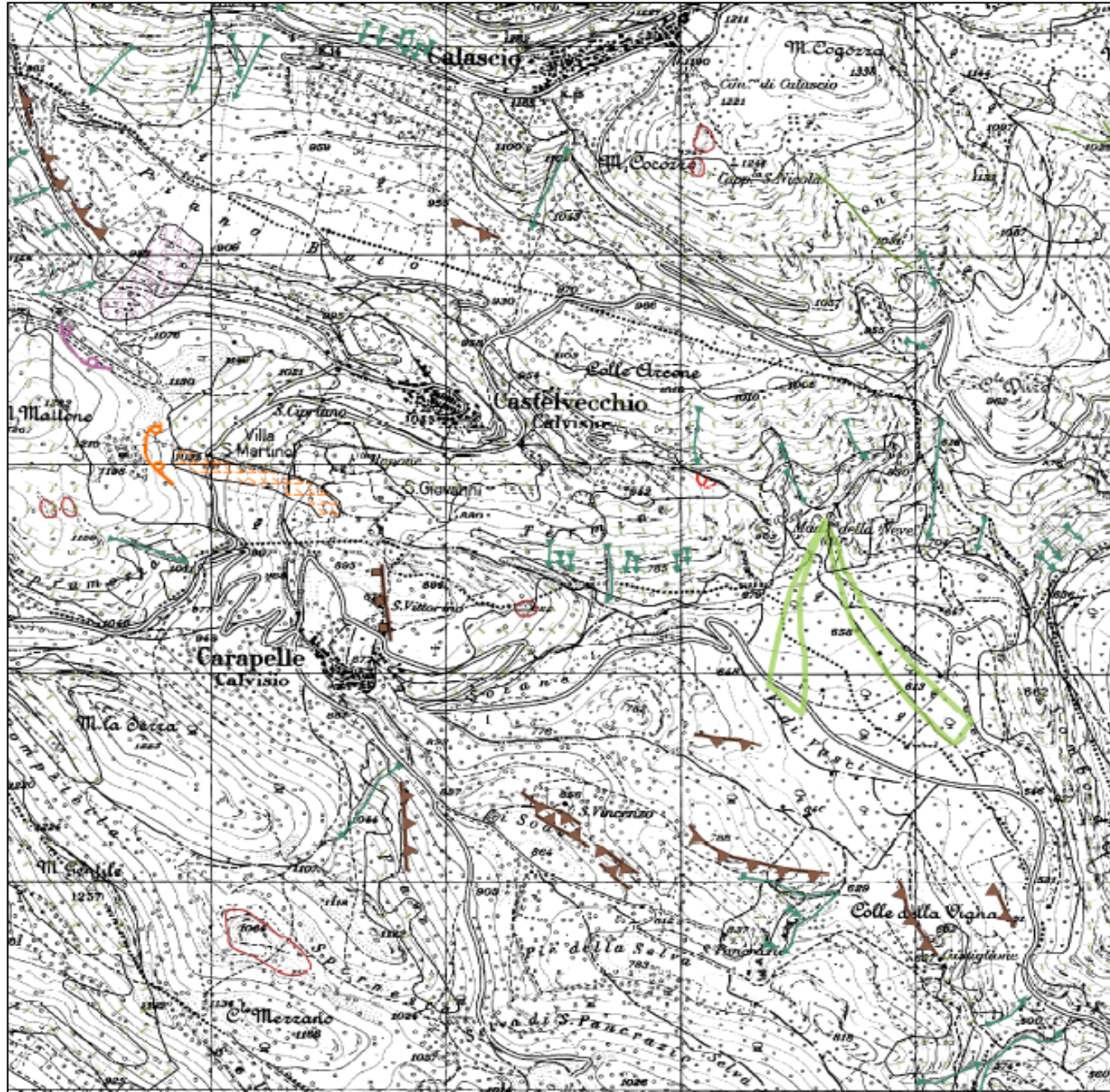


STRALCIO CARTA TOPOGRAFICA REGIONALE



STALCIO CARTA GEOMORFOLOGICA DELLA REGIONE ABRUZZO

SCALA 1:25.000



Forme Strutturali		Stato di Attivita'		
		Attivo	Quiescente	Non Attivo
Limite territorio Autorità di Bacino				
Forme Strutturali	Olio di scarpata di faglia			
	Olio di scarpata con influenza strutturale			
	Olio di scarpata di linea di faglia			
	Olio di scarpata con influenza strutturale interessata da caduta di detrito			
Forme Processive e Depositive Gravitative o Versante	Olio di scarpata di degradazione ero di frane			
	Tiratura o fessura			
	Fretture di trazione			
	Versante interessato da deformazione profonda			
	Versante interessato da deformazioni superficiali lente			
	Capo di frane di orolo e ribaltamento			
	Capo di frane di scombimento:			
	(A) Testate			
	(B) Testate			
	Capo di frane di cedimento			
	Capo di frane di genesi complesse (indici i fenomeni di trasporto e di massa)			
	Rivolta frane o gruppo di piccole frane non disassiate			
Concorrenze significative nel capo di frane				
Forme Processive e Depositive per Acque correnti superficiali	Olio di scarpata di erosione fluviale o torrentizia			
	Alveo con erosione laterale o sponda in erosione			
	Alveo con tendenza all'approfondimento			
	Solco di ruscellamento concentrato			
	Superficie e colanelli e forme simili			
	Superficie con forme di dilavamento prevalentemente diffuso			
	Superficie con forme di dilavamento prevalentemente concentrato			
	Condate alluvionali			
	Cono di origine mista			
	Degressione pedestre			
Forme Carsiche	Dolma			
	Campo di dolma			
	Inghottito			
Forme Processive e Depositive Glaciali	Forme di erosione	Olio di roccia di nivazione		
	Forme di accumulo	Canalone di valanga		
Forme Glaciali	Olio di scarpata			
	Olio di circo			
Forme e Processi Marino Costieri	Olio di scarpata di erosione marina			
	Olio di scarpata erittico			
	Tarazzamento sgrato			
	Sbaramento			
Forme e Processi Antropici	Lago artificiale			
	Civiltà sotterranee naturali e/o antropiche			

STRALCIO CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

FOGLIO 360 TORRE DE'PASSERI

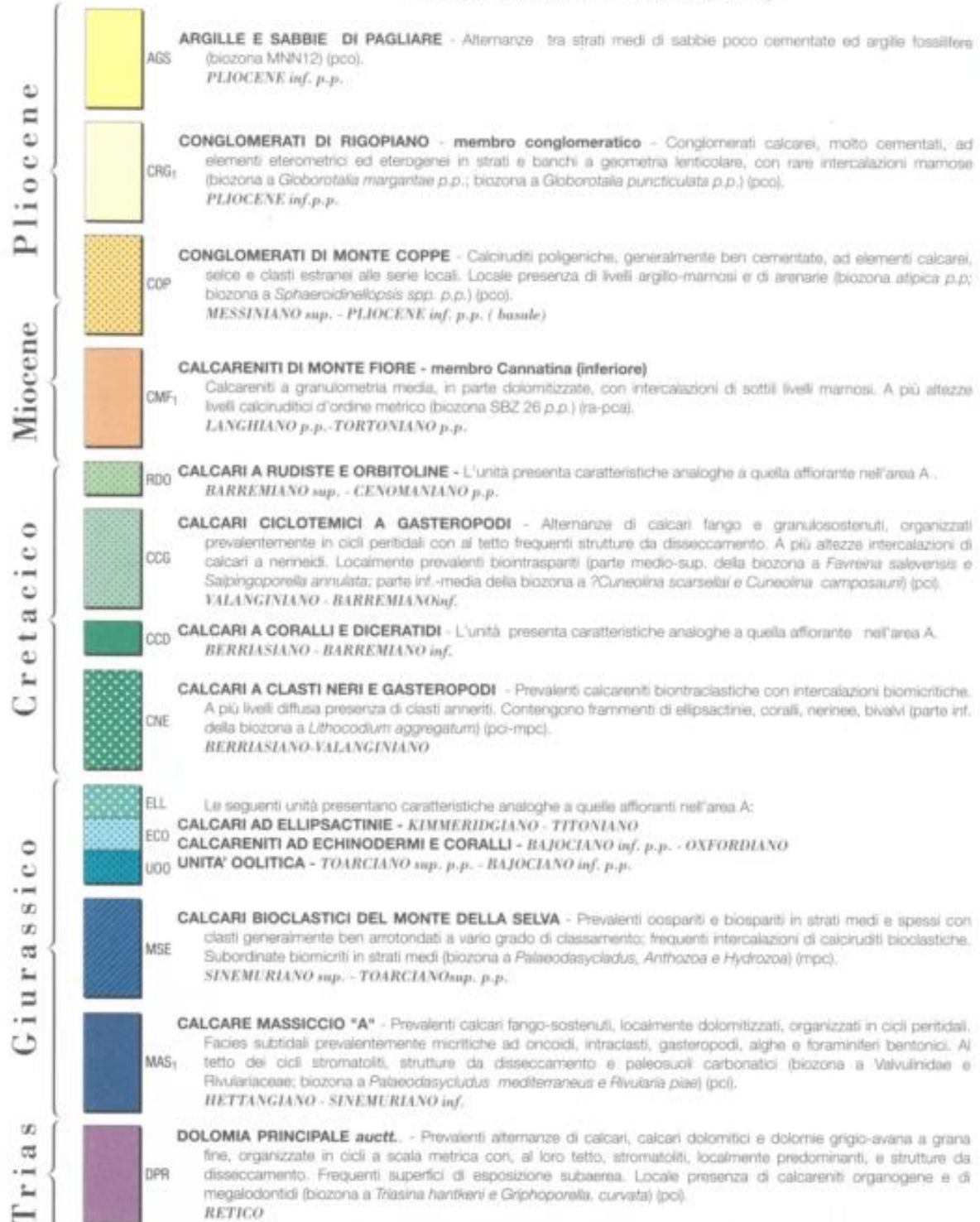
SCALA 1:50.000



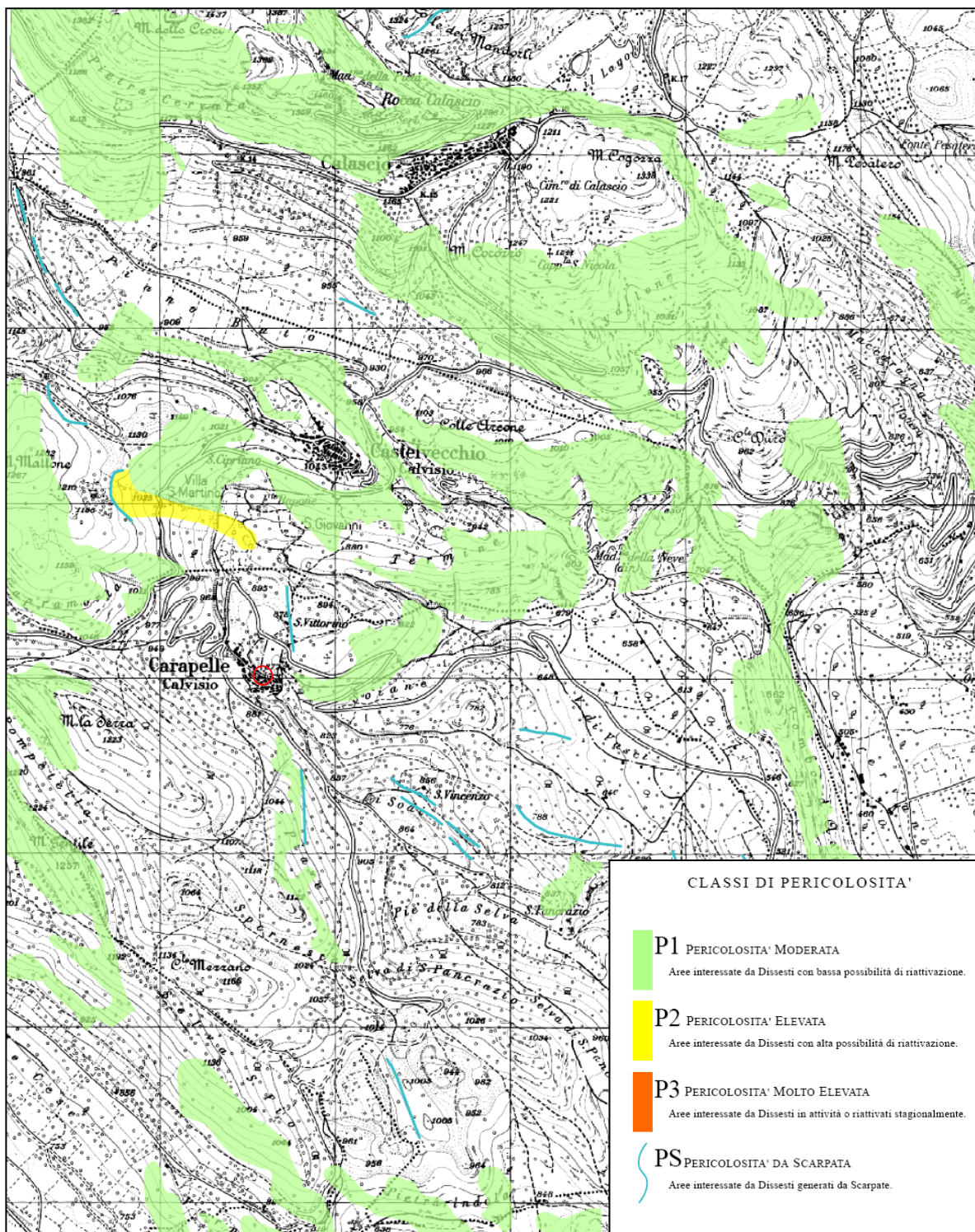
DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

Paleocene - Olocene	olo		<p>Depositi alluvionali ciottoloso-sabbiosi e subordinatamente sabbioso limosi. Depositi lacustri e palustri argilloso-limosi talora con lenti organiche. Depositi travertinosi. Depositi detritici di versante. Depositi eluvio-colluviali con detriti immersi in matrice limoso argillosa e suoli sepolti. Depositi di frana. Possono essere presenti relazioni laterali di facies e discordanze angolari minori. Giacciono in discordanza angolare sul Sintema più antico.</p> <p>OLOCENE-ATTUALE</p>
	AVM		<p>SINTEMA DI VALLE MAJELAMA - Depositi alluvionali ghiaioso-sabbiosi e sabbioso-siltosi, talora con una abbondante frazione piroclastica. Depositi detritici di versante separati da discordanze angolari minori associate o meno a suoli sepolti. Depositi di frana sepolti. Depositi travertinosi. Depositi lacustri sabbioso-siltosi anche carbonatici e depositi palustri siltoso-argillosi. Giacciono in discordanza angolare sul Sintema più antico e talora su un paleosuolo fersiallitico.</p> <p>PLEISTOCENE sup.</p>
	ACT		<p>SINTEMA DI CATIGNANO - Depositi alluvionali prevalentemente ghiaioso-sabbiosi e sabbioso-siltosi alterati da suoli fersiallitici. Depositi glaciali. Depositi detritici di versante separati da discordanze angolari minori associate o meno a suoli sepolti. Giacciono in discordanza angolare sul Sintema più antico.</p> <p>PLEISTOCENE medio finale</p>
	AP		<p>SUPERSINTEMA DI AIELLI - PEScina - Depositi alluvionali prevalentemente ciottoloso-sabbiosi, anche poco elaborati, alternati a depositi detritici di versante, anche molto grossolani. Si intercalano a depositi lacustri sabbioso-siltosi anche a composizione prevalentemente carbonatica. Giacciono in discordanza angolare sul substrato.</p> <p>PLIOCENE (?) - PLEISTOCENE medio</p>

SUCCESSIONE CALASCIO - M. OFFERMO (AREA B)



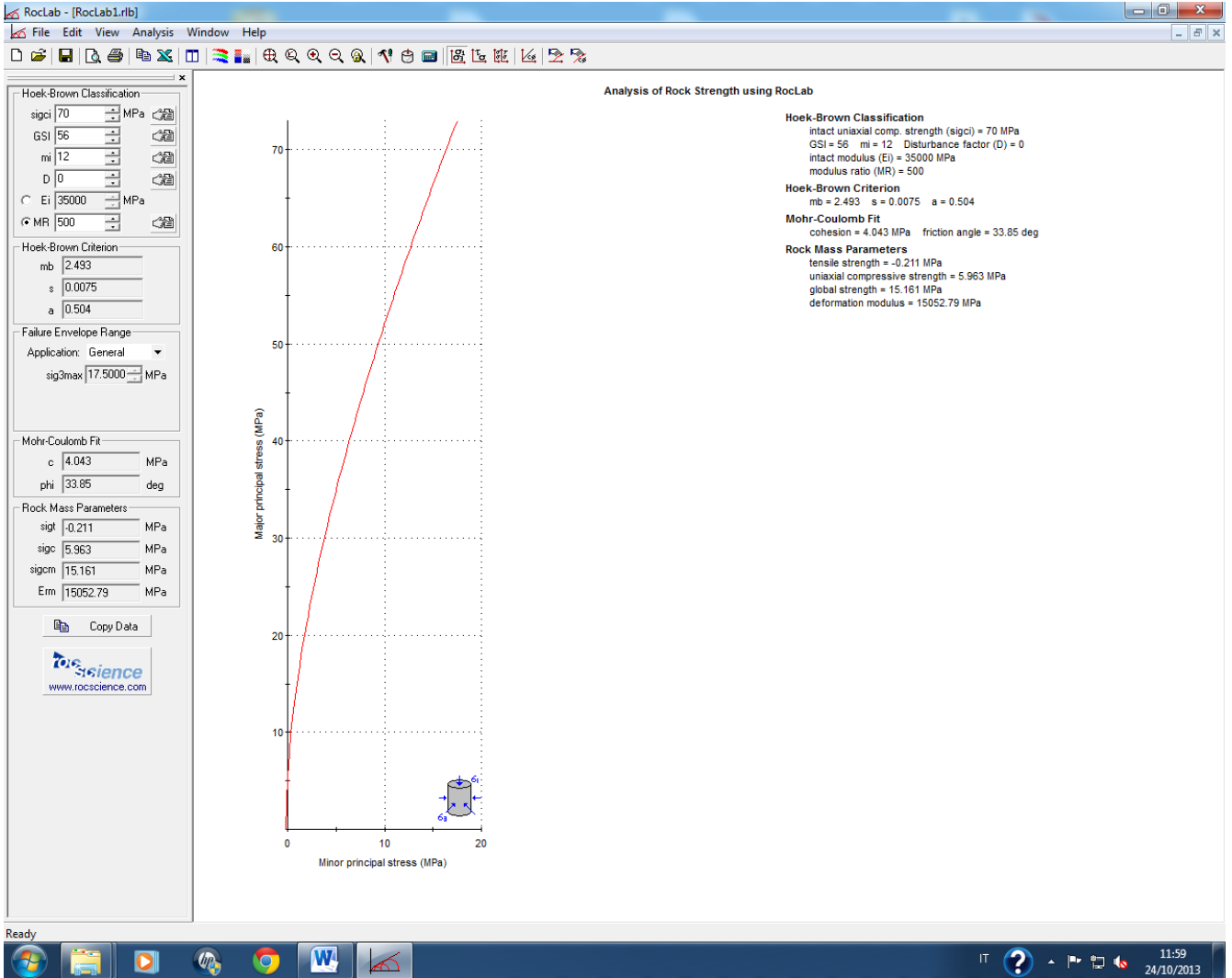
STRALCIO CARTA DI PERICOLOSITA'
PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO DELLA REGIONE ABRUZZO (PAI)
SCALA 1:25.000

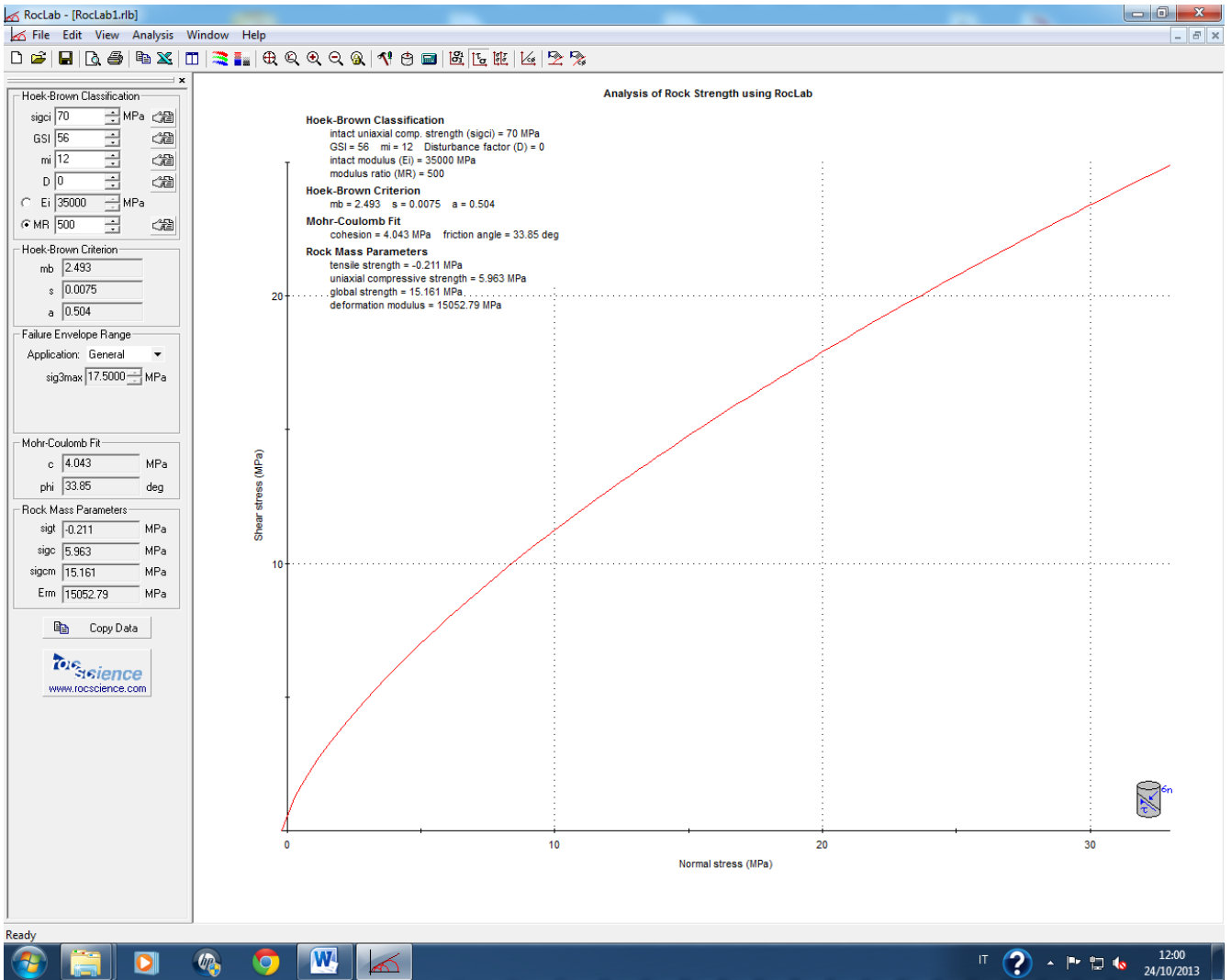


PROVA MARTELLO DI SCHMIDT

Misure orizzontali con sclerometro
52
26
34
40
24
28
38
34
40
30

LOTTO A	Resistenza a compressione	Coesione (MPa)	Angolo d'attrito
	70	4.04	33





RocLab - [RocLab1.rlb]

File Edit View Analysis Window Help

Analysis of Rock Strength using RocLab

Hoek-Brown Classification

sigci 70 MPa

GSI 56

mi 12

D 0

Ei 35000 MPa

MR 500

Hoek-Brown Criterion

mb 2.493

s 0.0075

a 0.504

Failure Envelope Range

Application: General

sig3max 17.5000 MPa

Mohr-Coulomb Fit

c 4.043 MPa

phi 33.85 deg

Rock Mass Parameters


sigt -0.211 MPa

sigc 5.963 MPa

sigcm 15.161 MPa

Erm 15052.79 MPa

Copy Data

 www.rocscience.com

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (sigci) = 70 MPa

GSI = 56 mi = 12 Disturbance factor (D) = 0

intact modulus (Ei) = 35000 MPa

modulus ratio (MR) = 500

Hoek-Brown Criterion

mb = 2.493 s = 0.0075 a = 0.504

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 4.043 MPa friction angle = 33.85 deg

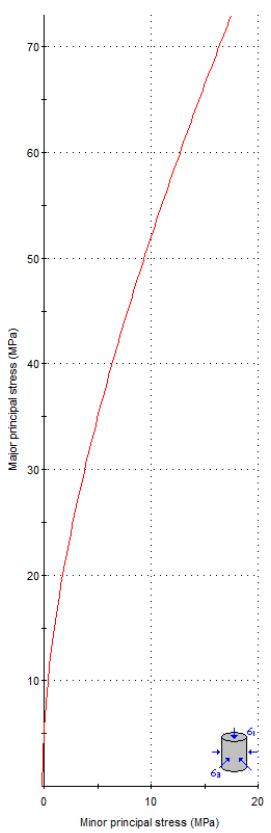
Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.211 MPa

uniaxial compressive strength = 5.963 MPa

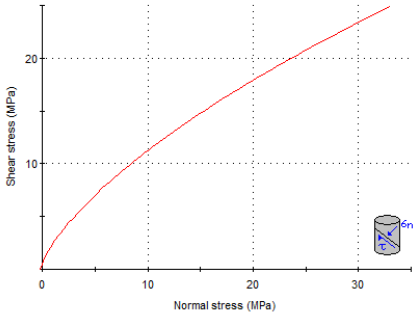
global strength = 15.161 MPa

deformation modulus = 15052.79 MPa



Major principal stress (MPa)

Minor principal stress (MPa)



Shear stress (MPa)

Normal stress (MPa)

Ready

12:01
24/10/2013

Hoek-Brown Classification

sigci 70 MPa
 GSI 56
 mi 12
 D 0
 Ei 35000 MPa
 MR 500

Hoek-Brown Criterion

mb 2.493
 s 0.0075
 a 0.504

Failure Envelope Range

Application: General
 sig3max 17.5000 MPa

Mohr-Coulomb Fit

c 4.043 MPa
 phi 33.85 deg

Rock Mass Parameters

sigt -0.211 MPa
 sigc 5.963 MPa
 sigcm 15.161 MPa
 Erm 15052.79 MPa

Copy Data

rocscience
 www.rocscience.com

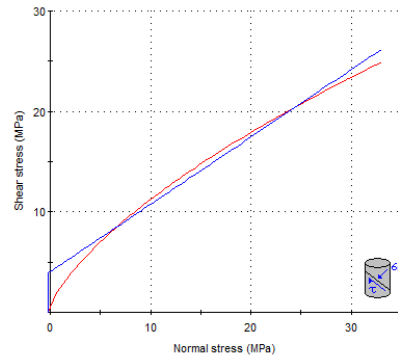
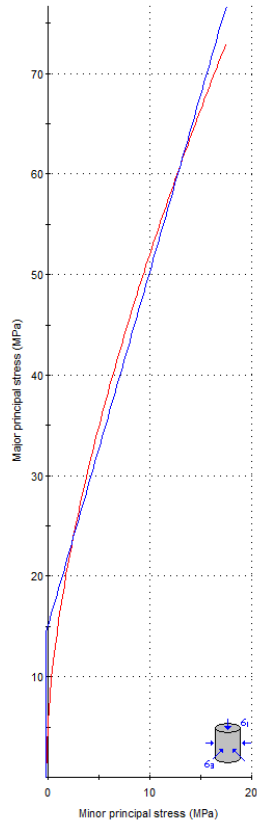
Analysis of Rock Strength using RocLab

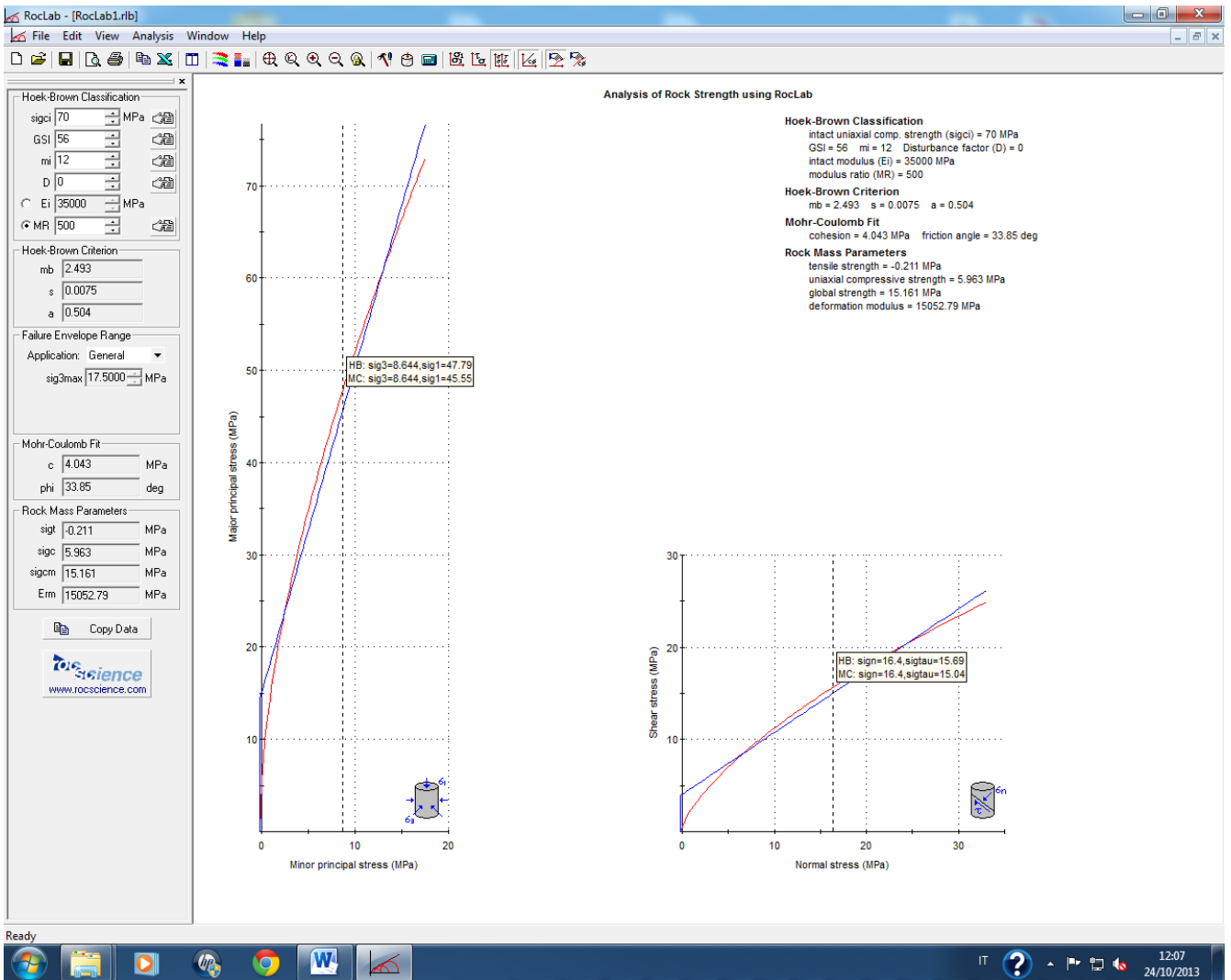
Hoek-Brown Classification
 intact uniaxial comp. strength (sigci) = 70 MPa
 GSI = 56 mi = 12 Disturbance factor (D) = 0
 intact modulus (Ei) = 35000 MPa
 modulus ratio (MR) = 500

Hoek-Brown Criterion
 mb = 2.493 s = 0.0075 a = 0.504

Mohr-Coulomb Fit
 cohesion = 4.043 MPa friction angle = 33.85 deg

Rock Mass Parameters
 tensile strength = -0.211 MPa
 uniaxial compressive strength = 5.963 MPa
 global strength = 15.161 MPa
 deformation modulus = 15052.79 MPa





Hoek-Brown Classification

sigci 70 MPa
 GSI 56
 mi 12
 D 0
 Ei 35000 MPa
 MR 500

Hoek-Brown Criterion

mb 2.493
 s 0.0075
 a 0.504

Failure Envelope Range

Application: General
 sig3max 17.5000 MPa


Mohr-Coulomb Fit

c 4.043 MPa
 phi 33.85 deg

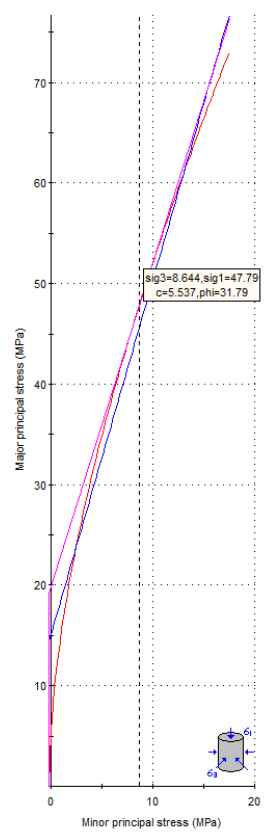
Rock Mass Parameters

sigt -0.211 MPa
 sigc 5.963 MPa
 sigcm 15.161 MPa
 Erm 15052.79 MPa

Copy Data


 www.rocscience.com

Analysis of Rock Strength using RocLab

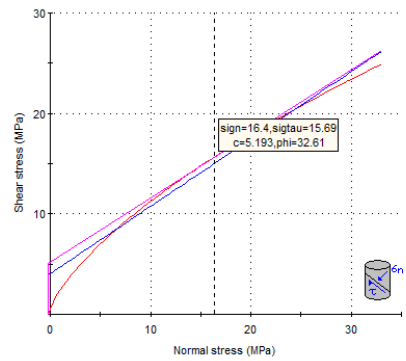


Hoek-Brown Classification
 intact uniaxial comp. strength (sigci) = 70 MPa
 GSI = 56 mi = 12 Disturbance factor (D) = 0
 intact modulus (Ei) = 35000 MPa
 modulus ratio (MR) = 500

Hoek-Brown Criterion
 mb = 2.493 s = 0.0075 a = 0.504

Mohr-Coulomb Fit
 cohesion = 4.043 MPa friction angle = 33.85 deg

Rock Mass Parameters
 tensile strength = -0.211 MPa
 uniaxial compressive strength = 5.963 MPa
 global strength = 15.161 MPa
 deformation modulus = 15052.79 MPa



1. PREMESSA

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

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

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

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

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

dove:

V_R = *periodo di riferimento*

V_N = *vita nominale*

C_U = *coefficiente d'uso*

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

- $V_N \leq 10$ anni per le opere provvisorie, provvisionali e le strutture in fase costruttiva che però abbiano una durata di progetto ≥ 2 anni.
- $V_N \geq 50$ anni per le opere ordinarie, ponti, infrastrutture e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale.
- $V_N \geq 100$ anni per grandi opere, ponti, infrastrutture e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica.

Nel caso specifico $V_N = 50$ anni.

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

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

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

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

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

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

Una volta ottenuti V_N e C_U , è possibile calcolare il periodo di riferimento V_R , che qui vale:
 $V_R = 50 * 1 = 50$ anni.

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

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

Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o comportare la perdita di

Dott. Geol. Silvio TATONI - Via dei farnesi, 8, 67100, L'Aquila, (AQ)

beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite di esercizio sono:

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

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)**: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di 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;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)**: a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

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

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

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

Stati limite			P_{VR}
Stati limite di esercizio	Stato limite di operatività	SLO	81%
	Stato limite di danno	SLD	63%

Stati limite ultimi	Stato limite di salvaguardia della vita	SLV	10%
	Stato limite di prevenzione del collasso	SLC	5%

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

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

Tale relazione tra P_{VR} (probabilità) e T_R (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

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

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

Stati limite			T_R
Stati limite di esercizio	Stato limite di operatività	SLO	30
	Stato limite di danno	SLD	50

Stati limite ultimi	Stato limite di salvaguardia della vita	SLV	475
	Stato limite di prevenzione del collasso	SLC	975

4. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

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

Per poter definire la pericolosità sismica di base le NTC08 si rifanno ad una procedura basata sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, nella sezione "Mappe interattive della pericolosità sismica".

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

a_g = accelerazione orizzontale massima

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

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

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

a_g , il valore previsto dalla pericolosità sismica S1

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

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

ID	LON	LAT	$T_R = 30$			$T_R = 50$			$T_R = 72$			$T_R = 101$		
			a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*
13111	6.5448	45.1340	0.263	2.500	0.180	0.340	2.510	0.210	0.394	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13333	6.5506	45.0850	0.264	2.490	0.180	0.341	2.510	0.210	0.395	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13555	6.5564	45.0350	0.264	2.500	0.180	0.340	2.510	0.200	0.393	2.550	0.220	0.466	2.500	0.240
13777	6.5621	44.9850	0.263	2.500	0.180	0.338	2.520	0.200	0.391	2.550	0.220	0.462	2.510	0.240
12890	6.6096	45.1880	0.284	2.460	0.190	0.364	2.510	0.210	0.431	2.500	0.220	0.509	2.480	0.240
13112	6.6153	45.1390	0.286	2.460	0.190	0.366	2.510	0.210	0.433	2.500	0.220	0.511	2.480	0.240
13334	6.6210	45.0890	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.434	2.500	0.220	0.511	2.490	0.240
13556	6.6268	45.0390	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.433	2.510	0.220	0.510	2.490	0.240
13778	6.6325	44.9890	0.288	2.460	0.190	0.366	2.520	0.210	0.430	2.510	0.220	0.507	2.500	0.240
14000	6.6383	44.9390	0.286	2.470	0.190	0.363	2.520	0.210	0.426	2.520	0.220	0.502	2.500	0.240
14222	6.6439	44.8890	0.284	2.470	0.190	0.360	2.530	0.210	0.421	2.530	0.220	0.497	2.500	0.240
12891	6.6803	45.1920	0.306	2.430	0.200	0.389	2.500	0.210	0.467	2.470	0.230	0.544	2.490	0.230
10228	6.6826	45.7940	0.283	2.420	0.200	0.364	2.460	0.220	0.430	2.460	0.240	0.505	2.440	0.250
13113	6.6860	45.1430	0.309	2.430	0.200	0.391	2.510	0.210	0.470	2.470	0.230	0.546	2.490	0.230
10450	6.6885	45.7450	0.278	2.440	0.200	0.356	2.480	0.220	0.415	2.500	0.230	0.485	2.470	0.250
13335	6.6915	45.0930	0.310	2.430	0.200	0.392	2.510	0.210	0.470	2.480	0.230	0.546	2.500	0.230
10672	6.6942	45.6950	0.275	2.450	0.200	0.351	2.490	0.210	0.406	2.520	0.230	0.475	2.490	0.250

13557	6.6973	45.0430	0.311	2.440	0.200	0.392	2.520	0.210	0.469	2.480	0.230	0.545	2.500	0.230
13779	6.7029	44.9930	0.310	2.440	0.200	0.391	2.520	0.210	0.467	2.480	0.230	0.543	2.500	0.230

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

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

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

nella quale p è il valore del parametro di interesse (a_g , F_O , T_C^*) corrispondente al periodo di ritorno T_R desiderato, mentre $p_1, 2$ è il valore di tale parametro corrispondente al periodo di ritorno $T_{R1, 2}$.

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

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

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

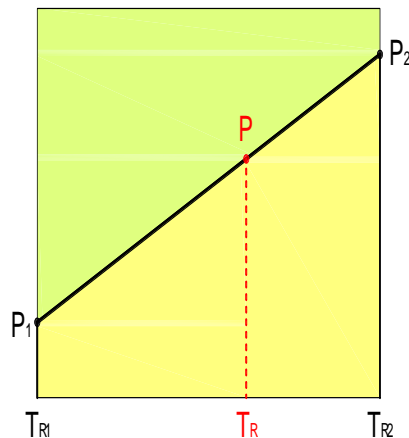


Figura 4.3 – Interpolazione dei periodi di ritorno, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.

La procedura per interpolare le coordinate geografiche è schematizzata nella figura 4.

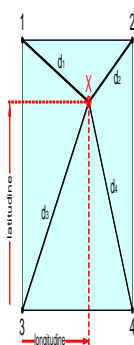


Figura 4.4 – Interpolazione delle coordinate geografiche, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.

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

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

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

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

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

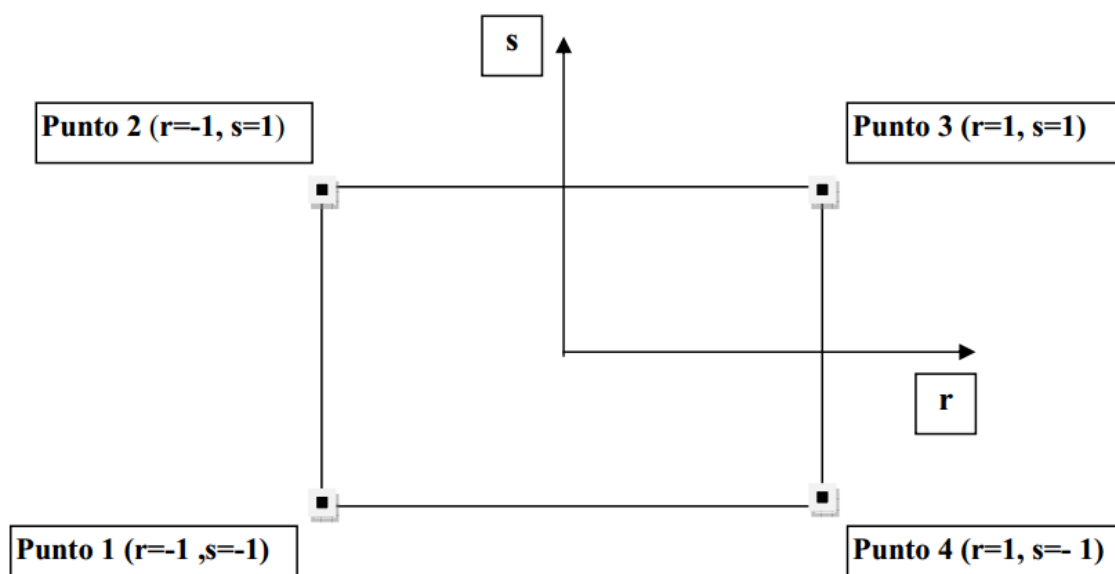


Figura 4.5 – Applicazione dell'interpolazione bilineare.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Dove p rappresenta il parametro cercato.

5. Pericolosità sismica di sito

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

5.1. Coefficienti sismici

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

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

Con V_R vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea

con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R non può essere inferiore a 35 anni.

5.2. Stabilità dei pendii e fondazioni

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

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

$$K_v = \pm 0,5 \times K_h$$

Con

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{\max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

I valori di β_s sono riportati nella tabella 5.1.

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

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

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

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

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica) ($0,90 \leq S_S \leq 1,80$) è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

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

$$\mathbf{T1: } S_T = 1,0; \mathbf{T2: } S_T = 1,20; \mathbf{T3: } S_T = 1,2; \mathbf{T4: } S_T = 1,40.$$

5.3. Muri di sostegno

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

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

$$K_v = \pm 0,5 \times K_h$$

Con:

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

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

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_m	β_m
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,31	0,31
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,29	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,18

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

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

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

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

a_g accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

5.4 Paratie

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

$$a_h = k_h \cdot g = \alpha \cdot \beta \cdot a_{max}$$

dove:

g è l'accelerazione di gravità;

k_h è il coefficiente sismico in direzione orizzontale;

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

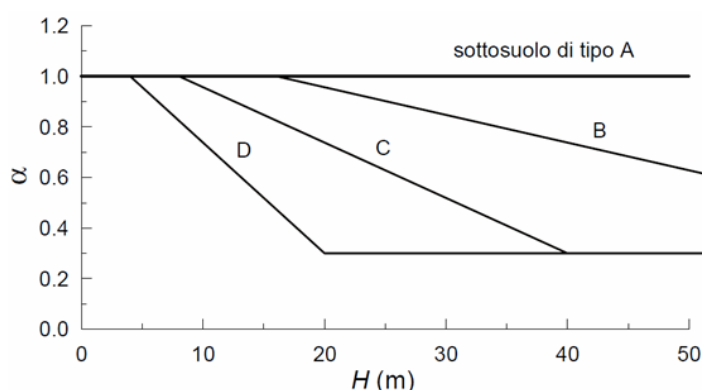


Figura 5.1 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità α .

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

$\beta \leq 1$ è un coefficiente funzione della capacità dell'opera di subire spostamenti senza cadute di resistenza. Il valore del coefficiente β può essere ricavato dal diagramma riportato

in Figura 5.2, in funzione del massimo spostamento u_s che l'opera può tollerare senza riduzioni di resistenza.

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

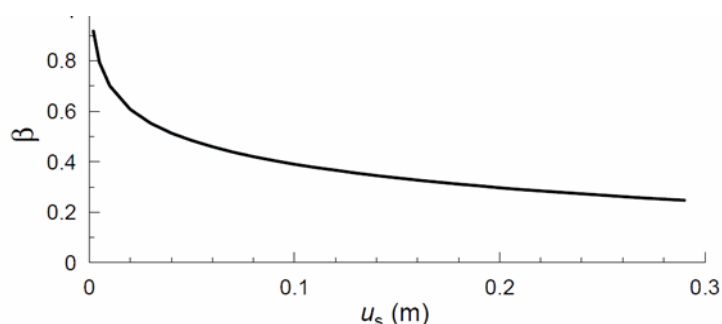


Tabella 5.2 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento β .

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

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

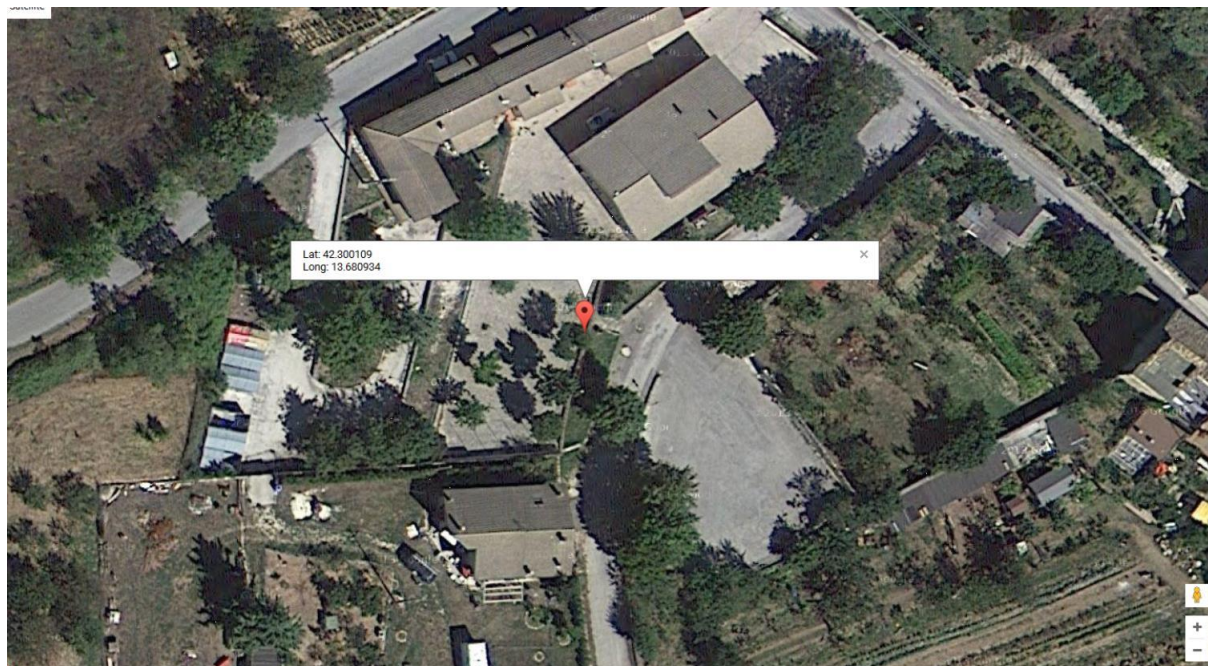
dove:

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

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

Se $\alpha \cdot \beta \leq 0,2$ deve assumersi $k_h = 0,2 \times a_{max} / g$.

PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE



Vita nominale (Vn):	50 [anni]
Classe d'uso:	II
Coefficiente d'uso (Cu):	1
Periodo di riferimento (Vr):	50 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLO:	30 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLD:	50 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLV:	475 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLC:	975 [anni]

Tipo di interpolazione: Superficie rigata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84):	42,3001100 [°]
Longitudine (WGS84):	13,6809300 [°]
Latitudine (ED50):	42,3010800 [°]
Longitudine (ED50):	13,6818400 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]
1	26753	42,284890	13,625380
2	26754	42,284790	13,692920
3	26532	42,334800	13,693080
4	26531	42,334890	13,625450

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

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,079	2,383	0,274
SLD	50	0,103	2,327	0,282
SLV	475	0,259	2,367	0,346
SLC	975	0,332	2,402	0,363

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,078	2,376	0,274
SLD	50	0,102	2,324	0,283
SLV	475	0,257	2,367	0,345
SLC	975	0,329	2,406	0,362

Punto 3

Stato limite	Tr	ag	F0	Tc*
--------------	----	----	----	-----

Dott. Geol. Silvio TATONI - Via dei farnesi, 8, 67100, L'Aquila, (AQ)

	[anni]	[g]	[-]	[s]
SLO	30	0,076	2,374	0,275
SLD	50	0,099	2,329	0,285
SLV	475	0,253	2,361	0,343
SLC	975	0,324	2,401	0,360

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,078	2,379	0,274
SLD	50	0,103	2,324	0,282
SLV	475	0,258	2,367	0,345
SLC	975	0,330	2,404	0,362

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,077	2,376	0,275
SLD	50	0,102	2,325	0,283
SLV	475	0,256	2,366	0,345
SLC	975	0,328	2,404	0,362

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000

Categoria sottosuolo:

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 e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero NSPT30 compreso tra 15 e 50 nei terreni a grana grossa c_{u30} compreso tra 70 e 250 kPa nei terreni a grana fina).

Categoria topografica:

T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Coefficienti sismici per muri di sostegno

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,021	0,037	0,106	0,125
kv	0,010	0,018	0,053	0,063
Amax [m/s ²]	1,138	1,494	3,366	3,958
Beta	0,180	0,240	0,310	0,310

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

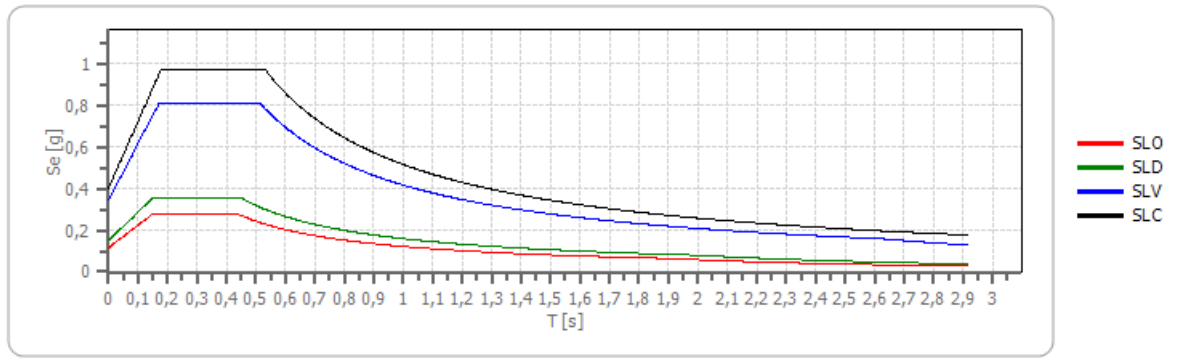
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,116	0,152	0,343	0,404
kv	0,058	0,076	0,172	0,202
Amax [m/s ²]	1,138	1,494	3,366	3,958
Beta	1,000	1,000	1,000	1,000

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,023	0,037	0,096	0,113
kv	0,012	0,018	0,048	0,057
Amax [m/s ²]	1,138	1,494	3,366	3,958
Beta	0,200	0,240	0,280	0,280

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1	0,077	2,376	0,275	1,500	1,610	1,000	1,500	1,000	0,147	0,442	1,909	0,116	0,276
SLD	1	0,102	2,325	0,283	1,500	1,590	1,000	1,500	1,000	0,150	0,450	2,006	0,152	0,354
SLV	1	0,256	2,366	0,345	1,340	1,490	1,000	1,340	1,000	0,171	0,513	2,625	0,343	0,812
SLC	1	0,328	2,404	0,362	1,230	1,470	1,000	1,230	1,000	0,177	0,532	2,912	0,404	0,970

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

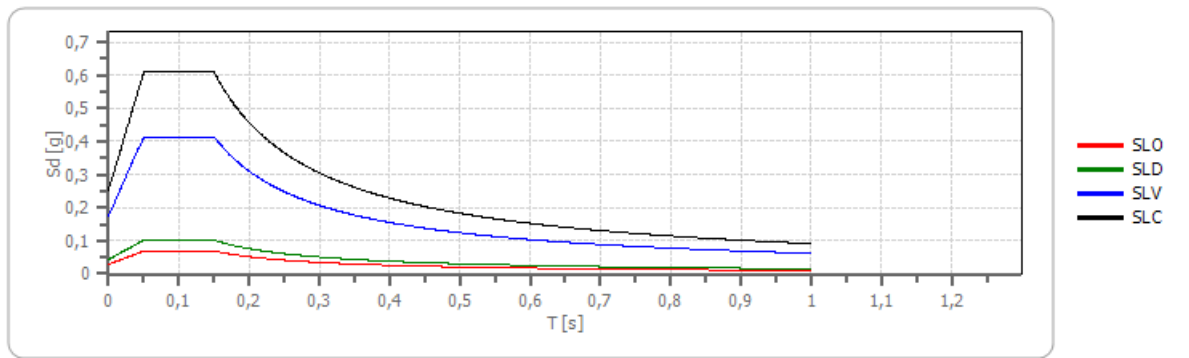
Coefficiente di smorzamento viscoso ξ :

5 %

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

1,000

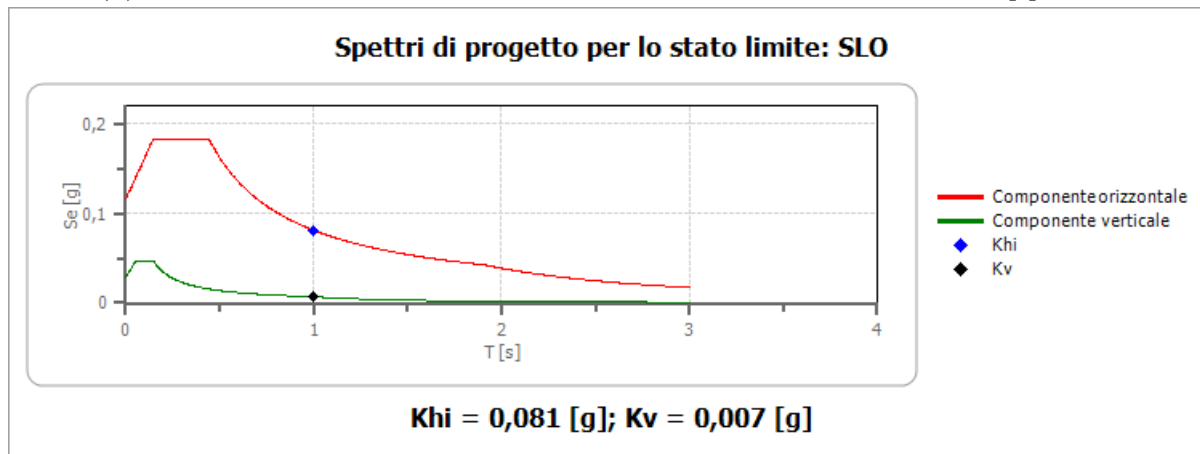
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1	0,077	2,376	0,275	1,500	1,610	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,029	0,069
SLD	1	0,102	2,325	0,283	1,500	1,590	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,044	0,102
SLV	1	0,256	2,366	0,345	1,340	1,490	1,000	1,340	1,000	0,050	0,150	1,000	0,175	0,414
SLC	1	0,328	2,404	0,362	1,230	1,470	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,254	0,610

Spettro di progetto

Fattore di struttura spettro orizzontale q: 1,5
 Fattore di struttura spettro verticale q: 1,5
 Periodo fondamentale T: 1,0 [s]
 $k_{hi} = S_e(T)$ Orizzontale: 0,081 [g]
 $k_{hv} = S_e(T)$ Verticale: 0,007 [g]



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(T B) [g]
SLO orizz ontal e	1	0,077	2,376	0,275	1,500	1,610	1,000	1,500	1,500	0,147	0,442	1,909	0,116	0,184
SLO vertic ale	1	0,102	2,325	0,283	1,500	1,590	1,000	1,000	1,500	0,046	0,150	1,000	0,029	0,184

Indice

Pericolosità sismica di base	12
Parametri di pericolosità sismica	13
Pericolosità sismica di sito	15
Coefficienti sismici	15
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali	15
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali	16
Spettro di progetto	17
Indice	18

1. PREMESSA

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

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

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

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

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

dove:

V_R = *periodo di riferimento*

V_N = *vita nominale*

C_U = *coefficiente d'uso*

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

- $V_N \leq 10$ anni per le opere provvisorie, provvisionali e le strutture in fase costruttiva che però abbiano una durata di progetto ≥ 2 anni.
- $V_N \geq 50$ anni per le opere ordinarie, ponti, infrastrutture e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale.
- $V_N \geq 100$ anni per grandi opere, ponti, infrastrutture e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica.

Nel caso specifico $V_N = 50$ anni.

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

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

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

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

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

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

Una volta ottenuti V_N e C_U , è possibile calcolare il periodo di riferimento V_R , che qui vale:
 $V_R = 50 * 1 = 50$ anni.

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

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

Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o comportare la perdita di

Dott. Geol. Silvio TATONI - Via dei farnesi, 8, 67100, L'Aquila, (AQ)

beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite di esercizio sono:

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

Gli stati limite ultimi sono:

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

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

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

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

Stati limite			P _{VR}
Stati limite di esercizio	Stato limite di operatività	SLO	81%
	Stato limite di danno	SLD	63%
Stati limite ultimi	Stato limite di salvaguardia della vita	SLV	10%
	Stato limite di prevenzione del collasso	SLC	5%

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

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

Tale relazione tra P_{VR} (probabilità) e T_R (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

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

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

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

4. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

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

Per poter definire la pericolosità sismica di base le NTC08 si rifanno ad una procedura basata sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, nella sezione "Mappe interattive della pericolosità sismica".

Secondo le NTC08 le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno T_R (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a

terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito, definiti nell'**Allegato A** alle NTC08:

a_g = accelerazione orizzontale massima

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

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

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

a_g , il valore previsto dalla pericolosità sismica S1

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

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

ID	LON	LAT	$T_R = 30$			$T_R = 50$			$T_R = 72$			$T_R = 101$		
			a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*
13111	6.5448	45.1340	0.263	2.500	0.180	0.340	2.510	0.210	0.394	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13333	6.5506	45.0850	0.264	2.490	0.180	0.341	2.510	0.210	0.395	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13555	6.5564	45.0350	0.264	2.500	0.180	0.340	2.510	0.200	0.393	2.550	0.220	0.466	2.500	0.240
13777	6.5621	44.9850	0.263	2.500	0.180	0.338	2.520	0.200	0.391	2.550	0.220	0.462	2.510	0.240
12890	6.6096	45.1880	0.284	2.460	0.190	0.364	2.510	0.210	0.431	2.500	0.220	0.509	2.480	0.240
13112	6.6153	45.1390	0.286	2.460	0.190	0.366	2.510	0.210	0.433	2.500	0.220	0.511	2.480	0.240
13334	6.6210	45.0890	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.434	2.500	0.220	0.511	2.490	0.240
13556	6.6268	45.0390	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.433	2.510	0.220	0.510	2.490	0.240
13778	6.6325	44.9890	0.288	2.460	0.190	0.366	2.520	0.210	0.430	2.510	0.220	0.507	2.500	0.240
14000	6.6383	44.9390	0.286	2.470	0.190	0.363	2.520	0.210	0.426	2.520	0.220	0.502	2.500	0.240
14222	6.6439	44.8890	0.284	2.470	0.190	0.360	2.530	0.210	0.421	2.530	0.220	0.497	2.500	0.240
12891	6.6803	45.1920	0.306	2.430	0.200	0.389	2.500	0.210	0.467	2.470	0.230	0.544	2.490	0.230
10228	6.6826	45.7940	0.283	2.420	0.200	0.364	2.460	0.220	0.430	2.460	0.240	0.505	2.440	0.250
13113	6.6860	45.1430	0.309	2.430	0.200	0.391	2.510	0.210	0.470	2.470	0.230	0.546	2.490	0.230
10450	6.6885	45.7450	0.278	2.440	0.200	0.356	2.480	0.220	0.415	2.500	0.230	0.485	2.470	0.250
13335	6.6915	45.0930	0.310	2.430	0.200	0.392	2.510	0.210	0.470	2.480	0.230	0.546	2.500	0.230
10672	6.6942	45.6950	0.275	2.450	0.200	0.351	2.490	0.210	0.406	2.520	0.230	0.475	2.490	0.250
13557	6.6973	45.0430	0.311	2.440	0.200	0.392	2.520	0.210	0.469	2.480	0.230	0.545	2.500	0.230
13779	6.7029	44.9930	0.310	2.440	0.200	0.391	2.520	0.210	0.467	2.480	0.230	0.543	2.500	0.230

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

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

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

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

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

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

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

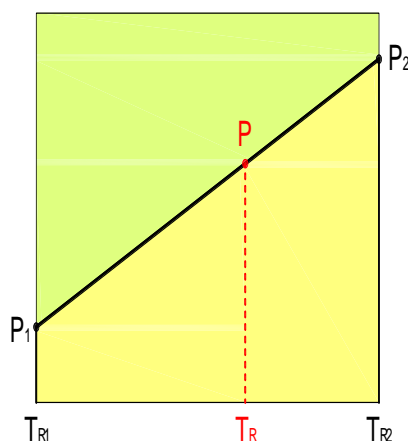


Figura 4.3 – Interpolazione dei periodi di ritorno, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.

La procedura per interpolare le coordinate geografiche è schematizzata nella figura 4.

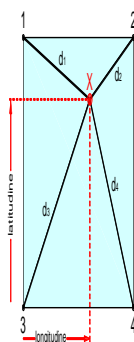


Figura 4.4 – Interpolazione delle coordinate geografiche, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.

Pertanto per poter procedere all'interpolazione delle coordinate geografiche, in accordo alla procedura delle NTC08, bisogna calcolare le distanze che intercorrono tra i 4 punti del reticolo e il punto di interesse. Questo calcolo può essere eseguito approssimativamente utilizzando le formule della trigonometria sferica, che danno la distanza geodetica tra due punti, di cui siano note le

coordinate geografiche. Utilizzando quindi il teorema di Eulero, la distanza d tra due punti, di cui siano note latitudine e longitudine, espresse però in radianti, si ottiene dall'espressione seguente:

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

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

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

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

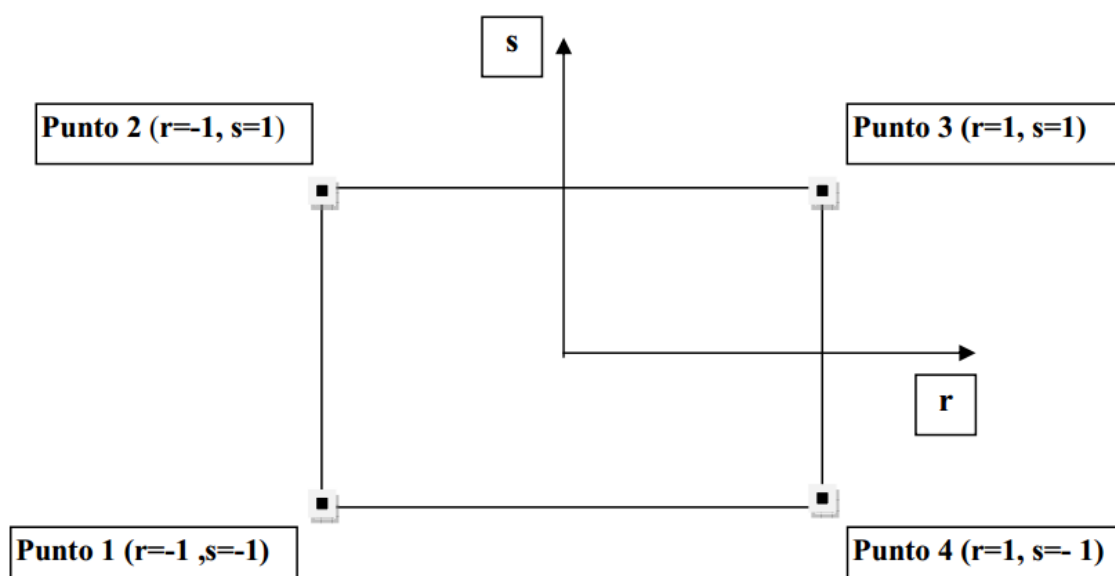


Figura 4.5 – Applicazione dell'interpolazione bilineare.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Dove p rappresenta il parametro cercato.

5. Pericolosità sismica di sito

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

5.1. Coefficienti sismici

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

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

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

5.2. Stabilità dei pendii e fondazioni

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

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

$$K_v = \pm 0,5 \times K_h$$

Con

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{\max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

I valori di β_s sono riportati nella tabella 5.1.

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

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

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

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

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica) ($0,90 \leq S_S \leq 1,80$) è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

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

$$\mathbf{T1: } S_T = 1,0; \mathbf{T2: } S_T = 1,20; \mathbf{T3: } S_T = 1,2; \mathbf{T4: } S_T = 1,40.$$

5.3. Muri di sostegno

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

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

$$K_v = \pm 0,5 \times K_h$$

Con:

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

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

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_m	β_m
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,31	0,31
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,29	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,18

a_{\max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

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

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

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

a_g accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

5.4 Paratie

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

$$a_h = K_h \cdot g = \alpha \cdot \beta \cdot a_{max}$$

dove:

g è l'accelerazione di gravità;

K_h è il coefficiente sismico in direzione orizzontale;

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

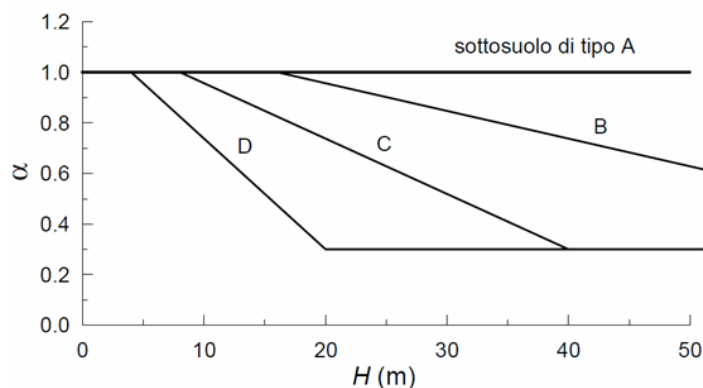


Figura 5.1 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità α .

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

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

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

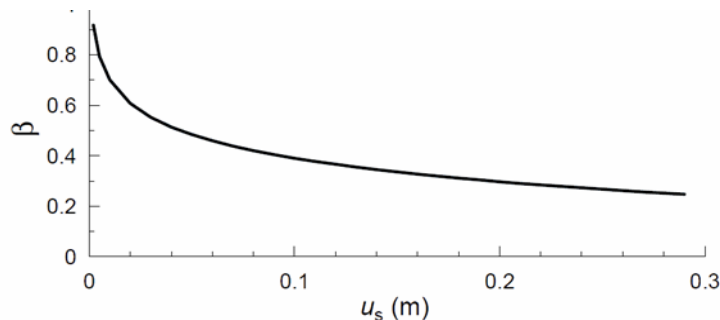


Tabella 5.2 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento β .

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

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

dove:

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

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

Se $\alpha \times \beta \leq 0,2$ deve assumersi $k_h = 0,2 \times a_{max}/g$.

PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE



Vita nominale (V_n):	50 [anni]
Classe d'uso:	II
Coefficiente d'uso (C_u):	1
Periodo di riferimento (V_r):	50 [anni]

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

Tipo di interpolazione: Superficie rigata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84):	42,2990700 [°]
Longitudine (WGS84):	13,6829100 [°]
Latitudine (ED50):	42,3000400 [°]
Longitudine (ED50):	13,6838200 [°]

Dott. Geol. Silvio TATONI - Via dei farnesi, 8, 67100, L'Aquila, (AQ)

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]
1	26753	42,284890	13,625380
2	26754	42,284790	13,692920
3	26532	42,334800	13,693080
4	26531	42,334890	13,625450

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

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,079	2,383	0,274
SLD	50	0,103	2,327	0,282
SLV	475	0,259	2,367	0,346
SLC	975	0,332	2,402	0,363

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,078	2,376	0,274
SLD	50	0,102	2,324	0,283
SLV	475	0,257	2,367	0,345
SLC	975	0,329	2,406	0,362

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,076	2,374	0,275
SLD	50	0,099	2,329	0,285
SLV	475	0,253	2,361	0,343
SLC	975	0,324	2,401	0,360

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,078	2,379	0,274
SLD	50	0,103	2,324	0,282
SLV	475	0,258	2,367	0,345
SLC	975	0,330	2,404	0,362

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,077	2,376	0,275
SLD	50	0,102	2,325	0,283
SLV	475	0,256	2,366	0,345
SLC	975	0,328	2,404	0,362

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000

Categoria sottosuolo:

A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

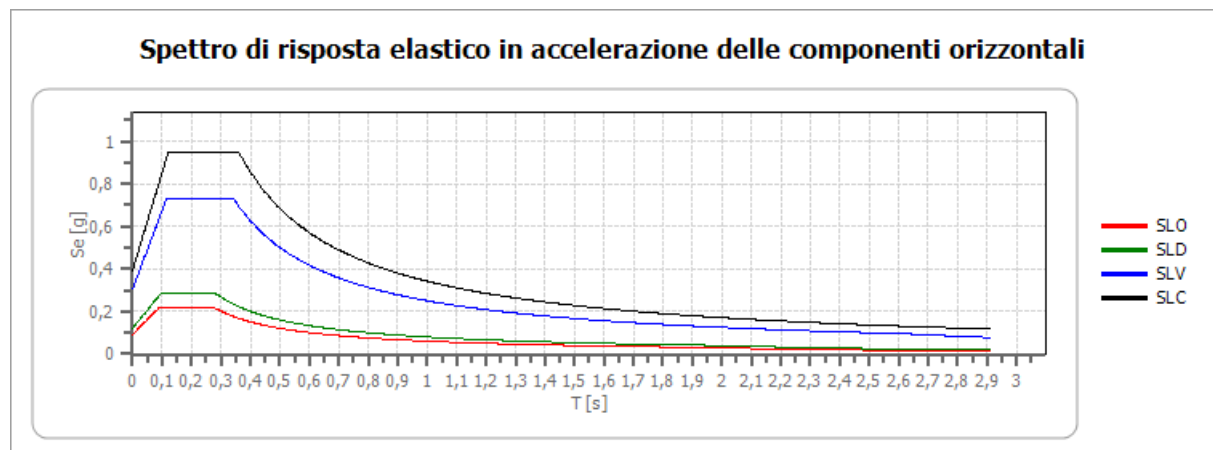
Categoria topografica:

T2: Pendii con inclinazione media maggiore di 15°

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,019	0,033	0,092	0,118
kv	0,009	0,016	0,046	0,059
Amax [m/s ²]	0,910	1,195	3,014	3,861
Beta	0,200	0,270	0,300	0,300

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



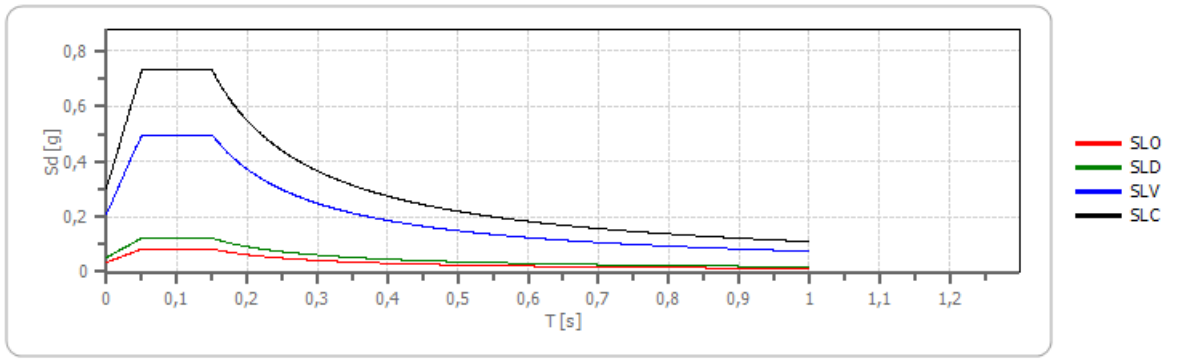
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1	0,077	2,376	0,275	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,092	0,275	1,909	0,093	0,221
SLD	1	0,102	2,325	0,283	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,094	0,283	2,006	0,122	0,283
SLV	1	0,256	2,366	0,345	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,115	0,345	2,624	0,307	0,727
SLC	1	0,328	2,404	0,362	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,121	0,362	2,912	0,394	0,947

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

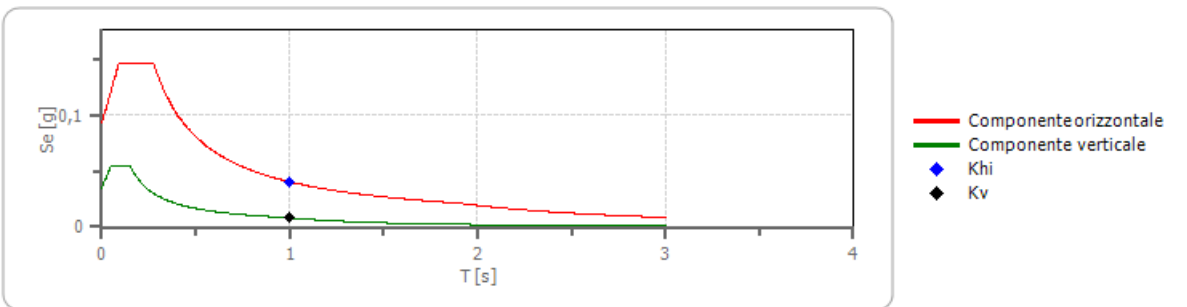


	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1	0,077	2,376	0,275	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,035	0,083
SLD	1	0,102	2,325	0,283	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,052	0,122
SLV	1	0,256	2,366	0,345	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,210	0,497
SLC	1	0,328	2,404	0,362	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,304	0,732

Spettro di progetto

Fattore di struttura spettro orizzontale q: 1,5
 Fattore di struttura spettro verticale q: 1,5
 Periodo fondamentale T: 1,0 [s]
 khi = Se(T) Orizzontale: 0,040 [s]
 kv = Se(T) Verticale: 0,008 [s]

Spettri di progetto per lo stato limite: SLO



khi = 0,040 [g]; kv = 0,008 [g]

	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(T B) [g]
SLO orizzontale	1	0,077	2,376	0,275	1,000	1,000	1,200	1,200	1,500	0,092	0,275	1,909	0,093	0,147
SLO	1	0,102	2,325	0,283	1,000	1,000	1,200	1,200	1,500	0,055	0,150	1,000	0,035	0,147

vertic ale														
---------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Indice

Pericolosità sismica di base	12
Parametri di pericolosità sismica	13
Pericolosità sismica di sito	15
Coefficienti sismici	15
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali	15
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali	15
Spettro di progetto	16
Indice	18

1. PREMESSA

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

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

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

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

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

dove:

V_R = *periodo di riferimento*

V_N = *vita nominale*

C_U = *coefficiente d'uso*

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

- $V_N \leq 10$ anni per le opere provvisorie, provvisionali e le strutture in fase costruttiva che però abbiano una durata di progetto ≥ 2 anni.
- $V_N \geq 50$ anni per le opere ordinarie, ponti, infrastrutture e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale.
- $V_N \geq 100$ anni per grandi opere, ponti, infrastrutture e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica.

Nel caso specifico $V_N = 50$ anni.

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

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

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

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

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

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

Una volta ottenuti V_N e C_U , è possibile calcolare il periodo di riferimento V_R , che qui vale:
 $V_R = 50 * 1 = 50$ anni.

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

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

Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o comportare la perdita di

Dott. Geol. Silvio TATONI - Via dei farnesi, 8, 67100, L'Aquila, (AQ)

beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite di esercizio sono:

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

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di 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;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

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

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

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

Stati limite			P_{VR}
Stati limite di esercizio	Stato limite di operatività	SLO	81%
	Stato limite di danno	SLD	63%

Stati limite ultimi	Stato limite di salvaguardia della vita	SLV	10%
	Stato limite di prevenzione del collasso	SLC	5%

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

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

Tale relazione tra P_{VR} (probabilità) e T_R (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

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

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

Stati limite			T_R
Stati limite di esercizio	Stato limite di operatività	SLO	30
	Stato limite di danno	SLD	50

Stati limite ultimi	Stato limite di salvaguardia della vita	SLV	475
	Stato limite di prevenzione del collasso	SLC	975

4. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

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

Per poter definire la pericolosità sismica di base le NTC08 si rifanno ad una procedura basata sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, nella sezione "Mappe interattive della pericolosità sismica".

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

a_g = accelerazione orizzontale massima

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

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

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

a_g , il valore previsto dalla pericolosità sismica S1

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

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

ID	LON	LAT	$T_R = 30$			$T_R = 50$			$T_R = 72$			$T_R = 101$		
			a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*
13111	6.5448	45.1340	0.263	2.500	0.180	0.340	2.510	0.210	0.394	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13333	6.5506	45.0850	0.264	2.490	0.180	0.341	2.510	0.210	0.395	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13555	6.5564	45.0350	0.264	2.500	0.180	0.340	2.510	0.200	0.393	2.550	0.220	0.466	2.500	0.240
13777	6.5621	44.9850	0.263	2.500	0.180	0.338	2.520	0.200	0.391	2.550	0.220	0.462	2.510	0.240
12890	6.6096	45.1880	0.284	2.460	0.190	0.364	2.510	0.210	0.431	2.500	0.220	0.509	2.480	0.240
13112	6.6153	45.1390	0.286	2.460	0.190	0.366	2.510	0.210	0.433	2.500	0.220	0.511	2.480	0.240
13334	6.6210	45.0890	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.434	2.500	0.220	0.511	2.490	0.240
13556	6.6268	45.0390	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.433	2.510	0.220	0.510	2.490	0.240
13778	6.6325	44.9890	0.288	2.460	0.190	0.366	2.520	0.210	0.430	2.510	0.220	0.507	2.500	0.240
14000	6.6383	44.9390	0.286	2.470	0.190	0.363	2.520	0.210	0.426	2.520	0.220	0.502	2.500	0.240
14222	6.6439	44.8890	0.284	2.470	0.190	0.360	2.530	0.210	0.421	2.530	0.220	0.497	2.500	0.240
12891	6.6803	45.1920	0.306	2.430	0.200	0.389	2.500	0.210	0.467	2.470	0.230	0.544	2.490	0.230
10228	6.6826	45.7940	0.283	2.420	0.200	0.364	2.460	0.220	0.430	2.460	0.240	0.505	2.440	0.250
13113	6.6860	45.1430	0.309	2.430	0.200	0.391	2.510	0.210	0.470	2.470	0.230	0.546	2.490	0.230
10450	6.6885	45.7450	0.278	2.440	0.200	0.356	2.480	0.220	0.415	2.500	0.230	0.485	2.470	0.250
13335	6.6915	45.0930	0.310	2.430	0.200	0.392	2.510	0.210	0.470	2.480	0.230	0.546	2.500	0.230
10672	6.6942	45.6950	0.275	2.450	0.200	0.351	2.490	0.210	0.406	2.520	0.230	0.475	2.490	0.250

13557	6.6973	45.0430	0.311	2.440	0.200	0.392	2.520	0.210	0.469	2.480	0.230	0.545	2.500	0.230
13779	6.7029	44.9930	0.310	2.440	0.200	0.391	2.520	0.210	0.467	2.480	0.230	0.543	2.500	0.230

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

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

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

nella quale p è il valore del parametro di interesse (a_g , F_O , T_C^*) corrispondente al periodo di ritorno T_R desiderato, mentre $p_1, 2$ è il valore di tale parametro corrispondente al periodo di ritorno $T_{R1, 2}$.

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

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

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

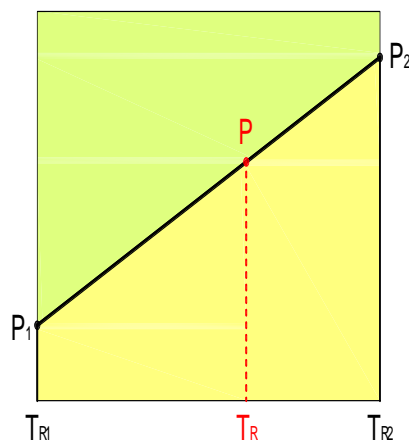


Figura 4.3 – Interpolazione dei periodi di ritorno, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.

La procedura per interpolare le coordinate geografiche è schematizzata nella figura 4.

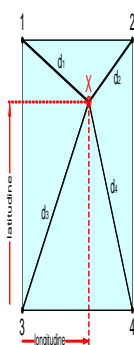


Figura 4.4 – Interpolazione delle coordinate geografiche, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.

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

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

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

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

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

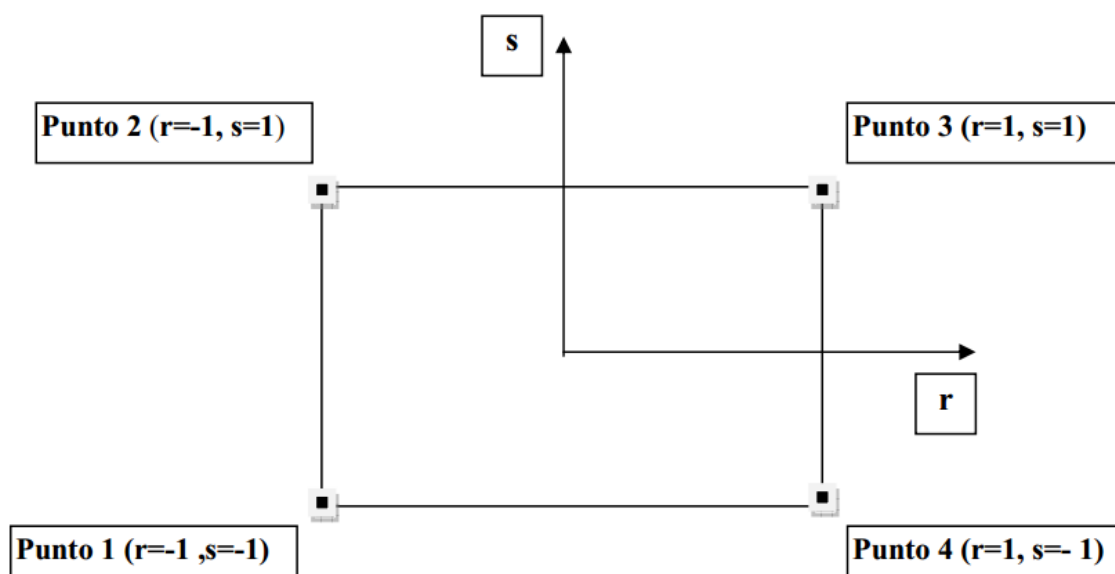


Figura 4.5 – Applicazione dell'interpolazione bilineare.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Dove p rappresenta il parametro cercato.

5. Pericolosità sismica di sito

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

5.1. Coefficienti sismici

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

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

Con V_R vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea

con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R non può essere inferiore a 35 anni.

5.2. Stabilità dei pendii e fondazioni

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

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

$$K_v = \pm 0,5 \times K_h$$

Con

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{\max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

I valori di β_s sono riportati nella tabella 5.1.

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

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

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

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

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica) ($0,90 \leq S_S \leq 1,80$) è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

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

$$\mathbf{T1: } S_T = 1,0; \mathbf{T2: } S_T = 1,20; \mathbf{T3: } S_T = 1,2; \mathbf{T4: } S_T = 1,40.$$

5.3. Muri di sostegno

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

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

$$K_v = \pm 0,5 \times K_h$$

Con:

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

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

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_m	β_m
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,31	0,31
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,29	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,18

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

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

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

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

a_g accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

5.4 Paratie

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

$$a_h = k_h \cdot g = \alpha \cdot \beta \cdot a_{max}$$

dove:

g è l'accelerazione di gravità;

k_h è il coefficiente sismico in direzione orizzontale;

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

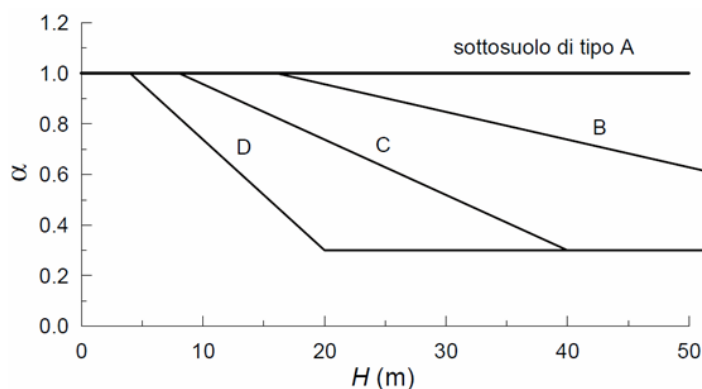


Figura 5.1 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità α .

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

$\beta \leq 1$ è un coefficiente funzione della capacità dell'opera di subire spostamenti senza cadute di resistenza. Il valore del coefficiente β può essere ricavato dal diagramma riportato

in Figura 5.2, in funzione del massimo spostamento u_s che l'opera può tollerare senza riduzioni di resistenza.

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

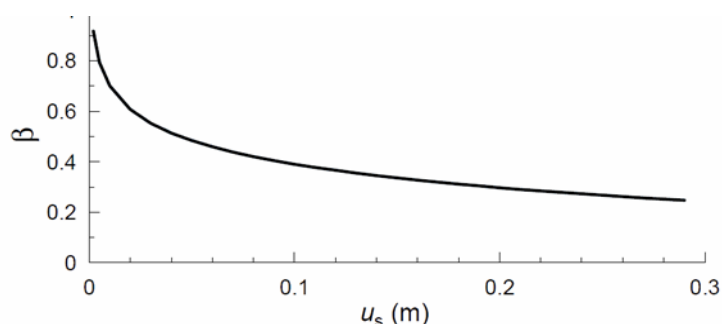


Tabella 5.2 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento β .

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

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

dove:

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

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

Se $\alpha \cdot \beta \leq 0,2$ deve assumersi $k_h = 0,2 \times a_{max}/g$.

PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE



Vita nominale (Vn): 50 [anni]
 Classe d'uso: II
 Coefficiente d'uso (Cu): 1
 Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

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

Tipo di interpolazione: Superficie rigata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 42,2983500 [°]
 Longitudine (WGS84): 13,6837100 [°]
 Latitudine (ED50): 42,2993200 [°]
 Longitudine (ED50): 13,6846200 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]
1	26753	42,284890	13,625380
2	26754	42,284790	13,692920
3	26532	42,334800	13,693080
4	26531	42,334890	13,625450

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

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,079	2,383	0,274
SLD	50	0,103	2,327	0,282
SLV	475	0,259	2,367	0,346
SLC	975	0,332	2,402	0,363

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,078	2,376	0,274
SLD	50	0,102	2,324	0,283
SLV	475	0,257	2,367	0,345
SLC	975	0,329	2,406	0,362

Punto 3

Stato limite	Tr	ag	F0	Tc*
--------------	----	----	----	-----

Dott. Geol. Silvio TATONI - Via dei farnesi, 8, 67100, L'Aquila, (AQ)

	[anni]	[g]	[-]	[s]
SLO	30	0,076	2,374	0,275
SLD	50	0,099	2,329	0,285
SLV	475	0,253	2,361	0,343
SLC	975	0,324	2,401	0,360

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,078	2,379	0,274
SLD	50	0,103	2,324	0,282
SLV	475	0,258	2,367	0,345
SLC	975	0,330	2,404	0,362

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,077	2,376	0,275
SLD	50	0,102	2,325	0,283
SLV	475	0,256	2,366	0,345
SLC	975	0,328	2,404	0,362

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000

Categoria sottosuolo:

A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

Categoria topografica:

T2: Pendii con inclinazione media maggiore di 15°

Coefficienti sismici per muri di sostegno

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,019	0,035	0,095	0,122
kv	0,009	0,018	0,048	0,061
Amax [m/s ²]	0,910	1,195	3,014	3,861
Beta	0,200	0,290	0,310	0,310

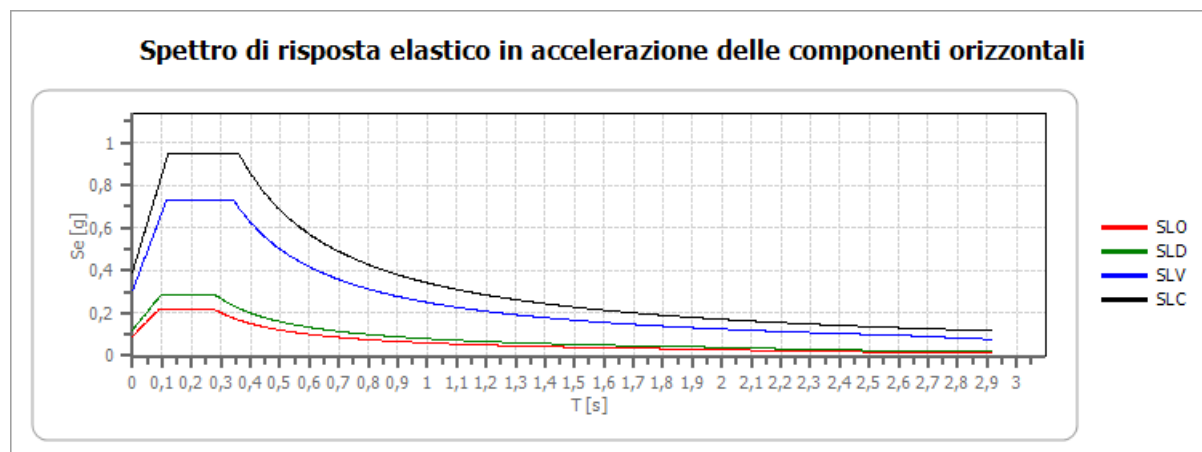
Coefficienti sismici per muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,093	0,122	0,307	0,394
kv	0,046	0,061	0,154	0,197
Amax [m/s ²]	0,910	1,195	3,014	3,861
Beta	1,000	1,000	1,000	1,000

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,019	0,033	0,092	0,118
kv	0,009	0,016	0,046	0,059
Amax [m/s ²]	0,910	1,195	3,014	3,861
Beta	0,200	0,270	0,300	0,300

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1	0,077	2,376	0,275	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,092	0,275	1,909	0,093	0,221
SLD	1	0,102	2,325	0,283	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,094	0,283	2,006	0,122	0,283
SLV	1	0,256	2,366	0,345	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,115	0,345	2,625	0,307	0,727
SLC	1	0,328	2,404	0,362	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,121	0,362	2,912	0,394	0,947

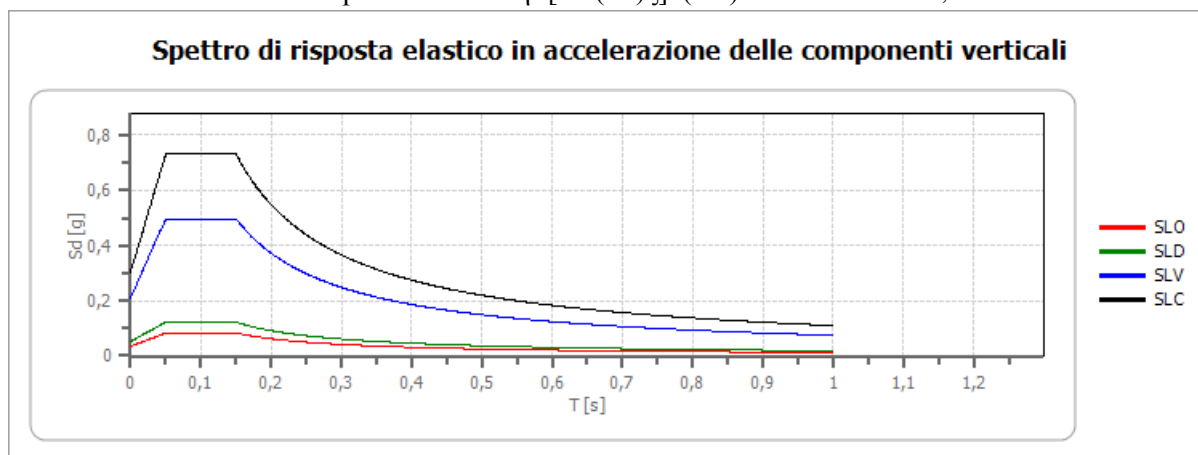
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ :

5 %

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

1,000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1	0,077	2,376	0,275	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,035	0,083
SLD	1	0,102	2,325	0,283	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,052	0,122
SLV	1	0,256	2,366	0,345	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,210	0,497
SLC	1	0,328	2,404	0,362	1,000	1,000	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,304	0,732

Spettro di progetto

Fattore di struttura spettro orizzontale q:

1,5

Fattore di struttura spettro verticale q:

1,5

Periodo fondamentale T:

1,0 [s]

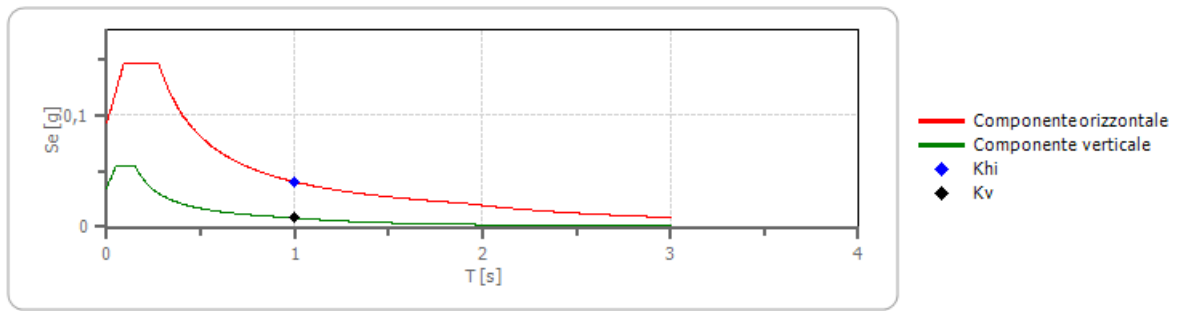
k_{hi} = Se(T) Orizzontale:

0,040 [s]

k_{kv} = Se(T) Verticale:

0,008 [s]

Spettri di progetto per lo stato limite: SLO



Khi = 0,040 [g]; Kv = 0,008 [g]

	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(T B) [g]
SLO orizz ontal e	1	0,077	2,376	0,275	1,000	1,000	1,200	1,200	1,500	0,092	0,275	1,909	0,093	0,147
SLO vertic ale	1	0,102	2,325	0,283	1,000	1,000	1,200	1,200	1,500	0,055	0,150	1,000	0,035	0,147

Indice

Pericolosità sismica di base	12
Parametri di pericolosità sismica	13
Pericolosità sismica di sito	15
Coefficienti sismici	15
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali	15
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali	16
Spettro di progetto	17
Indice	18

Progetto: Stabilizzazione pendio
Comune: Carapelle Calvisio

Normative di riferimento

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

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

- Circolare 617 del 02/02/2009

Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a **1.10**.

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione.

Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adotterà la seguente simbologia:

l	lunghezza della base della striscia
α	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
b	larghezza della striscia $b=l \times \cos(\alpha)$
ϕ	angolo di attrito lungo la base della striscia
c	coesione lungo la base della striscia
γ	peso di volume del terreno
u	pressione neutra
W	peso della striscia
N	sforzo normale alla base della striscia
T	sforzo di taglio alla base della striscia
E_s, E_d	forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
X_s, X_d	forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
E_a, E_b	forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
ΔX	variazione delle forze tangenziali sulla striscia $\Delta X = X_d - X_s$
ΔE	variazione delle forze normali sulla striscia $\Delta E = E_d - E_s$

Metodo di Fellenius (metodo svedese)

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

$$F = \frac{\sum_i \left(\frac{c_i b_i}{\cos \alpha_i} + [W_i \cos \alpha_i - u_i l_i] \tan \phi_i \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i -esima rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i -esima e c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

Inoltre u_i ed l_i rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ($l_i = b_i / \cos \alpha_i$).

Quindi, assunto un cerchio di tentativo lo si suddivide in n strisce e dalla formula precedente si ricava F . Questo procedimento viene eseguito per il numero di centri prefissato e viene assunto come coefficiente di sicurezza del pendio il minimo dei coefficienti così determinati.

Criterio di rottura di HOEK-BROWN

Di seguito troveremo le relazioni esistenti tra GSI, m_b , s , D , σ_{ci} ed a . Tali relazioni vengono legate ai parametri del criterio di rottura di Mohor-Coulomb tramite le seguenti espressioni:

$$m_b = m_i \exp[(GSI-100)/28-14 D]$$

$$s = \exp[(GSI-100)/(9-3 D)]$$

$$a = 1/2 + 1/6[\exp(-GSI/15) - \exp(-20/3)]$$

σ_{ci} : Resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta;

m_i : Coefficiente materiale roccia intatta;

GSI: Qualità ammasso roccioso;

D: Fattore di disturbo ammasso roccioso

γ : Peso dell'unità di volume della roccia

Criterio di Hoek-Brown lineare

Riportiamo di seguito l'espressioni di angolo di attrito e coesione media dell'ammasso roccioso

$$\phi = \arcsin\left[\frac{6 a m_b (s+m_b \sigma_{3n})^{a-1}}{2(1+a)(2+a)+6 a m_b (s+m_b \sigma_{3n})}\right]$$

$$c = \left[\sigma_{ci} \frac{(1+2a)s+(1-a)m_b \sigma_{3n}}{(s+m_b \sigma_{3n})^{a-1}}\right] / \left[(1+a)(2+a) \sqrt{1+\frac{6 a m_b (s+m_b \sigma_{3n})}{(1+a)(2+a)}}\right]$$

$$\sigma_{3n} = \sigma_{3max} / \sigma_{ci}$$

$$\sigma_{3max} = \sigma_{cm} 0.72 [\sigma_{cm} / (\gamma H)]^{0.91}$$

$$\sigma_{cm} = \sigma_{ci} [m_b + 4 s - a (m_b - 8 s) (m_b / 4 + s)^{a-1}] / [2(1+a)(2+a)]$$

γ : Peso dell'unità di volume della roccia;

H: altezza media del pendio.

Critero di Hoek-Brown non-lineare

Riportiamo di seguito l'espressioni di angolo di attrito e coesione istantanei dell'ammasso roccioso (valori di c_i i nel punto di tangenza sulla retta di involuppo curvilineo di Hoek-Brown).

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b \sigma_3 / \sigma_{ci} + s)^a$$

$$\sigma_n = (\sigma_1 + \sigma_3) / 2 - (\sigma_1 - \sigma_3) / 2 [(d\sigma_1 / d\sigma_3 - 1) / (d\sigma_1 / d\sigma_3 + 1)]$$

$$\tau = (\sigma_1 - \sigma_3) \sqrt{(d\sigma_1 / d\sigma_3)} / (d\sigma_1 / d\sigma_3 + 1)$$

$$(d\sigma_1 / d\sigma_3) = 1 + a m_b [m_b \sigma_3 / \sigma_{ci} + s]^{a-1}$$

Descrizione rocce

Simbologia adottata

Nr.	Indice roccia
Descrizione	Descrizione
GSI	Qualità ammasso roccioso (Geological Strength Index)
m_i	Coefficiente materiale roccia intatta
σ_{ci}	Resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta espressa in kg/cm ²
D	Fattore di disturbo ammasso roccioso
JRC	Coefficiente di rugosità JRC (Joint Roughness Coefficient)
JCS	Coefficiente di resistenza del giunto JCS (Joint Coefficient Strength)
ϕ_r	Angolo di attrito di base espresso in gradi

Nr.	Descrizione	GSI	m_i	σ_{ci}	D	JRC	JCS	ϕ_r
1	Terreno 1	56,00	12,00	714,00	0,00	15,00	560,00	33,00
2	Terreno 2	70,00	12,00	1000,00	0,00	16,00	960,00	38,00

Profilo del piano campagna

Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

Nr.	X [m]	Y [m]
1	0,00	0,00
2	4,39	6,15
3	4,62	6,46
4	5,00	7,00
5	10,00	10,00
6	15,00	14,00
7	20,00	15,00
8	25,00	15,00
9	30,00	15,00
10	40,00	15,00
11	45,00	18,00
12	54,29	21,71
13	100,00	40,00

Descrizione stratigrafia

Simbologia e convenzioni di segno adottate

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

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

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

N°	X[m]	Y[m]
1	4,39	6,15
2	0,00	0,00
3	2,00	0,00
4	100,00	0,00
5	100,00	40,00
6	54,29	21,71
7	48,00	17,00
8	40,00	13,00
9	24,00	13,00
10	16,00	12,00
11	12,00	9,00

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

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

N°	X[m]	Y[m]
1	54,29	21,71
2	45,00	18,00
3	40,00	15,00
4	30,00	15,00
5	25,00	15,00
6	20,00	15,00
7	15,00	14,00
8	10,00	10,00
9	5,00	7,00
10	4,62	6,46
11	4,39	6,15
12	12,00	9,00
13	16,00	12,00
14	24,00	13,00
15	40,00	13,00
16	48,00	17,00

Risultati analisi

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

Impostazioni analisi

Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

Coefficienti di partecipazione caso statico

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

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,30	1,00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,50	1,30

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito		$\gamma_{\tan\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace		$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata		γ_{cu}	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale		γ_{qu}	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume		γ_{γ}	1,00	1,00

Coefficienti di partecipazione caso sismico

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

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,00	1,00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito		$\gamma_{\tan\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace		$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata		γ_{cu}	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale		γ_{qu}	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume		γ_{γ}	1,00	1,00

Sisma

Accelerazione al suolo $a_g =$	3.291 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss)	1.00
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.20
Coefficiente riduzione (β_s)	0.30
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_s * St * S) = 12.08$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h = 6.04$
Coefficiente di sicurezza richiesto	1.10

Le superfici sono state analizzate per i casi: [PC] [A2M2]

Sisma verticale: verso il basso - verso l'alto

Criterio di rottura adottato: Hoek-Brown lineare

Impostazioni delle superfici di rottura

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

Origine maglia [m]:	$X_0 = 20,00$	$Y_0 = 20,00$
Passo maglia [m]:	$dX = 2,00$	$dY = 2,00$
Numero passi :	$N_x = 20$	$N_y = 20$
Raggio [m]:	$R = 30,00$	

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a 1,00 m
- freccia inferiore a 0,50 m
- volume inferiore a 2,00 mc

Numero di superfici analizzate	760
Coefficiente di sicurezza minimo	36.676
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	25

Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS _{min}	S _{min}	FS _{max}	S _{max}
FELLENIOUS	760	36.676	25	592.683	759
BISHOP	760	24.085	1	592.512	759
JANBU	760	21.209	2	590.407	760

Caratteristiche delle superfici analizzate**Simbologia adottata**

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

C_x ascissa x del centro [m]C_y ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x_v, y_v ascissa e ordinata del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in mx_m, y_m ascissa e ordinata del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [cmq]

C_s coefficiente di sicurezza

caso caso di calcolo

N°	C _x	C _y	R	x _v	y _v	x _m	y _m	V	C _s	caso
1	20,00	30,00	30,00	3,52	4,93	47,99	19,19	446,65	58.719 (F)	[PC]
2	20,00	30,00	30,00	3,52	4,93	47,99	19,19	446,65	58.719 (F)	[A2M2]
3	22,00	30,00	30,00	4,19	5,86	50,33	20,13	475,18	61.303 (F)	[A2M2]
4	22,00	30,00	30,00	4,19	5,86	50,33	20,13	475,18	61.303 (F)	[PC]
5	24,00	30,00	30,00	4,90	6,86	52,64	21,05	503,53	63.163 (F)	[A2M2]
6	24,00	30,00	30,00	4,90	6,86	52,64	21,05	503,53	63.163 (F)	[PC]
7	26,00	30,00	30,00	6,03	7,62	54,90	21,96	531,94	63.824 (F)	[PC]
8	26,00	30,00	30,00	6,03	7,62	54,90	21,96	531,94	63.824 (F)	[A2M2]
9	20,00	30,00	30,00	3,52	4,93	47,99	19,19	446,65	62.654 (F)	[PC]
10	20,00	30,00	30,00	3,52	4,93	47,99	19,19	446,65	62.654 (F)	[A2M2]
11	22,00	30,00	30,00	4,19	5,86	50,33	20,13	475,18	65.334 (F)	[A2M2]
12	22,00	30,00	30,00	4,19	5,86	50,33	20,13	475,18	65.334 (F)	[PC]
13	24,00	30,00	30,00	4,90	6,86	52,64	21,05	503,53	67.267 (F)	[A2M2]
14	24,00	30,00	30,00	4,90	6,86	52,64	21,05	503,53	67.267 (F)	[PC]
15	26,00	30,00	30,00	6,03	7,62	54,90	21,96	531,94	67.943 (F)	[A2M2]
16	26,00	30,00	30,00	6,03	7,62	54,90	21,96	531,94	67.943 (F)	[PC]
17	20,00	32,00	30,00	4,51	6,31	46,93	18,77	360,41	66.437 (F)	[A2M2]
18	20,00	32,00	30,00	4,51	6,31	46,93	18,77	360,41	66.437 (F)	[PC]
19	26,00	32,00	30,00	7,42	8,45	54,16	21,67	436,75	70.198 (F)	[A2M2]
20	26,00	32,00	30,00	7,42	8,45	54,16	21,67	436,75	70.198 (F)	[PC]
21	24,00	32,00	30,00	6,30	7,78	51,80	20,72	410,75	69.513 (F)	[PC]
22	24,00	32,00	30,00	6,30	7,78	51,80	20,72	410,75	69.513 (F)	[A2M2]
23	22,00	32,00	30,00	5,22	7,13	49,39	19,75	385,18	68.050 (F)	[PC]
24	22,00	32,00	30,00	5,22	7,13	49,39	19,75	385,18	68.050 (F)	[A2M2]
25	58,00	30,00	30,00	32,02	15,00	87,58	35,03	1031,55	36.676 (F)	[PC]
26	58,00	30,00	30,00	32,02	15,00	87,58	35,03	1031,55	36.676 (F)	[A2M2]
27	20,00	32,00	30,00	4,51	6,31	46,93	18,77	360,41	70.804 (F)	[A2M2]
28	20,00	32,00	30,00	4,51	6,31	46,93	18,77	360,41	70.804 (F)	[PC]
29	26,00	32,00	30,00	7,42	8,45	54,16	21,67	436,75	74.677 (F)	[PC]
30	26,00	32,00	30,00	7,42	8,45	54,16	21,67	436,75	74.677 (F)	[A2M2]
31	24,00	32,00	30,00	6,30	7,78	51,80	20,72	410,75	73.956 (F)	[A2M2]
32	24,00	32,00	30,00	6,30	7,78	51,80	20,72	410,75	73.956 (F)	[PC]
33	22,00	32,00	30,00	5,22	7,13	49,39	19,75	385,18	72.437 (F)	[A2M2]
34	22,00	32,00	30,00	5,22	7,13	49,39	19,75	385,18	72.437 (F)	[PC]
35	56,00	30,00	30,00	30,02	15,00	85,69	34,28	993,38	37.746 (F)	[PC]
36	56,00	30,00	30,00	30,02	15,00	85,69	34,28	993,38	37.746 (F)	[A2M2]
37	58,00	30,00	30,00	32,02	15,00	87,58	35,03	1031,55	39.454 (F)	[PC]
38	58,00	30,00	30,00	32,02	15,00	87,58	35,03	1031,55	39.454 (F)	[A2M2]
39	28,00	34,00	30,00	10,00	10,00	55,60	22,24	369,79	78.334 (F)	[A2M2]
40	28,00	34,00	30,00	10,00	10,00	55,60	22,24	369,79	78.334 (F)	[PC]
41	54,00	30,00	30,00	28,02	15,00	83,79	33,52	955,51	39.122 (F)	[PC]
42	54,00	30,00	30,00	28,02	15,00	83,79	33,52	955,51	39.122 (F)	[A2M2]
43	58,00	32,00	30,00	33,28	15,00	87,84	35,13	922,86	37.141 (F)	[PC]
44	58,00	32,00	30,00	33,28	15,00	87,84	35,13	922,86	37.141 (F)	[A2M2]
45	26,00	34,00	30,00	8,91	9,34	53,16	21,27	345,75	79.747 (F)	[A2M2]
46	26,00	34,00	30,00	8,91	9,34	53,16	21,27	345,75	79.747 (F)	[PC]
47	56,00	30,00	30,00	30,02	15,00	85,69	34,28	993,38	40.619 (F)	[A2M2]
48	56,00	30,00	30,00	30,02	15,00	85,69	34,28	993,38	40.619 (F)	[PC]
49	28,00	34,00	30,00	10,00	10,00	55,60	22,24	369,79	83.260 (F)	[PC]
50	28,00	34,00	30,00	10,00	10,00	55,60	22,24	369,79	83.260 (F)	[A2M2]
51	24,00	34,00	30,00	7,86	8,71	50,67	20,27	322,35	78.986 (F)	[PC]
52	24,00	34,00	30,00	7,86	8,71	50,67	20,27	322,35	78.986 (F)	[A2M2]
53	20,00	34,00	30,00	5,88	7,53	45,50	18,20	278,56	75.594 (F)	[A2M2]
54	20,00	34,00	30,00	5,88	7,53	45,50	18,20	278,56	75.594 (F)	[PC]
55	22,00	34,00	30,00	6,85	8,11	48,12	19,25	299,89	77.840 (F)	[PC]
56	22,00	34,00	30,00	6,85	8,11	48,12	19,25	299,89	77.840 (F)	[A2M2]
57	52,00	30,00	30,00	26,02	15,00	81,87	32,75	919,14	40.871 (F)	[A2M2]
58	52,00	30,00	30,00	26,02	15,00	81,87	32,75	919,14	40.871 (F)	[PC]
59	26,00	34,00	30,00	8,91	9,34	53,16	21,27	345,75	84.707 (F)	[PC]

60	26,00	34,00	30,00	8,91	9,34	53,16	21,27	345,75	84.707 (F)	[A2M2]
61	56,00	32,00	30,00	31,28	15,00	85,91	34,36	883,20	38.522 (F)	[PC]
62	56,00	32,00	30,00	31,28	15,00	85,91	34,36	883,20	38.522 (F)	[A2M2]
63	54,00	30,00	30,00	28,02	15,00	83,79	33,52	955,51	42.107 (F)	[PC]
64	54,00	30,00	30,00	28,02	15,00	83,79	33,52	955,51	42.107 (F)	[A2M2]
65	24,00	34,00	30,00	7,86	8,71	50,67	20,27	322,35	83.871 (F)	[A2M2]
66	24,00	34,00	30,00	7,86	8,71	50,67	20,27	322,35	83.871 (F)	[PC]
67	28,00	30,00	30,00	7,24	8,34	57,14	22,85	560,48	63.447 (F)	[PC]
68	28,00	30,00	30,00	7,24	8,34	57,14	22,85	560,48	63.447 (F)	[A2M2]
69	58,00	32,00	30,00	33,28	15,00	87,84	35,13	922,86	40.027 (F)	[A2M2]
70	58,00	32,00	30,00	33,28	15,00	87,84	35,13	922,86	40.027 (F)	[PC]
71	20,00	34,00	30,00	5,88	7,53	45,50	18,20	278,56	80.402 (F)	[PC]
72	20,00	34,00	30,00	5,88	7,53	45,50	18,20	278,56	80.402 (F)	[A2M2]
73	22,00	34,00	30,00	6,85	8,11	48,12	19,25	299,89	82.686 (F)	[PC]
74	22,00	34,00	30,00	6,85	8,11	48,12	19,25	299,89	82.686 (F)	[A2M2]
75	28,00	32,00	30,00	8,57	9,14	56,49	22,60	463,33	69.195 (F)	[A2M2]
76	28,00	32,00	30,00	8,57	9,14	56,49	22,60	463,33	69.195 (F)	[PC]
77	30,00	30,00	30,00	8,49	9,09	59,34	23,74	588,71	62.978 (F)	[PC]
78	30,00	30,00	30,00	8,49	9,09	59,34	23,74	588,71	62.978 (F)	[A2M2]
79	50,00	30,00	30,00	24,02	15,00	79,93	31,97	883,88	43.014 (F)	[A2M2]
80	50,00	30,00	30,00	24,02	15,00	79,93	31,97	883,88	43.014 (F)	[PC]
81	52,00	30,00	30,00	26,02	15,00	81,87	32,75	919,14	43.984 (F)	[A2M2]
82	52,00	30,00	30,00	26,02	15,00	81,87	32,75	919,14	43.984 (F)	[PC]
83	54,00	32,00	30,00	29,28	15,00	83,96	33,58	844,67	40.244 (F)	[A2M2]
84	54,00	32,00	30,00	29,28	15,00	83,96	33,58	844,67	40.244 (F)	[PC]
85	28,00	30,00	30,00	7,24	8,34	57,14	22,85	560,48	67.530 (F)	[PC]
86	28,00	30,00	30,00	7,24	8,34	57,14	22,85	560,48	67.530 (F)	[A2M2]
87	56,00	32,00	30,00	31,28	15,00	85,91	34,36	883,20	41.530 (F)	[A2M2]
88	56,00	32,00	30,00	31,28	15,00	85,91	34,36	883,20	41.530 (F)	[PC]
89	30,00	32,00	30,00	9,76	9,86	58,77	23,51	489,74	67.875 (F)	[PC]
90	30,00	32,00	30,00	9,76	9,86	58,77	23,51	489,74	67.875 (F)	[A2M2]
91	58,00	34,00	30,00	34,78	15,00	87,98	35,19	814,47	38.513 (F)	[PC]
92	58,00	34,00	30,00	34,78	15,00	87,98	35,19	814,47	38.513 (F)	[A2M2]
93	28,00	36,00	30,00	11,33	11,06	54,41	21,76	281,48	93.659 (F)	[PC]
94	28,00	36,00	30,00	11,33	11,06	54,41	21,76	281,48	93.659 (F)	[A2M2]
95	28,00	32,00	30,00	8,57	9,14	56,49	22,60	463,33	73.617 (F)	[PC]
96	28,00	32,00	30,00	8,57	9,14	56,49	22,60	463,33	73.617 (F)	[A2M2]
97	30,00	30,00	30,00	8,49	9,09	59,34	23,74	588,71	67.029 (F)	[PC]
98	30,00	30,00	30,00	8,49	9,09	59,34	23,74	588,71	67.029 (F)	[A2M2]
99	50,00	30,00	30,00	24,02	15,00	79,93	31,97	883,88	46.274 (F)	[PC]
100	50,00	30,00	30,00	24,02	15,00	79,93	31,97	883,88	46.274 (F)	[A2M2]
101	30,00	32,00	30,00	9,76	9,86	58,77	23,51	489,74	72.238 (F)	[PC]
102	30,00	32,00	30,00	9,76	9,86	58,77	23,51	489,74	72.238 (F)	[A2M2]
103	28,00	36,00	30,00	11,33	11,06	54,41	21,76	281,48	99.405 (F)	[PC]
104	28,00	36,00	30,00	11,33	11,06	54,41	21,76	281,48	99.405 (F)	[A2M2]
105	54,00	32,00	30,00	29,28	15,00	83,96	33,58	844,67	43.392 (F)	[A2M2]
106	54,00	32,00	30,00	29,28	15,00	83,96	33,58	844,67	43.392 (F)	[PC]
107	26,00	36,00	30,00	10,44	10,35	51,82	20,73	260,55	94.728 (F)	[A2M2]
108	26,00	36,00	30,00	10,44	10,35	51,82	20,73	260,55	94.728 (F)	[PC]
109	52,00	32,00	30,00	27,28	15,00	81,99	32,80	807,35	42.363 (F)	[PC]
110	52,00	32,00	30,00	27,28	15,00	81,99	32,80	807,35	42.363 (F)	[A2M2]
111	30,00	34,00	30,00	10,99	10,79	57,99	23,19	394,32	75.802 (F)	[PC]
112	30,00	34,00	30,00	10,99	10,79	57,99	23,19	394,32	75.802 (F)	[A2M2]
113	48,00	30,00	30,00	22,02	15,00	77,98	31,19	850,77	45.493 (F)	[A2M2]
114	48,00	30,00	30,00	22,02	15,00	77,98	31,19	850,77	45.493 (F)	[PC]
115	20,00	36,00	30,00	7,72	8,63	43,10	16,86	203,40	88.592 (F)	[A2M2]
116	20,00	36,00	30,00	7,72	8,63	43,10	16,86	203,40	88.592 (F)	[PC]
117	32,00	30,00	30,00	9,77	9,86	61,51	24,60	617,91	61.908 (F)	[A2M2]
118	32,00	30,00	30,00	9,77	9,86	61,51	24,60	617,91	61.908 (F)	[PC]
119	56,00	34,00	30,00	32,78	15,00	86,00	34,40	773,90	40.229 (F)	[A2M2]
120	56,00	34,00	30,00	32,78	15,00	86,00	34,40	773,90	40.229 (F)	[PC]
121	58,00	34,00	30,00	34,78	15,00	87,98	35,19	814,47	41.571 (F)	[PC]
122	58,00	34,00	30,00	34,78	15,00	87,98	35,19	814,47	41.571 (F)	[A2M2]
123	24,00	36,00	30,00	9,53	9,72	49,16	19,67	240,61	93.808 (F)	[A2M2]
124	24,00	36,00	30,00	9,53	9,72	49,16	19,67	240,61	93.808 (F)	[PC]
125	26,00	36,00	30,00	10,44	10,35	51,82	20,73	260,55	100.358 (F)	[PC]
126	26,00	36,00	30,00	10,44	10,35	51,82	20,73	260,55	100.358 (F)	[A2M2]
127	32,00	32,00	30,00	10,87	10,70	61,02	24,41	516,89	66.115 (F)	[A2M2]
128	32,00	32,00	30,00	10,87	10,70	61,02	24,41	516,89	66.115 (F)	[PC]
129	22,00	36,00	30,00	8,60	9,16	46,41	18,57	221,26	92.455 (F)	[PC]
130	22,00	36,00	30,00	8,60	9,16	46,41	18,57	221,26	92.455 (F)	[A2M2]
131	30,00	34,00	30,00	10,99	10,79	57,99	23,19	394,32	80.656 (F)	[A2M2]
132	30,00	34,00	30,00	10,99	10,79	57,99	23,19	394,32	80.656 (F)	[PC]
133	54,00	36,00	30,00	32,58	15,00	83,90	33,56	633,84	41.560 (F)	[A2M2]
134	54,00	36,00	30,00	32,58	15,00	83,90	33,56	633,84	41.560 (F)	[PC]
135	52,00	36,00	30,00	30,58	15,00	81,82	32,73	598,04	42.991 (F)	[PC]
136	52,00	36,00	30,00	30,58	15,00	81,82	32,73	598,04	42.991 (F)	[A2M2]

137	56,00	36,00	30,00	34,58	15,00	85,96	34,38	671,20	40.439 (F)	[A2M2]
138	56,00	36,00	30,00	34,58	15,00	85,96	34,38	671,20	40.439 (F)	[PC]
139	20,00	36,00	30,00	7,72	8,63	43,10	16,86	203,40	93.907 (F)	[PC]
140	20,00	36,00	30,00	7,72	8,63	43,10	16,86	203,40	93.907 (F)	[A2M2]
141	56,00	38,00	30,00	36,74	15,00	85,77	34,31	572,19	40.688 (F)	[PC]
142	56,00	38,00	30,00	36,74	15,00	85,77	34,31	572,19	40.688 (F)	[A2M2]
143	50,00	36,00	30,00	28,58	15,00	79,72	31,89	563,66	44.752 (F)	[PC]
144	50,00	36,00	30,00	28,58	15,00	79,72	31,89	563,66	44.752 (F)	[A2M2]
145	58,00	38,00	30,00	38,74	15,00	87,86	35,15	611,34	40.012 (F)	[A2M2]
146	58,00	38,00	30,00	38,74	15,00	87,86	35,15	611,34	40.012 (F)	[PC]
147	54,00	38,00	30,00	34,74	15,00	83,65	33,46	535,19	41.957 (F)	[PC]
148	54,00	38,00	30,00	34,74	15,00	83,65	33,46	535,19	41.957 (F)	[A2M2]
149	24,00	36,00	30,00	9,53	9,72	49,16	19,67	240,61	99.293 (F)	[PC]
150	24,00	36,00	30,00	9,53	9,72	49,16	19,67	240,61	99.293 (F)	[A2M2]
151	50,00	34,00	30,00	26,78	15,00	79,93	31,97	666,54	44.475 (F)	[A2M2]
152	50,00	34,00	30,00	26,78	15,00	79,93	31,97	666,54	44.475 (F)	[PC]
153	52,00	34,00	30,00	28,78	15,00	81,98	32,79	700,66	42.899 (F)	[A2M2]
154	52,00	34,00	30,00	28,78	15,00	81,98	32,79	700,66	42.899 (F)	[PC]
155	58,00	36,00	30,00	36,58	15,00	87,99	35,20	710,02	39.590 (F)	[A2M2]
156	58,00	36,00	30,00	36,58	15,00	87,99	35,20	710,02	39.590 (F)	[PC]
157	52,00	38,00	30,00	32,74	15,00	81,51	32,60	499,43	43.594 (F)	[A2M2]
158	52,00	38,00	30,00	32,74	15,00	81,51	32,60	499,43	43.594 (F)	[PC]
159	48,00	34,00	30,00	24,78	15,00	77,86	31,15	633,95	46.409 (F)	[PC]
160	48,00	34,00	30,00	24,78	15,00	77,86	31,15	633,95	46.409 (F)	[A2M2]
161	54,00	34,00	30,00	30,78	15,00	84,00	33,60	736,25	41.640 (F)	[A2M2]
162	54,00	34,00	30,00	30,78	15,00	84,00	33,60	736,25	41.640 (F)	[PC]
163	52,00	32,00	30,00	27,28	15,00	81,99	32,80	807,35	45.671 (F)	[A2M2]
164	52,00	32,00	30,00	27,28	15,00	81,99	32,80	807,35	45.671 (F)	[PC]
165	48,00	30,00	30,00	22,02	15,00	77,98	31,19	850,77	48.912 (F)	[PC]
166	48,00	30,00	30,00	22,02	15,00	77,98	31,19	850,77	48.912 (F)	[A2M2]
167	48,00	36,00	30,00	26,58	15,00	77,59	31,03	531,55	46.869 (F)	[PC]
168	48,00	36,00	30,00	26,58	15,00	77,59	31,03	531,55	46.869 (F)	[A2M2]
169	32,00	30,00	30,00	9,77	9,86	61,51	24,60	617,91	65.919 (F)	[A2M2]
170	32,00	30,00	30,00	9,77	9,86	61,51	24,60	617,91	65.919 (F)	[PC]
171	46,00	34,00	30,00	22,78	15,00	75,77	30,31	602,90	48.759 (F)	[PC]
172	46,00	34,00	30,00	22,78	15,00	75,77	30,31	602,90	48.759 (F)	[A2M2]
173	50,00	38,00	30,00	30,74	15,00	79,34	31,74	465,35	45.636 (F)	[A2M2]
174	50,00	38,00	30,00	30,74	15,00	79,34	31,74	465,35	45.636 (F)	[PC]
175	34,00	30,00	30,00	10,97	10,78	63,65	25,46	647,12	60.670 (F)	[PC]
176	34,00	30,00	30,00	10,97	10,78	63,65	25,46	647,12	60.670 (F)	[A2M2]
177	22,00	36,00	30,00	8,60	9,16	46,41	18,57	221,26	97.865 (F)	[A2M2]
178	22,00	36,00	30,00	8,60	9,16	46,41	18,57	221,26	97.865 (F)	[PC]
179	46,00	36,00	30,00	24,58	15,00	75,43	30,17	500,63	49.518 (F)	[PC]
180	46,00	36,00	30,00	24,58	15,00	75,43	30,17	500,63	49.518 (F)	[A2M2]
181	56,00	40,00	30,00	39,42	15,00	85,43	34,17	478,43	42.122 (F)	[A2M2]
182	56,00	40,00	30,00	39,42	15,00	85,43	34,17	478,43	42.122 (F)	[PC]
183	58,00	40,00	30,00	40,75	15,45	87,59	35,03	517,06	41.508 (F)	[PC]
184	58,00	40,00	30,00	40,75	15,45	87,59	35,03	517,06	41.508 (F)	[A2M2]
185	46,00	30,00	30,00	20,02	15,00	76,00	30,40	817,47	48.401 (F)	[A2M2]
186	46,00	30,00	30,00	20,02	15,00	76,00	30,40	817,47	48.401 (F)	[PC]
187	32,00	34,00	30,00	12,02	11,62	60,33	24,13	419,08	72.852 (F)	[A2M2]
188	32,00	34,00	30,00	12,02	11,62	60,33	24,13	419,08	72.852 (F)	[PC]
189	54,00	40,00	30,00	37,42	15,00	83,24	33,30	441,16	43.143 (F)	[PC]
190	54,00	40,00	30,00	37,42	15,00	83,24	33,30	441,16	43.143 (F)	[A2M2]
191	48,00	38,00	30,00	28,74	15,00	77,14	30,85	432,98	48.151 (F)	[A2M2]
192	48,00	38,00	30,00	28,74	15,00	77,14	30,85	432,98	48.151 (F)	[PC]
193	48,00	32,00	30,00	23,28	15,00	77,99	31,20	739,79	46.561 (F)	[PC]
194	48,00	32,00	30,00	23,28	15,00	77,99	31,20	739,79	46.561 (F)	[A2M2]
195	32,00	32,00	30,00	10,87	10,70	61,02	24,41	516,89	70.426 (F)	[PC]
196	32,00	32,00	30,00	10,87	10,70	61,02	24,41	516,89	70.426 (F)	[A2M2]
197	34,00	32,00	30,00	12,00	11,60	63,24	25,30	544,07	64.157 (F)	[PC]
198	34,00	32,00	30,00	12,00	11,60	63,24	25,30	544,07	64.157 (F)	[A2M2]
199	50,00	32,00	30,00	25,28	15,00	80,00	32,00	772,01	44.805 (F)	[PC]
200	50,00	32,00	30,00	25,28	15,00	80,00	32,00	772,01	44.805 (F)	[A2M2]
201	46,00	32,00	30,00	21,28	15,00	75,96	30,38	708,75	48.592 (F)	[PC]
202	46,00	32,00	30,00	21,28	15,00	75,96	30,38	708,75	48.592 (F)	[A2M2]
203	44,00	34,00	30,00	20,78	15,00	73,65	29,46	573,90	51.339 (F)	[PC]
204	44,00	34,00	30,00	20,78	15,00	73,65	29,46	573,90	51.339 (F)	[A2M2]
205	56,00	34,00	30,00	32,78	15,00	86,00	34,40	773,90	43.439 (F)	[PC]
206	56,00	34,00	30,00	32,78	15,00	86,00	34,40	773,90	43.439 (F)	[A2M2]
207	30,00	38,00	30,00	13,60	12,88	55,50	22,20	216,80	111.040 (F)	[PC]
208	30,00	38,00	30,00	13,60	12,88	55,50	22,20	216,80	111.040 (F)	[A2M2]
209	30,00	36,00	30,00	12,26	11,81	56,93	22,77	303,04	88.744 (F)	[A2M2]
210	30,00	36,00	30,00	12,26	11,81	56,93	22,77	303,04	88.744 (F)	[PC]
211	44,00	32,00	30,00	19,37	14,87	73,90	29,56	679,01	50.928 (F)	[PC]
212	44,00	32,00	30,00	19,37	14,87	73,90	29,56	679,01	50.928 (F)	[A2M2]
213	52,00	40,00	30,00	35,42	15,00	81,02	32,41	405,66	44.795 (F)	[PC]

214	52,00	40,00	30,00	35,42	15,00	81,02	32,41	405,66	44.795 (F)	[A2M2]
215	44,00	36,00	30,00	22,58	15,00	73,24	29,30	471,38	52.714 (F)	[PC]
216	44,00	36,00	30,00	22,58	15,00	73,24	29,30	471,38	52.714 (F)	[A2M2]
217	42,00	34,00	30,00	18,96	14,79	71,51	28,60	546,21	54.493 (F)	[PC]
218	42,00	34,00	30,00	18,96	14,79	71,51	28,60	546,21	54.493 (F)	[A2M2]
219	46,00	38,00	30,00	26,74	15,00	74,90	29,96	402,35	51.231 (F)	[PC]
220	46,00	38,00	30,00	26,74	15,00	74,90	29,96	402,35	51.231 (F)	[A2M2]
221	36,00	30,00	30,00	12,19	11,75	65,77	26,31	675,57	59.306 (F)	[A2M2]
222	36,00	30,00	30,00	12,19	11,75	65,77	26,31	675,57	59.306 (F)	[PC]
223	42,00	32,00	30,00	17,62	14,52	71,82	28,73	651,44	53.463 (F)	[PC]
224	42,00	32,00	30,00	17,62	14,52	71,82	28,73	651,44	53.463 (F)	[A2M2]
225	38,00	32,00	30,00	14,38	13,50	67,59	27,03	597,54	59.564 (F)	[PC]
226	38,00	32,00	30,00	14,38	13,50	67,59	27,03	597,54	59.564 (F)	[A2M2]
227	40,00	32,00	30,00	15,87	14,17	69,72	27,89	623,57	56.377 (F)	[PC]
228	40,00	32,00	30,00	15,87	14,17	69,72	27,89	623,57	56.377 (F)	[A2M2]
229	36,00	32,00	30,00	13,17	12,54	65,43	26,17	571,30	61.894 (F)	[PC]
230	36,00	32,00	30,00	13,17	12,54	65,43	26,17	571,30	61.894 (F)	[A2M2]
231	40,00	34,00	30,00	17,25	14,45	69,34	27,74	519,26	57.993 (F)	[PC]
232	40,00	34,00	30,00	17,25	14,45	69,34	27,74	519,26	57.993 (F)	[A2M2]
233	52,00	36,00	30,00	30,58	15,00	81,82	32,73	598,04	46.499 (F)	[PC]
234	52,00	36,00	30,00	30,58	15,00	81,82	32,73	598,04	46.499 (F)	[A2M2]
235	38,00	30,00	30,00	13,45	12,76	67,86	27,15	703,25	57.832 (F)	[A2M2]
236	38,00	30,00	30,00	13,45	12,76	67,86	27,15	703,25	57.832 (F)	[PC]
237	54,00	36,00	30,00	32,58	15,00	83,90	33,56	633,84	44.948 (F)	[PC]
238	54,00	36,00	30,00	32,58	15,00	83,90	33,56	633,84	44.948 (F)	[A2M2]
239	42,00	36,00	30,00	20,58	15,00	71,02	28,41	443,70	56.439 (F)	[A2M2]
240	42,00	36,00	30,00	20,58	15,00	71,02	28,41	443,70	56.439 (F)	[PC]
241	50,00	40,00	30,00	33,42	15,00	78,77	31,51	372,12	47.175 (F)	[A2M2]
242	50,00	40,00	30,00	33,42	15,00	78,77	31,51	372,12	47.175 (F)	[PC]
243	50,00	36,00	30,00	28,58	15,00	79,72	31,89	563,66	48.398 (F)	[PC]
244	50,00	36,00	30,00	28,58	15,00	79,72	31,89	563,66	48.398 (F)	[A2M2]
245	56,00	36,00	30,00	34,58	15,00	85,96	34,38	671,20	43.724 (F)	[A2M2]
246	56,00	36,00	30,00	34,58	15,00	85,96	34,38	671,20	43.724 (F)	[PC]
247	56,00	38,00	30,00	36,74	15,00	85,77	34,31	572,19	44.043 (F)	[A2M2]
248	56,00	38,00	30,00	36,74	15,00	85,77	34,31	572,19	44.043 (F)	[PC]
249	38,00	34,00	30,00	15,54	14,11	67,14	26,85	493,53	62.006 (F)	[A2M2]
250	38,00	34,00	30,00	15,54	14,11	67,14	26,85	493,53	62.006 (F)	[PC]
251	34,00	34,00	30,00	13,10	12,48	62,64	25,05	444,02	69.538 (F)	[PC]
252	34,00	34,00	30,00	13,10	12,48	62,64	25,05	444,02	69.538 (F)	[A2M2]
253	44,00	30,00	30,00	18,23	14,65	74,00	29,60	787,08	51.223 (F)	[PC]
254	44,00	30,00	30,00	18,23	14,65	74,00	29,60	787,08	51.223 (F)	[A2M2]
255	58,00	38,00	30,00	38,74	15,00	87,86	35,15	611,34	43.288 (F)	[PC]
256	58,00	38,00	30,00	38,74	15,00	87,86	35,15	611,34	43.288 (F)	[A2M2]
257	54,00	38,00	30,00	34,74	15,00	83,65	33,46	535,19	45.438 (F)	[PC]
258	54,00	38,00	30,00	34,74	15,00	83,65	33,46	535,19	45.438 (F)	[A2M2]
259	34,00	30,00	30,00	10,97	10,78	63,65	25,46	647,12	64.650 (F)	[A2M2]
260	34,00	30,00	30,00	10,97	10,78	63,65	25,46	647,12	64.650 (F)	[PC]
261	50,00	34,00	30,00	26,78	15,00	79,93	31,97	666,54	48.015 (F)	[PC]
262	50,00	34,00	30,00	26,78	15,00	79,93	31,97	666,54	48.015 (F)	[A2M2]
263	52,00	34,00	30,00	28,78	15,00	81,98	32,79	700,66	46.327 (F)	[A2M2]
264	52,00	34,00	30,00	28,78	15,00	81,98	32,79	700,66	46.327 (F)	[PC]
265	44,00	38,00	30,00	24,74	15,00	72,64	29,05	373,39	55.010 (F)	[PC]
266	44,00	38,00	30,00	24,74	15,00	72,64	29,05	373,39	55.010 (F)	[A2M2]
267	48,00	34,00	30,00	24,78	15,00	77,86	31,15	633,95	50.078 (F)	[PC]
268	48,00	34,00	30,00	24,78	15,00	77,86	31,15	633,95	50.078 (F)	[A2M2]
269	58,00	36,00	30,00	36,58	15,00	87,99	35,20	710,02	42.788 (F)	[A2M2]
270	58,00	36,00	30,00	36,58	15,00	87,99	35,20	710,02	42.788 (F)	[PC]
271	30,00	38,00	30,00	13,60	12,88	55,50	22,20	216,80	118.005 (F)	[PC]
272	30,00	38,00	30,00	13,60	12,88	55,50	22,20	216,80	118.005 (F)	[A2M2]
273	40,00	30,00	30,00	14,75	13,80	69,93	27,97	731,20	55.864 (F)	[PC]
274	40,00	30,00	30,00	14,75	13,80	69,93	27,97	731,20	55.864 (F)	[A2M2]
275	52,00	38,00	30,00	32,74	15,00	81,51	32,60	499,43	47.225 (F)	[PC]
276	52,00	38,00	30,00	32,74	15,00	81,51	32,60	499,43	47.225 (F)	[A2M2]
277	32,00	34,00	30,00	12,02	11,62	60,33	24,13	419,08	77.633 (F)	[PC]
278	32,00	34,00	30,00	12,02	11,62	60,33	24,13	419,08	77.633 (F)	[A2M2]
279	54,00	34,00	30,00	30,78	15,00	84,00	33,60	736,25	44.971 (F)	[A2M2]
280	54,00	34,00	30,00	30,78	15,00	84,00	33,60	736,25	44.971 (F)	[PC]
281	48,00	36,00	30,00	26,58	15,00	77,59	31,03	531,55	50.672 (F)	[PC]
282	48,00	36,00	30,00	26,58	15,00	77,59	31,03	531,55	50.672 (F)	[A2M2]
283	46,00	34,00	30,00	22,78	15,00	75,77	30,31	602,90	52.575 (F)	[A2M2]
284	46,00	34,00	30,00	22,78	15,00	75,77	30,31	602,90	52.575 (F)	[PC]
285	42,00	30,00	30,00	16,44	14,29	71,98	28,79	759,11	53.277 (F)	[PC]
286	42,00	30,00	30,00	16,44	14,29	71,98	28,79	759,11	53.277 (F)	[A2M2]
287	58,00	42,00	30,00	42,35	16,41	87,14	34,85	426,05	44.080 (F)	[A2M2]
288	58,00	42,00	30,00	42,35	16,41	87,14	34,85	426,05	44.080 (F)	[PC]
289	40,00	36,00	30,00	18,81	14,76	68,77	27,51	417,99	60.808 (F)	[PC]
290	40,00	36,00	30,00	18,81	14,76	68,77	27,51	417,99	60.808 (F)	[A2M2]

291	30,00	36,00	30,00	12,26	11,81	56,93	22,77	303,04	94.385 (F)	[A2M2]
292	30,00	36,00	30,00	12,26	11,81	56,93	22,77	303,04	94.385 (F)	[PC]
293	36,00	34,00	30,00	14,22	13,37	64,90	25,96	469,03	66.009 (F)	[PC]
294	36,00	34,00	30,00	14,22	13,37	64,90	25,96	469,03	66.009 (F)	[A2M2]
295	34,00	32,00	30,00	12,00	11,60	63,24	25,30	544,07	68.424 (F)	[A2M2]
296	34,00	32,00	30,00	12,00	11,60	63,24	25,30	544,07	68.424 (F)	[PC]
297	48,00	40,00	30,00	31,42	15,00	76,49	30,60	340,16	50.172 (F)	[A2M2]
298	48,00	40,00	30,00	31,42	15,00	76,49	30,60	340,16	50.172 (F)	[PC]
299	50,00	38,00	30,00	30,74	15,00	79,34	31,74	465,35	49.442 (F)	[A2M2]
300	50,00	38,00	30,00	30,74	15,00	79,34	31,74	465,35	49.442 (F)	[PC]
301	56,00	42,00	30,00	41,36	15,82	84,90	33,96	389,88	45.056 (F)	[PC]
302	56,00	42,00	30,00	41,36	15,82	84,90	33,96	389,88	45.056 (F)	[A2M2]
303	46,00	30,00	30,00	20,02	15,00	76,00	30,40	817,47	51.992 (F)	[A2M2]
304	46,00	30,00	30,00	20,02	15,00	76,00	30,40	817,47	51.992 (F)	[PC]
305	46,00	36,00	30,00	24,58	15,00	75,43	30,17	500,63	53.504 (F)	[A2M2]
306	46,00	36,00	30,00	24,58	15,00	75,43	30,17	500,63	53.504 (F)	[PC]
307	56,00	40,00	30,00	39,42	15,00	85,43	34,17	478,43	45.645 (F)	[PC]
308	56,00	40,00	30,00	39,42	15,00	85,43	34,17	478,43	45.645 (F)	[A2M2]
309	52,00	42,00	30,00	38,92	15,00	80,33	32,13	319,26	47.796 (F)	[PC]
310	52,00	42,00	30,00	38,92	15,00	80,33	32,13	319,26	47.796 (F)	[A2M2]
311	38,00	36,00	30,00	17,15	14,43	66,49	26,60	393,14	65.780 (F)	[PC]
312	38,00	36,00	30,00	17,15	14,43	66,49	26,60	393,14	65.780 (F)	[A2M2]
313	48,00	32,00	30,00	23,28	15,00	77,99	31,20	739,79	50.151 (F)	[A2M2]
314	48,00	32,00	30,00	23,28	15,00	77,99	31,20	739,79	50.151 (F)	[PC]
315	46,00	32,00	30,00	21,28	15,00	75,96	30,38	708,75	52.293 (F)	[A2M2]
316	46,00	32,00	30,00	21,28	15,00	75,96	30,38	708,75	52.293 (F)	[PC]
317	58,00	40,00	30,00	40,75	15,45	87,59	35,03	517,06	44.950 (F)	[PC]
318	58,00	40,00	30,00	40,75	15,45	87,59	35,03	517,06	44.950 (F)	[A2M2]
319	44,00	34,00	30,00	20,78	15,00	73,65	29,46	573,90	55.301 (F)	[PC]
320	44,00	34,00	30,00	20,78	15,00	73,65	29,46	573,90	55.301 (F)	[A2M2]
321	54,00	42,00	30,00	40,42	15,25	82,64	33,05	354,06	46.242 (F)	[PC]
322	54,00	42,00	30,00	40,42	15,25	82,64	33,05	354,06	46.242 (F)	[A2M2]
323	42,00	38,00	30,00	22,74	15,00	70,33	28,13	346,44	59.619 (F)	[PC]
324	42,00	38,00	30,00	22,74	15,00	70,33	28,13	346,44	59.619 (F)	[A2M2]
325	48,00	38,00	30,00	28,74	15,00	77,14	30,85	432,98	52.160 (F)	[PC]
326	48,00	38,00	30,00	28,74	15,00	77,14	30,85	432,98	52.160 (F)	[A2M2]
327	50,00	32,00	30,00	25,28	15,00	80,00	32,00	772,01	48.291 (F)	[PC]
328	50,00	32,00	30,00	25,28	15,00	80,00	32,00	772,01	48.291 (F)	[A2M2]
329	44,00	32,00	30,00	19,37	14,87	73,90	29,56	679,01	54.744 (F)	[PC]
330	44,00	32,00	30,00	19,37	14,87	73,90	29,56	679,01	54.744 (F)	[A2M2]
331	54,00	40,00	30,00	37,42	15,00	83,24	33,30	441,16	46.779 (F)	[A2M2]
332	54,00	40,00	30,00	37,42	15,00	83,24	33,30	441,16	46.779 (F)	[PC]
333	32,00	36,00	30,00	13,24	12,59	59,39	23,75	325,10	83.321 (F)	[PC]
334	32,00	36,00	30,00	13,24	12,59	59,39	23,75	325,10	83.321 (F)	[A2M2]
335	44,00	36,00	30,00	22,58	15,00	73,24	29,30	471,38	56.908 (F)	[A2M2]
336	44,00	36,00	30,00	22,58	15,00	73,24	29,30	471,38	56.908 (F)	[PC]
337	36,00	30,00	30,00	12,19	11,75	65,77	26,31	675,57	63.268 (F)	[A2M2]
338	36,00	30,00	30,00	12,19	11,75	65,77	26,31	675,57	63.268 (F)	[PC]
339	42,00	34,00	30,00	18,96	14,79	71,51	28,60	546,21	58.617 (F)	[A2M2]
340	42,00	34,00	30,00	18,96	14,79	71,51	28,60	546,21	58.617 (F)	[PC]
341	38,00	32,00	30,00	14,38	13,50	67,59	27,03	597,54	63.728 (F)	[A2M2]
342	38,00	32,00	30,00	14,38	13,50	67,59	27,03	597,54	63.728 (F)	[PC]
343	46,00	40,00	30,00	29,42	15,00	74,16	29,67	310,03	53.889 (F)	[PC]
344	46,00	40,00	30,00	29,42	15,00	74,16	29,67	310,03	53.889 (F)	[A2M2]
345	36,00	32,00	30,00	13,17	12,54	65,43	26,17	571,30	66.111 (F)	[A2M2]
346	36,00	32,00	30,00	13,17	12,54	65,43	26,17	571,30	66.111 (F)	[PC]
347	52,00	40,00	30,00	35,42	15,00	81,02	32,41	405,66	48.594 (F)	[PC]
348	52,00	40,00	30,00	35,42	15,00	81,02	32,41	405,66	48.594 (F)	[A2M2]
349	20,00	38,00	30,00	9,70	9,82	39,26	15,00	138,88	107.523 (F)	[A2M2]
350	20,00	38,00	30,00	9,70	9,82	39,26	15,00	138,88	107.523 (F)	[PC]
351	42,00	32,00	30,00	17,62	14,52	71,82	28,73	651,44	57.394 (F)	[A2M2]
352	42,00	32,00	30,00	17,62	14,52	71,82	28,73	651,44	57.394 (F)	[PC]
353	38,00	30,00	30,00	13,45	12,76	67,86	27,15	703,25	61.774 (F)	[A2M2]
354	38,00	30,00	30,00	13,45	12,76	67,86	27,15	703,25	61.774 (F)	[PC]
355	32,00	38,00	30,00	14,52	13,62	58,12	23,25	235,61	99.860 (F)	[PC]
356	32,00	38,00	30,00	14,52	13,62	58,12	23,25	235,61	99.860 (F)	[A2M2]
357	28,00	38,00	30,00	12,72	12,18	52,80	21,12	198,44	118.930 (F)	[PC]
358	28,00	38,00	30,00	12,72	12,18	52,80	21,12	198,44	118.930 (F)	[A2M2]
359	40,00	32,00	30,00	15,87	14,17	69,72	27,89	623,57	60.428 (F)	[PC]
360	40,00	32,00	30,00	15,87	14,17	69,72	27,89	623,57	60.428 (F)	[A2M2]
361	46,00	38,00	30,00	26,74	15,00	74,90	29,96	402,35	55.476 (F)	[PC]
362	46,00	38,00	30,00	26,74	15,00	74,90	29,96	402,35	55.476 (F)	[A2M2]
363	40,00	34,00	30,00	17,25	14,45	69,34	27,74	519,26	62.282 (F)	[A2M2]
364	40,00	34,00	30,00	17,25	14,45	69,34	27,74	519,26	62.282 (F)	[PC]
365	50,00	42,00	30,00	36,92	15,00	77,99	31,19	285,98	49.978 (F)	[A2M2]
366	50,00	42,00	30,00	36,92	15,00	77,99	31,19	285,98	49.978 (F)	[PC]
367	34,00	34,00	30,00	13,10	12,48	62,64	25,05	444,02	74.239 (F)	[PC]

368	34,00	34,00	30,00	13,10	12,48	62,64	25,05	444,02	74.239 (F)	[A2M2]
369	38,00	34,00	30,00	15,54	14,11	67,14	26,85	493,53	66.466 (F)	[A2M2]
370	38,00	34,00	30,00	15,54	14,11	67,14	26,85	493,53	66.466 (F)	[PC]
371	42,00	36,00	30,00	20,58	15,00	71,02	28,41	443,70	60.853 (F)	[PC]
372	42,00	36,00	30,00	20,58	15,00	71,02	28,41	443,70	60.853 (F)	[A2M2]
373	40,00	38,00	30,00	20,74	15,00	67,99	27,19	321,11	65.237 (F)	[A2M2]
374	40,00	38,00	30,00	20,74	15,00	67,99	27,19	321,11	65.237 (F)	[PC]
375	36,00	36,00	30,00	15,50	14,10	64,16	25,67	370,07	71.430 (F)	[PC]
376	36,00	36,00	30,00	15,50	14,10	64,16	25,67	370,07	71.430 (F)	[A2M2]
377	34,00	36,00	30,00	14,26	13,41	61,80	24,72	347,46	77.738 (F)	[A2M2]
378	34,00	36,00	30,00	14,26	13,41	61,80	24,72	347,46	77.738 (F)	[PC]
379	44,00	30,00	30,00	18,23	14,65	74,00	29,60	787,08	54.954 (F)	[A2M2]
380	44,00	30,00	30,00	18,23	14,65	74,00	29,60	787,08	54.954 (F)	[PC]
381	40,00	30,00	30,00	14,75	13,80	69,93	27,97	731,20	59.769 (F)	[PC]
382	40,00	30,00	30,00	14,75	13,80	69,93	27,97	731,20	59.769 (F)	[A2M2]
383	50,00	40,00	30,00	33,42	15,00	78,77	31,51	372,12	51.197 (F)	[PC]
384	50,00	40,00	30,00	33,42	15,00	78,77	31,51	372,12	51.197 (F)	[A2M2]
385	36,00	34,00	30,00	14,22	13,37	64,90	25,96	469,03	70.615 (F)	[PC]
386	36,00	34,00	30,00	14,22	13,37	64,90	25,96	469,03	70.615 (F)	[A2M2]
387	42,00	30,00	30,00	16,44	14,29	71,98	28,79	759,11	57.088 (F)	[PC]
388	42,00	30,00	30,00	16,44	14,29	71,98	28,79	759,11	57.088 (F)	[A2M2]
389	44,00	38,00	30,00	24,74	15,00	72,64	29,05	373,39	59.530 (F)	[A2M2]
390	44,00	38,00	30,00	24,74	15,00	72,64	29,05	373,39	59.530 (F)	[PC]
391	40,00	36,00	30,00	18,81	14,76	68,77	27,51	417,99	65.454 (F)	[A2M2]
392	40,00	36,00	30,00	18,81	14,76	68,77	27,51	417,99	65.454 (F)	[PC]
393	44,00	40,00	30,00	27,42	15,00	71,80	28,72	281,76	58.518 (F)	[A2M2]
394	44,00	40,00	30,00	27,42	15,00	71,80	28,72	281,76	58.518 (F)	[PC]
395	20,00	38,00	30,00	9,70	9,82	39,26	15,00	138,88	113.600 (F)	[PC]
396	20,00	38,00	30,00	9,70	9,82	39,26	15,00	138,88	113.600 (F)	[A2M2]
397	48,00	42,00	30,00	34,92	15,00	75,60	30,24	254,66	52.755 (F)	[PC]
398	48,00	42,00	30,00	34,92	15,00	75,60	30,24	254,66	52.755 (F)	[A2M2]
399	58,00	42,00	30,00	42,35	16,41	87,14	34,85	426,05	47.786 (F)	[A2M2]
400	58,00	42,00	30,00	42,35	16,41	87,14	34,85	426,05	47.786 (F)	[PC]
401	32,00	36,00	30,00	13,24	12,59	59,39	23,75	325,10	88.836 (F)	[PC]
402	32,00	36,00	30,00	13,24	12,59	59,39	23,75	325,10	88.836 (F)	[A2M2]
403	28,00	38,00	30,00	12,72	12,18	52,80	21,12	198,44	125.858 (F)	[A2M2]
404	28,00	38,00	30,00	12,72	12,18	52,80	21,12	198,44	125.858 (F)	[PC]
405	38,00	36,00	30,00	17,15	14,43	66,49	26,60	393,14	70.667 (F)	[PC]
406	38,00	36,00	30,00	17,15	14,43	66,49	26,60	393,14	70.667 (F)	[A2M2]
407	48,00	40,00	30,00	31,42	15,00	76,49	30,60	340,16	54.460 (F)	[PC]
408	48,00	40,00	30,00	31,42	15,00	76,49	30,60	340,16	54.460 (F)	[A2M2]
409	56,00	42,00	30,00	41,36	15,82	84,90	33,96	389,88	48.875 (F)	[A2M2]
410	56,00	42,00	30,00	41,36	15,82	84,90	33,96	389,88	48.875 (F)	[PC]
411	32,00	38,00	30,00	14,52	13,62	58,12	23,25	235,61	106.550 (F)	[A2M2]
412	32,00	38,00	30,00	14,52	13,62	58,12	23,25	235,61	106.550 (F)	[PC]
413	58,00	44,00	30,00	44,06	17,44	86,49	34,60	339,45	47.863 (F)	[PC]
414	58,00	44,00	30,00	44,06	17,44	86,49	34,60	339,45	47.863 (F)	[A2M2]
415	42,00	38,00	30,00	22,74	15,00	70,33	28,13	346,44	64.449 (F)	[A2M2]
416	42,00	38,00	30,00	22,74	15,00	70,33	28,13	346,44	64.449 (F)	[PC]
417	56,00	44,00	30,00	43,15	16,89	84,16	33,67	305,76	49.530 (F)	[PC]
418	56,00	44,00	30,00	43,15	16,89	84,16	33,67	305,76	49.530 (F)	[A2M2]
419	52,00	42,00	30,00	38,92	15,00	80,33	32,13	319,26	51.921 (F)	[A2M2]
420	52,00	42,00	30,00	38,92	15,00	80,33	32,13	319,26	51.921 (F)	[PC]
421	54,00	42,00	30,00	40,42	15,25	82,64	33,05	354,06	50.195 (F)	[PC]
422	54,00	42,00	30,00	40,42	15,25	82,64	33,05	354,06	50.195 (F)	[A2M2]
423	38,00	38,00	30,00	18,98	14,80	65,60	26,24	298,04	71.763 (F)	[A2M2]
424	38,00	38,00	30,00	18,98	14,80	65,60	26,24	298,04	71.763 (F)	[PC]
425	42,00	40,00	30,00	25,42	15,00	69,39	27,75	255,39	64.326 (F)	[PC]
426	42,00	40,00	30,00	25,42	15,00	69,39	27,75	255,39	64.326 (F)	[A2M2]
427	34,00	36,00	30,00	14,26	13,41	61,80	24,72	347,46	83.104 (F)	[PC]
428	34,00	36,00	30,00	14,26	13,41	61,80	24,72	347,46	83.104 (F)	[A2M2]
429	46,00	40,00	30,00	29,42	15,00	74,16	29,67	310,03	58.492 (F)	[PC]
430	46,00	40,00	30,00	29,42	15,00	74,16	29,67	310,03	58.492 (F)	[A2M2]
431	46,00	42,00	30,00	32,92	15,00	73,16	29,27	225,30	57.233 (F)	[A2M2]
432	46,00	42,00	30,00	32,92	15,00	73,16	29,27	225,30	57.233 (F)	[PC]
433	26,00	38,00	30,00	11,90	11,52	50,00	20,00	181,38	120.633 (F)	[PC]
434	26,00	38,00	30,00	11,90	11,52	50,00	20,00	181,38	120.633 (F)	[A2M2]
435	36,00	36,00	30,00	15,50	14,10	64,16	25,67	370,07	76.562 (F)	[A2M2]
436	36,00	36,00	30,00	15,50	14,10	64,16	25,67	370,07	76.562 (F)	[PC]
437	54,00	44,00	30,00	42,30	16,38	81,80	32,72	272,78	51.516 (F)	[PC]
438	54,00	44,00	30,00	42,30	16,38	81,80	32,72	272,78	51.516 (F)	[A2M2]
439	50,00	42,00	30,00	36,92	15,00	77,99	31,19	285,98	54.325 (F)	[PC]
440	50,00	42,00	30,00	36,92	15,00	77,99	31,19	285,98	54.325 (F)	[A2M2]
441	40,00	38,00	30,00	20,74	15,00	67,99	27,19	321,11	70.418 (F)	[A2M2]
442	40,00	38,00	30,00	20,74	15,00	67,99	27,19	321,11	70.418 (F)	[PC]
443	36,00	38,00	30,00	17,38	14,48	63,16	25,27	275,87	79.580 (F)	[PC]
444	36,00	38,00	30,00	17,38	14,48	63,16	25,27	275,87	79.580 (F)	[A2M2]

445	44,00	42,00	30,00	30,92	15,00	70,67	28,27	197,85	63.194 (F)	[A2M2]
446	44,00	42,00	30,00	30,92	15,00	70,67	28,27	197,85	63.194 (F)	[PC]
447	44,00	40,00	30,00	27,42	15,00	71,80	28,72	281,76	63.494 (F)	[A2M2]
448	44,00	40,00	30,00	27,42	15,00	71,80	28,72	281,76	63.494 (F)	[PC]
449	26,00	38,00	30,00	11,90	11,52	50,00	20,00	181,38	127.182 (F)	[PC]
450	26,00	38,00	30,00	11,90	11,52	50,00	20,00	181,38	127.182 (F)	[A2M2]
451	52,00	44,00	30,00	41,50	15,90	79,39	31,75	240,81	53.819 (F)	[A2M2]
452	52,00	44,00	30,00	41,50	15,90	79,39	31,75	240,81	53.819 (F)	[PC]
453	38,00	40,00	30,00	21,42	15,00	64,41	25,76	208,44	81.160 (F)	[A2M2]
454	38,00	40,00	30,00	21,42	15,00	64,41	25,76	208,44	81.160 (F)	[PC]
455	48,00	42,00	30,00	34,92	15,00	75,60	30,24	254,66	57.370 (F)	[PC]
456	48,00	42,00	30,00	34,92	15,00	75,60	30,24	254,66	57.370 (F)	[A2M2]
457	34,00	38,00	30,00	15,79	14,16	60,67	24,27	255,12	88.946 (F)	[PC]
458	34,00	38,00	30,00	15,79	14,16	60,67	24,27	255,12	88.946 (F)	[A2M2]
459	40,00	40,00	30,00	23,42	15,00	66,93	26,77	230,92	71.689 (F)	[A2M2]
460	40,00	40,00	30,00	23,42	15,00	66,93	26,77	230,92	71.689 (F)	[PC]
461	38,00	38,00	30,00	18,98	14,80	65,60	26,24	298,04	77.301 (F)	[A2M2]
462	38,00	38,00	30,00	18,98	14,80	65,60	26,24	298,04	77.301 (F)	[PC]
463	24,00	38,00	30,00	11,13	10,90	47,08	18,83	165,03	120.420 (F)	[A2M2]
464	24,00	38,00	30,00	11,13	10,90	47,08	18,83	165,03	120.420 (F)	[PC]
465	58,00	44,00	30,00	44,06	17,44	86,49	34,60	339,45	51.952 (F)	[A2M2]
466	58,00	44,00	30,00	44,06	17,44	86,49	34,60	339,45	51.952 (F)	[PC]
467	56,00	44,00	30,00	43,15	16,89	84,16	33,67	305,76	53.792 (F)	[A2M2]
468	56,00	44,00	30,00	43,15	16,89	84,16	33,67	305,76	53.792 (F)	[PC]
469	22,00	38,00	30,00	10,41	10,33	43,55	17,13	150,06	118.624 (F)	[PC]
470	22,00	38,00	30,00	10,41	10,33	43,55	17,13	150,06	118.624 (F)	[A2M2]
471	50,00	44,00	30,00	40,76	15,46	76,93	30,77	209,71	56.636 (F)	[PC]
472	50,00	44,00	30,00	40,76	15,46	76,93	30,77	209,71	56.636 (F)	[A2M2]
473	42,00	40,00	30,00	25,42	15,00	69,39	27,75	255,39	69.744 (F)	[A2M2]
474	42,00	40,00	30,00	25,42	15,00	69,39	27,75	255,39	69.744 (F)	[PC]
475	36,00	40,00	30,00	19,55	14,91	61,82	24,73	188,10	93.168 (F)	[A2M2]
476	36,00	40,00	30,00	19,55	14,91	61,82	24,73	188,10	93.168 (F)	[PC]
477	46,00	42,00	30,00	32,92	15,00	73,16	29,27	225,30	62.264 (F)	[A2M2]
478	46,00	42,00	30,00	32,92	15,00	73,16	29,27	225,30	62.264 (F)	[PC]
479	42,00	42,00	30,00	28,92	15,00	68,12	27,25	172,42	70.946 (F)	[A2M2]
480	42,00	42,00	30,00	28,92	15,00	68,12	27,25	172,42	70.946 (F)	[PC]
481	36,00	38,00	30,00	17,38	14,48	63,16	25,27	275,87	85.501 (F)	[PC]
482	36,00	38,00	30,00	17,38	14,48	63,16	25,27	275,87	85.501 (F)	[A2M2]
483	54,00	44,00	30,00	42,30	16,38	81,80	32,72	272,78	55.985 (F)	[PC]
484	54,00	44,00	30,00	42,30	16,38	81,80	32,72	272,78	55.985 (F)	[A2M2]
485	58,00	46,00	30,00	46,13	18,45	85,60	34,24	257,83	53.720 (F)	[A2M2]
486	58,00	46,00	30,00	46,13	18,45	85,60	34,24	257,83	53.720 (F)	[PC]
487	24,00	38,00	30,00	11,13	10,90	47,08	18,83	165,03	126.614 (F)	[A2M2]
488	24,00	38,00	30,00	11,13	10,90	47,08	18,83	165,03	126.614 (F)	[PC]
489	22,00	38,00	30,00	10,41	10,33	43,55	17,13	150,06	124.687 (F)	[PC]
490	22,00	38,00	30,00	10,41	10,33	43,55	17,13	150,06	124.687 (F)	[A2M2]
491	34,00	38,00	30,00	15,79	14,16	60,67	24,27	255,12	95.263 (F)	[PC]
492	34,00	38,00	30,00	15,79	14,16	60,67	24,27	255,12	95.263 (F)	[A2M2]
493	38,00	40,00	30,00	21,42	15,00	64,41	25,76	208,44	87.724 (F)	[A2M2]
494	38,00	40,00	30,00	21,42	15,00	64,41	25,76	208,44	87.724 (F)	[PC]
495	48,00	44,00	30,00	40,10	15,06	74,41	29,76	179,79	60.066 (F)	[A2M2]
496	48,00	44,00	30,00	40,10	15,06	74,41	29,76	179,79	60.066 (F)	[PC]
497	44,00	42,00	30,00	30,92	15,00	70,67	28,27	197,85	68.758 (F)	[PC]
498	44,00	42,00	30,00	30,92	15,00	70,67	28,27	197,85	68.758 (F)	[A2M2]
499	40,00	40,00	30,00	23,42	15,00	66,93	26,77	230,92	77.632 (F)	[A2M2]
500	40,00	40,00	30,00	23,42	15,00	66,93	26,77	230,92	77.632 (F)	[PC]
501	52,00	44,00	30,00	41,50	15,90	79,39	31,75	240,81	58.530 (F)	[PC]
502	52,00	44,00	30,00	41,50	15,90	79,39	31,75	240,81	58.530 (F)	[A2M2]
503	56,00	46,00	30,00	45,11	18,05	83,16	33,27	226,93	56.444 (F)	[PC]
504	56,00	46,00	30,00	45,11	18,05	83,16	33,27	226,93	56.444 (F)	[A2M2]
505	40,00	42,00	30,00	26,92	15,00	65,50	26,20	149,04	81.259 (F)	[A2M2]
506	40,00	42,00	30,00	26,92	15,00	65,50	26,20	149,04	81.259 (F)	[PC]
507	30,00	40,00	30,00	15,02	14,00	53,56	21,42	136,52	149.693 (F)	[A2M2]
508	30,00	40,00	30,00	15,02	14,00	53,56	21,42	136,52	149.693 (F)	[PC]
509	36,00	40,00	30,00	19,55	14,91	61,82	24,73	188,10	100.419 (F)	[PC]
510	36,00	40,00	30,00	19,55	14,91	61,82	24,73	188,10	100.419 (F)	[A2M2]
511	34,00	40,00	30,00	18,03	14,61	59,16	23,67	169,17	108.242 (F)	[PC]
512	34,00	40,00	30,00	18,03	14,61	59,16	23,67	169,17	108.242 (F)	[A2M2]
513	50,00	44,00	30,00	40,76	15,46	76,93	30,77	209,71	61.641 (F)	[PC]
514	50,00	44,00	30,00	40,76	15,46	76,93	30,77	209,71	61.641 (F)	[A2M2]
515	32,00	40,00	30,00	16,52	14,30	56,41	22,57	152,10	127.391 (F)	[A2M2]
516	32,00	40,00	30,00	16,52	14,30	56,41	22,57	152,10	127.391 (F)	[PC]
517	42,00	42,00	30,00	28,92	15,00	68,12	27,25	172,42	77.176 (F)	[A2M2]
518	42,00	42,00	30,00	28,92	15,00	68,12	27,25	172,42	77.176 (F)	[PC]
519	46,00	44,00	30,00	38,32	15,00	71,82	28,73	151,38	64.956 (F)	[PC]
520	46,00	44,00	30,00	38,32	15,00	71,82	28,73	151,38	64.956 (F)	[A2M2]
521	58,00	46,00	30,00	46,13	18,45	85,60	34,24	257,83	58.395 (F)	[PC]

522	58,00	46,00	30,00	46,13	18,45	85,60	34,24	257,83	58.395 (F)	[A2M2]
523	54,00	46,00	30,00	44,33	17,60	80,67	32,27	197,21	59.755 (F)	[PC]
524	54,00	46,00	30,00	44,33	17,60	80,67	32,27	197,21	59.755 (F)	[A2M2]
525	30,00	40,00	30,00	15,02	14,00	53,56	21,42	136,52	158.842 (F)	[A2M2]
526	30,00	40,00	30,00	15,02	14,00	53,56	21,42	136,52	158.842 (F)	[PC]
527	48,00	44,00	30,00	40,10	15,06	74,41	29,76	179,79	65.429 (F)	[PC]
528	48,00	44,00	30,00	40,10	15,06	74,41	29,76	179,79	65.429 (F)	[A2M2]
529	38,00	42,00	30,00	24,92	15,00	62,80	25,12	127,80	95.363 (F)	[PC]
530	38,00	42,00	30,00	24,92	15,00	62,80	25,12	127,80	95.363 (F)	[A2M2]
531	34,00	40,00	30,00	18,03	14,61	59,16	23,67	169,17	116.217 (F)	[PC]
532	34,00	40,00	30,00	18,03	14,61	59,16	23,67	169,17	116.217 (F)	[A2M2]
533	56,00	46,00	30,00	45,11	18,05	83,16	33,27	226,93	61.389 (F)	[PC]
534	56,00	46,00	30,00	45,11	18,05	83,16	33,27	226,93	61.389 (F)	[A2M2]
535	32,00	40,00	30,00	16,52	14,30	56,41	22,57	152,10	136.091 (F)	[A2M2]
536	32,00	40,00	30,00	16,52	14,30	56,41	22,57	152,10	136.091 (F)	[PC]
537	40,00	42,00	30,00	26,92	15,00	65,50	26,20	149,04	88.331 (F)	[PC]
538	40,00	42,00	30,00	26,92	15,00	65,50	26,20	149,04	88.331 (F)	[A2M2]
539	36,00	42,00	30,00	22,92	15,00	60,00	24,00	108,69	115.422 (F)	[PC]
540	36,00	42,00	30,00	22,92	15,00	60,00	24,00	108,69	115.422 (F)	[A2M2]
541	52,00	46,00	30,00	43,64	17,19	78,12	31,25	168,55	63.840 (F)	[A2M2]
542	52,00	46,00	30,00	43,64	17,19	78,12	31,25	168,55	63.840 (F)	[PC]
543	44,00	44,00	30,00	36,32	15,00	69,16	27,67	125,04	71.479 (F)	[PC]
544	44,00	44,00	30,00	36,32	15,00	69,16	27,67	125,04	71.479 (F)	[A2M2]
545	20,00	40,00	30,00	11,53	11,22	36,58	15,00	84,28	144.076 (F)	[PC]
546	20,00	40,00	30,00	11,53	11,22	36,58	15,00	84,28	144.076 (F)	[A2M2]
547	46,00	44,00	30,00	38,32	15,00	71,82	28,73	151,38	70.820 (F)	[A2M2]
548	46,00	44,00	30,00	38,32	15,00	71,82	28,73	151,38	70.820 (F)	[PC]
549	54,00	46,00	30,00	44,33	17,60	80,67	32,27	197,21	65.030 (F)	[A2M2]
550	54,00	46,00	30,00	44,33	17,60	80,67	32,27	197,21	65.030 (F)	[PC]
551	58,00	48,00	30,00	48,70	19,48	84,41	33,76	182,85	63.539 (F)	[A2M2]
552	58,00	48,00	30,00	48,70	19,48	84,41	33,76	182,85	63.539 (F)	[PC]
553	20,00	40,00	30,00	11,53	11,22	36,58	15,00	84,28	151.666 (F)	[A2M2]
554	20,00	40,00	30,00	11,53	11,22	36,58	15,00	84,28	151.666 (F)	[PC]
555	38,00	42,00	30,00	24,92	15,00	62,80	25,12	127,80	103.514 (F)	[A2M2]
556	38,00	42,00	30,00	24,92	15,00	62,80	25,12	127,80	103.514 (F)	[PC]
557	34,00	42,00	30,00	20,92	15,00	57,08	22,83	91,94	145.192 (F)	[A2M2]
558	34,00	42,00	30,00	20,92	15,00	57,08	22,83	91,94	145.192 (F)	[PC]
559	36,00	42,00	30,00	22,92	15,00	60,00	24,00	108,69	124.968 (F)	[A2M2]
560	36,00	42,00	30,00	22,92	15,00	60,00	24,00	108,69	124.968 (F)	[PC]
561	50,00	46,00	30,00	43,03	16,82	75,50	30,20	141,21	68.897 (F)	[PC]
562	50,00	46,00	30,00	43,03	16,82	75,50	30,20	141,21	68.897 (F)	[A2M2]
563	42,00	44,00	30,00	34,32	15,00	66,41	26,57	100,83	80.186 (F)	[PC]
564	42,00	44,00	30,00	34,32	15,00	66,41	26,57	100,83	80.186 (F)	[A2M2]
565	28,00	40,00	30,00	14,20	13,36	50,56	20,22	122,27	161.454 (F)	[A2M2]
566	28,00	40,00	30,00	14,20	13,36	50,56	20,22	122,27	161.454 (F)	[PC]
567	52,00	46,00	30,00	43,64	17,19	78,12	31,25	168,55	69.522 (F)	[A2M2]
568	52,00	46,00	30,00	43,64	17,19	78,12	31,25	168,55	69.522 (F)	[PC]
569	44,00	44,00	30,00	36,32	15,00	69,16	27,67	125,04	77.991 (F)	[PC]
570	44,00	44,00	30,00	36,32	15,00	69,16	27,67	125,04	77.991 (F)	[A2M2]
571	22,00	40,00	30,00	12,10	11,68	38,58	15,00	91,37	162.038 (F)	[A2M2]
572	22,00	40,00	30,00	12,10	11,68	38,58	15,00	91,37	162.038 (F)	[PC]
573	48,00	46,00	30,00	42,51	16,51	72,80	29,12	115,28	75.290 (F)	[PC]
574	48,00	46,00	30,00	42,51	16,51	72,80	29,12	115,28	75.290 (F)	[A2M2]
575	28,00	40,00	30,00	14,20	13,36	50,56	20,22	122,27	169.811 (F)	[A2M2]
576	28,00	40,00	30,00	14,20	13,36	50,56	20,22	122,27	169.811 (F)	[PC]
577	40,00	44,00	30,00	32,32	15,00	63,56	25,42	78,90	91.972 (F)	[A2M2]
578	40,00	44,00	30,00	32,32	15,00	63,56	25,42	78,90	91.972 (F)	[PC]
579	56,00	48,00	30,00	47,83	19,13	81,82	32,73	155,07	68.409 (F)	[A2M2]
580	56,00	48,00	30,00	47,83	19,13	81,82	32,73	155,07	68.409 (F)	[PC]
581	34,00	42,00	30,00	20,92	15,00	57,08	22,83	91,94	156.517 (F)	[A2M2]
582	34,00	42,00	30,00	20,92	15,00	57,08	22,83	91,94	156.517 (F)	[PC]
583	58,00	48,00	30,00	48,70	19,48	84,41	33,76	182,85	69.185 (F)	[PC]
584	58,00	48,00	30,00	48,70	19,48	84,41	33,76	182,85	69.185 (F)	[A2M2]
585	22,00	40,00	30,00	12,10	11,68	38,58	15,00	91,37	169.191 (F)	[A2M2]
586	22,00	40,00	30,00	12,10	11,68	38,58	15,00	91,37	169.191 (F)	[PC]
587	32,00	42,00	30,00	19,24	14,85	53,99	21,60	77,42	186.191 (F)	[PC]
588	32,00	42,00	30,00	19,24	14,85	53,99	21,60	77,42	186.191 (F)	[A2M2]
589	50,00	46,00	30,00	43,03	16,82	75,50	30,20	141,21	75.083 (F)	[PC]
590	50,00	46,00	30,00	43,03	16,82	75,50	30,20	141,21	75.083 (F)	[A2M2]
591	42,00	44,00	30,00	34,32	15,00	66,41	26,57	100,83	87.536 (F)	[A2M2]
592	42,00	44,00	30,00	34,32	15,00	66,41	26,57	100,83	87.536 (F)	[PC]
593	38,00	44,00	30,00	30,32	15,00	60,56	24,22	59,26	108.409 (F)	[A2M2]
594	38,00	44,00	30,00	30,32	15,00	60,56	24,22	59,26	108.409 (F)	[PC]
595	48,00	46,00	30,00	42,51	16,51	72,80	29,12	115,28	82.115 (F)	[PC]
596	48,00	46,00	30,00	42,51	16,51	72,80	29,12	115,28	82.115 (F)	[A2M2]
597	54,00	48,00	30,00	47,04	18,82	79,16	31,67	128,69	74.619 (F)	[PC]
598	54,00	48,00	30,00	47,04	18,82	79,16	31,67	128,69	74.619 (F)	[A2M2]

599	40,00	44,00	30,00	32,32	15,00	63,56	25,42	78,90	100.420 (F)	[PC]
600	40,00	44,00	30,00	32,32	15,00	63,56	25,42	78,90	100.420 (F)	[A2M2]
601	56,00	48,00	30,00	47,83	19,13	81,82	32,73	155,07	74.533 (F)	[A2M2]
602	56,00	48,00	30,00	47,83	19,13	81,82	32,73	155,07	74.533 (F)	[PC]
603	32,00	42,00	30,00	19,24	14,85	53,99	21,60	77,42	199.181 (F)	[A2M2]
604	32,00	42,00	30,00	19,24	14,85	53,99	21,60	77,42	199.181 (F)	[PC]
605	46,00	46,00	30,00	42,09	16,26	70,00	28,00	90,99	83.615 (F)	[PC]
606	46,00	46,00	30,00	42,09	16,26	70,00	28,00	90,99	83.615 (F)	[A2M2]
607	26,00	40,00	30,00	13,44	12,75	47,38	18,95	109,25	169.906 (F)	[A2M2]
608	26,00	40,00	30,00	13,44	12,75	47,38	18,95	109,25	169.906 (F)	[PC]
609	36,00	44,00	30,00	28,32	15,00	57,38	22,95	42,11	130.180 (F)	[A2M2]
610	36,00	44,00	30,00	28,32	15,00	57,38	22,95	42,11	130.180 (F)	[PC]
611	26,00	40,00	30,00	13,44	12,75	47,38	18,95	109,25	177.078 (F)	[PC]
612	26,00	40,00	30,00	13,44	12,75	47,38	18,95	109,25	177.078 (F)	[A2M2]
613	52,00	48,00	30,00	46,34	18,54	76,41	30,57	103,90	82.690 (F)	[PC]
614	52,00	48,00	30,00	46,34	18,54	76,41	30,57	103,90	82.690 (F)	[A2M2]
615	38,00	44,00	30,00	30,32	15,00	60,56	24,22	59,26	118.322 (F)	[PC]
616	38,00	44,00	30,00	30,32	15,00	60,56	24,22	59,26	118.322 (F)	[A2M2]
617	54,00	48,00	30,00	47,04	18,82	79,16	31,67	128,69	81.352 (F)	[PC]
618	54,00	48,00	30,00	47,04	18,82	79,16	31,67	128,69	81.352 (F)	[A2M2]
619	24,00	40,00	30,00	12,74	12,19	43,07	16,84	98,05	185.820 (F)	[PC]
620	24,00	40,00	30,00	12,74	12,19	43,07	16,84	98,05	185.820 (F)	[A2M2]
621	46,00	46,00	30,00	42,09	16,26	70,00	28,00	90,99	91.272 (F)	[PC]
622	46,00	46,00	30,00	42,09	16,26	70,00	28,00	90,99	91.272 (F)	[A2M2]
623	24,00	40,00	30,00	12,74	12,19	43,07	16,84	98,05	192.576 (F)	[PC]
624	24,00	40,00	30,00	12,74	12,19	43,07	16,84	98,05	192.576 (F)	[A2M2]
625	44,00	46,00	30,00	41,80	16,08	67,08	26,83	68,54	94.786 (F)	[A2M2]
626	44,00	46,00	30,00	41,80	16,08	67,08	26,83	68,54	94.786 (F)	[PC]
627	58,00	50,00	30,00	51,68	20,67	82,80	33,12	116,09	81.472 (F)	[PC]
628	58,00	50,00	30,00	51,68	20,67	82,80	33,12	116,09	81.472 (F)	[A2M2]
629	36,00	44,00	30,00	28,32	15,00	57,38	22,95	42,11	141.860 (F)	[PC]
630	36,00	44,00	30,00	28,32	15,00	57,38	22,95	42,11	141.860 (F)	[A2M2]
631	52,00	48,00	30,00	46,34	18,54	76,41	30,57	103,90	90.213 (F)	[PC]
632	52,00	48,00	30,00	46,34	18,54	76,41	30,57	103,90	90.213 (F)	[A2M2]
633	50,00	48,00	30,00	45,75	18,30	73,56	29,42	80,80	93.606 (F)	[A2M2]
634	50,00	48,00	30,00	45,75	18,30	73,56	29,42	80,80	93.606 (F)	[PC]
635	44,00	46,00	30,00	41,80	16,08	67,08	26,83	68,54	103.559 (F)	[A2M2]
636	44,00	46,00	30,00	41,80	16,08	67,08	26,83	68,54	103.559 (F)	[PC]
637	42,00	46,00	30,00	41,67	16,00	63,99	25,60	48,22	110.071 (F)	[PC]
638	42,00	46,00	30,00	41,67	16,00	63,99	25,60	48,22	110.071 (F)	[A2M2]
639	58,00	50,00	30,00	51,68	20,67	82,80	33,12	116,09	88.875 (F)	[PC]
640	58,00	50,00	30,00	51,68	20,67	82,80	33,12	116,09	88.875 (F)	[A2M2]
641	56,00	50,00	30,00	51,03	20,41	80,00	32,00	92,12	91.806 (F)	[PC]
642	56,00	50,00	30,00	51,03	20,41	80,00	32,00	92,12	91.806 (F)	[A2M2]
643	30,00	42,00	30,00	17,85	14,57	50,69	20,28	65,06	176.724 (F)	[A2M2]
644	30,00	42,00	30,00	17,85	14,57	50,69	20,28	65,06	176.724 (F)	[PC]
645	50,00	48,00	30,00	45,75	18,30	73,56	29,42	80,80	102.195 (F)	[A2M2]
646	50,00	48,00	30,00	45,75	18,30	73,56	29,42	80,80	102.195 (F)	[PC]
647	42,00	46,00	30,00	41,67	16,00	63,99	25,60	48,22	120.369 (F)	[PC]
648	42,00	46,00	30,00	41,67	16,00	63,99	25,60	48,22	120.369 (F)	[A2M2]
649	30,00	42,00	30,00	17,85	14,57	50,69	20,28	65,06	186.295 (F)	[A2M2]
650	30,00	42,00	30,00	17,85	14,57	50,69	20,28	65,06	186.295 (F)	[PC]
651	48,00	48,00	30,00	45,30	18,12	70,56	28,22	59,62	109.094 (F)	[PC]
652	48,00	48,00	30,00	45,30	18,12	70,56	28,22	59,62	109.094 (F)	[A2M2]
653	56,00	50,00	30,00	51,03	20,41	80,00	32,00	92,12	100.220 (F)	[PC]
654	56,00	50,00	30,00	51,03	20,41	80,00	32,00	92,12	100.220 (F)	[A2M2]
655	34,00	44,00	30,00	26,32	15,00	53,92	21,57	27,64	96.463 (F)	[A2M2]
656	34,00	44,00	30,00	26,32	15,00	53,92	21,57	27,64	96.463 (F)	[PC]
657	20,00	42,00	30,00	13,41	12,73	33,08	15,00	39,44	207.788 (F)	[PC]
658	20,00	42,00	30,00	13,41	12,73	33,08	15,00	39,44	207.788 (F)	[A2M2]
659	40,00	46,00	30,00	41,75	16,05	60,69	24,28	30,40	130.322 (F)	[A2M2]
660	40,00	46,00	30,00	41,75	16,05	60,69	24,28	30,40	130.322 (F)	[PC]
661	20,00	42,00	30,00	13,41	12,73	33,08	15,00	39,44	217.254 (F)	[A2M2]
662	20,00	42,00	30,00	13,41	12,73	33,08	15,00	39,44	217.254 (F)	[PC]
663	54,00	50,00	30,00	50,51	20,20	77,08	30,83	69,96	106.331 (F)	[PC]
664	54,00	50,00	30,00	50,51	20,20	77,08	30,83	69,96	106.331 (F)	[A2M2]
665	34,00	44,00	30,00	26,32	15,00	53,92	21,57	27,64	104.367 (F)	[PC]
666	34,00	44,00	30,00	26,32	15,00	53,92	21,57	27,64	104.367 (F)	[A2M2]
667	48,00	48,00	30,00	45,30	18,12	70,56	28,22	59,62	119.192 (F)	[A2M2]
668	48,00	48,00	30,00	45,30	18,12	70,56	28,22	59,62	119.192 (F)	[PC]
669	40,00	46,00	30,00	41,75	16,05	60,69	24,28	30,40	142.640 (F)	[A2M2]
670	40,00	46,00	30,00	41,75	16,05	60,69	24,28	30,40	142.640 (F)	[PC]
671	22,00	42,00	30,00	13,89	13,12	35,08	15,00	43,58	235.197 (F)	[A2M2]
672	22,00	42,00	30,00	13,89	13,12	35,08	15,00	43,58	235.197 (F)	[PC]
673	38,00	46,00	30,00	42,15	16,29	57,04	22,82	15,62	159.370 (F)	[A2M2]
674	38,00	46,00	30,00	42,15	16,29	57,04	22,82	15,62	159.370 (F)	[PC]
675	22,00	42,00	30,00	13,89	13,12	35,08	15,00	43,58	243.486 (F)	[PC]

676	22,00	42,00	30,00	13,89	13,12	35,08	15,00	43,58	243.486 (F)	[A2M2]
677	54,00	50,00	30,00	50,51	20,20	77,08	30,83	69,96	116.162 (F)	[A2M2]
678	54,00	50,00	30,00	50,51	20,20	77,08	30,83	69,96	116.162 (F)	[PC]
679	46,00	48,00	30,00	45,04	18,02	67,38	26,95	40,61	132.732 (F)	[PC]
680	46,00	48,00	30,00	45,04	18,02	67,38	26,95	40,61	132.732 (F)	[A2M2]
681	38,00	46,00	30,00	42,15	16,29	57,04	22,82	15,62	174.578 (F)	[PC]
682	38,00	46,00	30,00	42,15	16,29	57,04	22,82	15,62	174.578 (F)	[A2M2]
683	52,00	50,00	30,00	50,14	20,06	73,99	29,60	49,83	128.204 (F)	[PC]
684	52,00	50,00	30,00	50,14	20,06	73,99	29,60	49,83	128.204 (F)	[A2M2]
685	24,00	42,00	30,00	14,45	13,56	37,08	15,00	46,92	267.020 (F)	[PC]
686	24,00	42,00	30,00	14,45	13,56	37,08	15,00	46,92	267.020 (F)	[A2M2]
687	58,00	52,00	30,00	55,30	22,12	80,56	32,22	59,62	121.159 (F)	[PC]
688	58,00	52,00	30,00	55,30	22,12	80,56	32,22	59,62	121.159 (F)	[A2M2]
689	24,00	42,00	30,00	14,45	13,56	37,08	15,00	46,92	273.574 (F)	[PC]
690	24,00	42,00	30,00	14,45	13,56	37,08	15,00	46,92	273.574 (F)	[A2M2]
691	46,00	48,00	30,00	45,04	18,02	67,38	26,95	40,61	145.132 (F)	[A2M2]
692	46,00	48,00	30,00	45,04	18,02	67,38	26,95	40,61	145.132 (F)	[PC]
693	52,00	50,00	30,00	50,14	20,06	73,99	29,60	49,83	140.167 (F)	[PC]
694	52,00	50,00	30,00	50,14	20,06	73,99	29,60	49,83	140.167 (F)	[A2M2]
695	58,00	52,00	30,00	55,30	22,12	80,56	32,22	59,62	132.436 (F)	[A2M2]
696	58,00	52,00	30,00	55,30	22,12	80,56	32,22	59,62	132.436 (F)	[PC]
697	28,00	42,00	30,00	16,49	14,30	47,04	18,82	54,84	264.201 (F)	[PC]
698	28,00	42,00	30,00	16,49	14,30	47,04	18,82	54,84	264.201 (F)	[A2M2]
699	26,00	42,00	30,00	15,15	14,03	39,08	15,00	49,28	300.225 (F)	[A2M2]
700	26,00	42,00	30,00	15,15	14,03	39,08	15,00	49,28	300.225 (F)	[PC]
701	28,00	42,00	30,00	16,49	14,30	47,04	18,82	54,84	272.499 (F)	[A2M2]
702	28,00	42,00	30,00	16,49	14,30	47,04	18,82	54,84	272.499 (F)	[PC]
703	26,00	42,00	30,00	15,15	14,03	39,08	15,00	49,28	304.678 (F)	[PC]
704	26,00	42,00	30,00	15,15	14,03	39,08	15,00	49,28	304.678 (F)	[A2M2]
705	44,00	48,00	30,00	45,05	18,02	63,92	25,57	24,13	173.180 (F)	[A2M2]
706	44,00	48,00	30,00	45,05	18,02	63,92	25,57	24,13	173.180 (F)	[PC]
707	50,00	50,00	30,00	50,00	20,00	70,69	28,28	32,03	164.910 (F)	[PC]
708	50,00	50,00	30,00	50,00	20,00	70,69	28,28	32,03	164.910 (F)	[A2M2]
709	56,00	52,00	30,00	55,04	22,02	77,38	30,95	40,61	152.419 (F)	[PC]
710	56,00	52,00	30,00	55,04	22,02	77,38	30,95	40,61	152.419 (F)	[A2M2]
711	44,00	48,00	30,00	45,05	18,02	63,92	25,57	24,13	189.514 (F)	[A2M2]
712	44,00	48,00	30,00	45,05	18,02	63,92	25,57	24,13	189.514 (F)	[PC]
713	50,00	50,00	30,00	50,00	20,00	70,69	28,28	32,03	180.447 (F)	[A2M2]
714	50,00	50,00	30,00	50,00	20,00	70,69	28,28	32,03	180.447 (F)	[PC]
715	56,00	52,00	30,00	55,04	22,02	77,38	30,95	40,61	166.740 (F)	[A2M2]
716	56,00	52,00	30,00	55,04	22,02	77,38	30,95	40,61	166.740 (F)	[PC]
717	54,00	52,00	30,00	55,05	22,02	73,92	29,57	24,13	210.048 (F)	[PC]
718	54,00	52,00	30,00	55,05	22,02	73,92	29,57	24,13	210.048 (F)	[A2M2]
719	42,00	48,00	30,00	45,52	18,21	60,00	24,00	10,74	257.716 (F)	[PC]
720	42,00	48,00	30,00	45,52	18,21	60,00	24,00	10,74	257.716 (F)	[A2M2]
721	48,00	50,00	30,00	50,20	20,08	67,04	26,82	17,00	239.262 (F)	[PC]
722	48,00	50,00	30,00	50,20	20,08	67,04	26,82	17,00	239.262 (F)	[A2M2]
723	54,00	52,00	30,00	55,05	22,02	73,92	29,57	24,13	229.979 (F)	[A2M2]
724	54,00	52,00	30,00	55,05	22,02	73,92	29,57	24,13	229.979 (F)	[PC]
725	42,00	48,00	30,00	45,52	18,21	60,00	24,00	10,74	282.265 (F)	[PC]
726	42,00	48,00	30,00	45,52	18,21	60,00	24,00	10,74	282.265 (F)	[A2M2]
727	48,00	50,00	30,00	50,20	20,08	67,04	26,82	17,00	262.034 (F)	[A2M2]
728	48,00	50,00	30,00	50,20	20,08	67,04	26,82	17,00	262.034 (F)	[PC]
729	58,00	54,00	30,00	60,20	24,08	77,04	30,82	17,00	261.836 (F)	[PC]
730	58,00	54,00	30,00	60,20	24,08	77,04	30,82	17,00	261.836 (F)	[A2M2]
731	58,00	54,00	30,00	60,20	24,08	77,04	30,82	17,00	286.807 (F)	[A2M2]
732	58,00	54,00	30,00	60,20	24,08	77,04	30,82	17,00	286.807 (F)	[PC]
733	20,00	44,00	30,00	16,21	14,24	27,68	15,00	7,18	314.957 (F)	[A2M2]
734	20,00	44,00	30,00	16,21	14,24	27,68	15,00	7,18	314.957 (F)	[PC]
735	20,00	44,00	30,00	16,21	14,24	27,68	15,00	7,18	325.851 (F)	[PC]
736	20,00	44,00	30,00	16,21	14,24	27,68	15,00	7,18	325.851 (F)	[A2M2]
737	22,00	44,00	30,00	17,05	14,41	29,68	15,00	8,53	339.240 (F)	[PC]
738	22,00	44,00	30,00	17,05	14,41	29,68	15,00	8,53	339.240 (F)	[A2M2]
739	22,00	44,00	30,00	17,05	14,41	29,68	15,00	8,53	346.535 (F)	[A2M2]
740	22,00	44,00	30,00	17,05	14,41	29,68	15,00	8,53	346.535 (F)	[PC]
741	52,00	52,00	30,00	55,52	22,21	70,00	28,00	10,74	350.994 (F)	[PC]
742	52,00	52,00	30,00	55,52	22,21	70,00	28,00	10,74	350.994 (F)	[A2M2]
743	24,00	44,00	30,00	18,02	14,60	31,68	15,00	9,51	376.558 (F)	[A2M2]
744	24,00	44,00	30,00	18,02	14,60	31,68	15,00	9,51	376.558 (F)	[PC]
745	24,00	44,00	30,00	18,02	14,60	31,68	15,00	9,51	379.767 (F)	[PC]
746	24,00	44,00	30,00	18,02	14,60	31,68	15,00	9,51	379.767 (F)	[A2M2]
747	52,00	52,00	30,00	55,52	22,21	70,00	28,00	10,74	384.639 (F)	[PC]
748	52,00	52,00	30,00	55,52	22,21	70,00	28,00	10,74	384.639 (F)	[A2M2]
749	26,00	44,00	30,00	19,06	14,81	33,68	15,00	10,09	418.219 (F)	[PC]
750	26,00	44,00	30,00	19,06	14,81	33,68	15,00	10,09	418.219 (F)	[A2M2]
751	26,00	44,00	30,00	19,06	14,81	33,68	15,00	10,09	418.981 (F)	[PC]
752	26,00	44,00	30,00	19,06	14,81	33,68	15,00	10,09	418.981 (F)	[A2M2]

753	46,00	50,00	30,00	51,09	20,43	62,71	25,08	5,51	476.216 (F)	[A2M2]
754	46,00	50,00	30,00	51,09	20,43	62,71	25,08	5,51	476.216 (F)	[PC]
755	46,00	50,00	30,00	51,09	20,43	62,71	25,08	5,51	522.038 (F)	[PC]
756	46,00	50,00	30,00	51,09	20,43	62,71	25,08	5,51	522.038 (F)	[A2M2]
757	56,00	54,00	30,00	61,09	24,43	72,71	29,08	5,51	540.593 (F)	[PC]
758	56,00	54,00	30,00	61,09	24,43	72,71	29,08	5,51	540.593 (F)	[A2M2]
759	56,00	54,00	30,00	61,09	24,43	72,71	29,08	5,51	592.683 (F)	[A2M2]
760	56,00	54,00	30,00	61,09	24,43	72,71	29,08	5,51	592.683 (F)	[PC]

Analisi della superficie critica

Simbologia adottata

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

N°	numero d'ordine della striscia
X _s	ascissa sinistra della striscia espressa in m
Y _{ss}	ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
Y _{si}	ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
X _g	ascissa del baricentro della striscia espressa in m
Y _g	ordinata del baricentro della striscia espressa in m
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
φ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
L	sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
W	peso della striscia espresso in kg
Q	carico applicato sulla striscia espresso in kg
N	sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
T	sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
U	pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
E _s , E _d	forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
X _s , X _d	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
ID	Indice della superficie interessata dall'intervento
m _b	parametro del legame non-lineare di Hoek-Brown
s	parametro del legame non-lineare di Hoek-Brown
a	parametro del legame non-lineare di Hoek-Brown
σ _{ci}	resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta kg/cmq
σ _{cm}	parametro del legame non-lineare di Hoek-Brown kg/cmq
H	altezza media pendio m
σ _{3max}	parametro del legame non-lineare di Hoek-Brown kg/cmq

Analisi della superficie 25 - valori caratteristici e sisma verso il basso

Numero di strisce	20	
Coordinate del centro	X[m]= 58,00	Y[m]= 30,00
Raggio del cerchio	R[m]= 30,00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X _v [m]= 32,02	Y _v [m]= 15,00
Intersezione a monte con il profilo topografico	X _m [m]= 87,58	Y _m [m]= 35,03
Coefficiente di sicurezza	C _s = 36,676	

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X _s	Y _{ss}	Y _{si}	X _d	Y _{ds}	Y _{di}	X _g	Y _g	L	α	φ	c
1	32,02	15,00	15,00	34,68	15,00	11,13	33,79	13,71	4,70	-55,51	64,56	14,76
2	34,68	15,00	11,13	37,34	15,00	8,25	36,13	12,28	3,92	-47,27	62,89	23,40
3	37,34	15,00	8,25	40,00	15,00	6,00	38,73	11,04	3,48	-40,20	62,56	23,42
4	40,00	15,00	6,00	42,50	16,50	4,31	41,31	10,45	3,02	-33,99	62,24	23,46
5	42,50	16,50	4,31	45,00	18,00	2,96	43,79	10,45	2,84	-28,39	61,90	23,50
6	45,00	18,00	2,96	48,00	19,20	1,72	46,54	10,47	3,25	-22,58	61,62	23,55
7	48,00	19,20	1,72	50,83	20,33	0,87	49,44	10,53	2,95	-16,65	61,40	23,60
8	50,83	20,33	0,87	53,65	21,46	0,32	52,26	10,75	2,88	-11,08	61,22	23,64
9	53,65	21,46	0,32	56,48	22,59	0,04	55,08	11,10	2,84	-5,62	61,08	23,68
10	56,48	22,59	0,04	59,31	23,72	0,03	57,91	11,60	2,83	-0,20	60,96	23,71
11	59,31	23,72	0,03	62,13	24,85	0,29	60,73	12,22	2,84	5,21	60,87	23,73
12	62,13	24,85	0,29	64,96	25,98	0,82	63,55	12,99	2,88	10,67	60,80	23,75
13	64,96	25,98	0,82	67,79	27,12	1,64	66,38	13,89	2,94	16,23	60,76	23,77
14	67,79	27,12	1,64	70,61	28,25	2,78	69,20	14,95	3,05	21,95	60,75	23,77
15	70,61	28,25	2,78	73,44	29,38	4,28	72,02	16,17	3,20	27,92	60,77	23,76
16	73,44	29,38	4,28	76,27	30,51	6,20	74,85	17,59	3,42	34,25	60,82	23,75
17	76,27	30,51	6,20	79,09	31,64	8,67	77,67	19,25	3,75	41,10	60,91	23,72
18	79,09	31,64	8,67	81,92	32,77	11,90	80,49	21,23	4,29	48,78	61,07	23,68
19	81,92	32,77	11,90	84,75	33,90	16,42	83,29	23,70	5,33	57,98	61,33	23,62
20	84,75	33,90	16,42	87,58	35,03	24,97	86,03	27,36	9,01	71,71	61,88	23,51

N°	m _b	s	a	σ _{ci}	σ _{cm}	H	σ _{3max}
1	2,493	0,0075298	0,504	714,00	154,64	18,57	0,588
2	2,493	0,0075298	0,504	714,00	154,64	18,57	1,473
3	2,493	0,0075298	0,504	714,00	154,64	18,57	2,108

4	2,493	0,0075298	0,504	714,00	154,64	18,57	2,761
5	2,493	0,0075298	0,504	714,00	154,64	18,57	3,469
6	2,493	0,0075298	0,504	714,00	154,64	18,57	4,078
7	2,493	0,0075298	0,504	714,00	154,64	18,57	4,580
8	2,493	0,0075298	0,504	714,00	154,64	18,57	4,991
9	2,493	0,0075298	0,504	714,00	154,64	18,57	5,336
10	4,110	0,0356740	0,501	1000,00	301,56	18,57	5,966
11	4,110	0,0356740	0,501	1000,00	301,56	18,57	6,202
12	4,110	0,0356740	0,501	1000,00	301,56	18,57	6,374
13	4,110	0,0356740	0,501	1000,00	301,56	18,57	6,480
14	4,110	0,0356740	0,501	1000,00	301,56	18,57	6,515
15	4,110	0,0356740	0,501	1000,00	301,56	18,57	6,471
16	4,110	0,0356740	0,501	1000,00	301,56	18,57	6,335
17	4,110	0,0356740	0,501	1000,00	301,56	18,57	6,087
18	4,110	0,0356740	0,501	1000,00	301,56	18,57	5,683
19	4,110	0,0356740	0,501	1000,00	301,56	18,57	5,032
20	4,110	0,0356740	0,501	1000,00	301,56	18,57	3,723

Forze applicate sulle strisce [FELLENIUS]

N°	W	Q	N	T	U	E _s	E _d	X _s	X _d
1	10301	0	7211	19321	0	0	0	0	0
2	28263	0	22842	26234	0	0	0	0	0
3	41905	0	37207	24197	0	0	0	0	0
4	52964	0	50142	21881	0	0	0	0	0
5	68057	0	67393	21654	0	0	0	0	0
6	97564	0	100052	25916	0	0	0	0	0
7	104436	0	109712	24473	0	0	0	0	0
8	114784	0	122110	24630	0	0	0	0	0
9	123527	0	131818	24843	0	0	0	0	0
10	130734	0	138684	25085	0	0	0	0	0
11	136427	0	142572	25345	0	0	0	0	0
12	140586	0	143355	25625	0	0	0	0	0
13	143147	0	140911	25942	0	0	0	0	0
14	143993	0	135115	26331	0	0	0	0	0
15	142930	0	125834	26860	0	0	0	0	0
16	139648	0	112918	27657	0	0	0	0	0
17	133631	0	96176	28976	0	0	0	0	0
18	123931	0	75335	31415	0	0	0	0	0
19	108424	0	49859	36815	0	0	0	0	0
20	77860	0	16979	58607	0	0	0	0	0

PROVE GEOTECNICHE IN SITO

Nella presente perizia vengono riportate le elaborazioni relative all'esecuzione di 2 indagini penetrometriche dinamiche di tipo DPSH effettuate presso l'asilo comunale di Carapelle Calvisio (AQ).

La campagna di indagini è stata eseguita nel mese di Settembre 2015, su incarico del Geol. Silvio Tatoni.



Ubicazione delle Indagini (da google maps)

Report fotografico



DPSH 1



DPSH 2

PENETROMETRO DINAMICO IN USO : DPSH 73-75

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla Certificato	Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

CARATTERISTICHE TECNICHE : DPSH 73-75

MASSA BATTENTE	M = 73.00 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0.75 m
MASSA SISTEMA BATTUTA	Ms = 25.00 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 50.40 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20.0000 cm ²
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 60^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 0.90 m
MASSA ASTE PER METRO	Ma = 6.30 kg
PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA	P1 = 0.60 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0.30$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(30) \Rightarrow Relativo ad un avanzamento di 30 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
RENDIMENTO SPECIFICO x COLPO	Q = (MH)/(A δ) = 9.13 kg/cm ² (prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm ²)
COEFF.TEORICO RENDIMENTO	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 1.165$ (teoricamente : Nspt = β_t N)

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta [area A]
e = infissione per colpo = δ / N

M = massa battente (altezza caduta H)
P = massa totale aste e sistema battuta

UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm² = 0.098067 MPa \approx 0,1 MPa
1 MPa = 1 MN/m² = 10.197 kg/cm²
1 bar = 1.0197 kg/cm² = 0.1 MPa
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 1

- committente : Geol. Silvio Tatoni
- lavoro :
- località : Carapelle Calvisio (AQ)_Asilo

- data prova : 23/09/2015
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata

- note :

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s				M+s
1	0.00	3.30	N	16.5	11	20	13.7	2.5	14.0	19.0	16	1.17	19
			Rpd	97.4	71	122	84.0	16.8	80.6	114.1			
2	3.30	5.10	N	10.3	7	16	8.7	3.6	6.8	13.9	10	1.17	12
			Rpd	53.3	35	81	44.3	18.3	35.1	71.6			
3	5.10	6.00	N	63.7	32	100	47.8	----	----	----	64	1.17	75
			Rpd	308.0	155	484	231.4	----	----	----			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 30$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 1.17$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 1

n°	H1 H2		NATURA GRANULARE								NATURA COESIVA					Q	Litologia
			Nspt	Vs	G	Dr	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ed	Ysat	W	e		
1	0.00	3.30	19	125	117	48	32	228	1.98	1.58	1.19	114	2.01	25.5	0.687	4.72	
2	3.30	5.10	12	139	83	38	30	144	1.94	1.52	0.75	72	1.92	31.2	0.842	2.59	
3	5.10	6.00	75	201	322	94	44	900	2.20	1.93	4.69	450	2.69	0.3	0.008	15.48	

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno
Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm²) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm²) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA****DIN 1**

- committente : Geol. Silvio Tatoni
- lavoro :
- località : Carapelle Calvisio (AQ)_Asilo

- data prova : 23/09/2015
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta
0.00 - 0.30	11	70.7	1	3.00 - 3.30	16	88.3	4
0.30 - 0.60	19	122.1	1	3.30 - 3.60	13	68.5	5
0.60 - 0.90	15	91.4	2	3.60 - 3.90	10	52.7	5
0.90 - 1.20	20	121.8	2	3.90 - 4.20	9	47.4	5
1.20 - 1.50	19	115.8	2	4.20 - 4.50	7	35.3	6
1.50 - 1.80	17	98.5	3	4.50 - 4.80	7	35.3	6
1.80 - 2.10	17	98.5	3	4.80 - 5.10	16	80.7	6
2.10 - 2.40	17	98.5	3	5.10 - 5.40	32	154.8	7
2.40 - 2.70	15	82.8	4	5.40 - 5.70	59	285.4	7
2.70 - 3.00	15	82.8	4	5.70 - 6.00	100	483.8	7

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH 73-75**

- M (massa battente)= **73.00** kg - H (altezza caduta)= **0.75** m - A (area punta)= **20.0000** cm² - D(diam. punta)= **50.40** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**30**) [δ = 30 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

DIN 1

Scala 1: 50

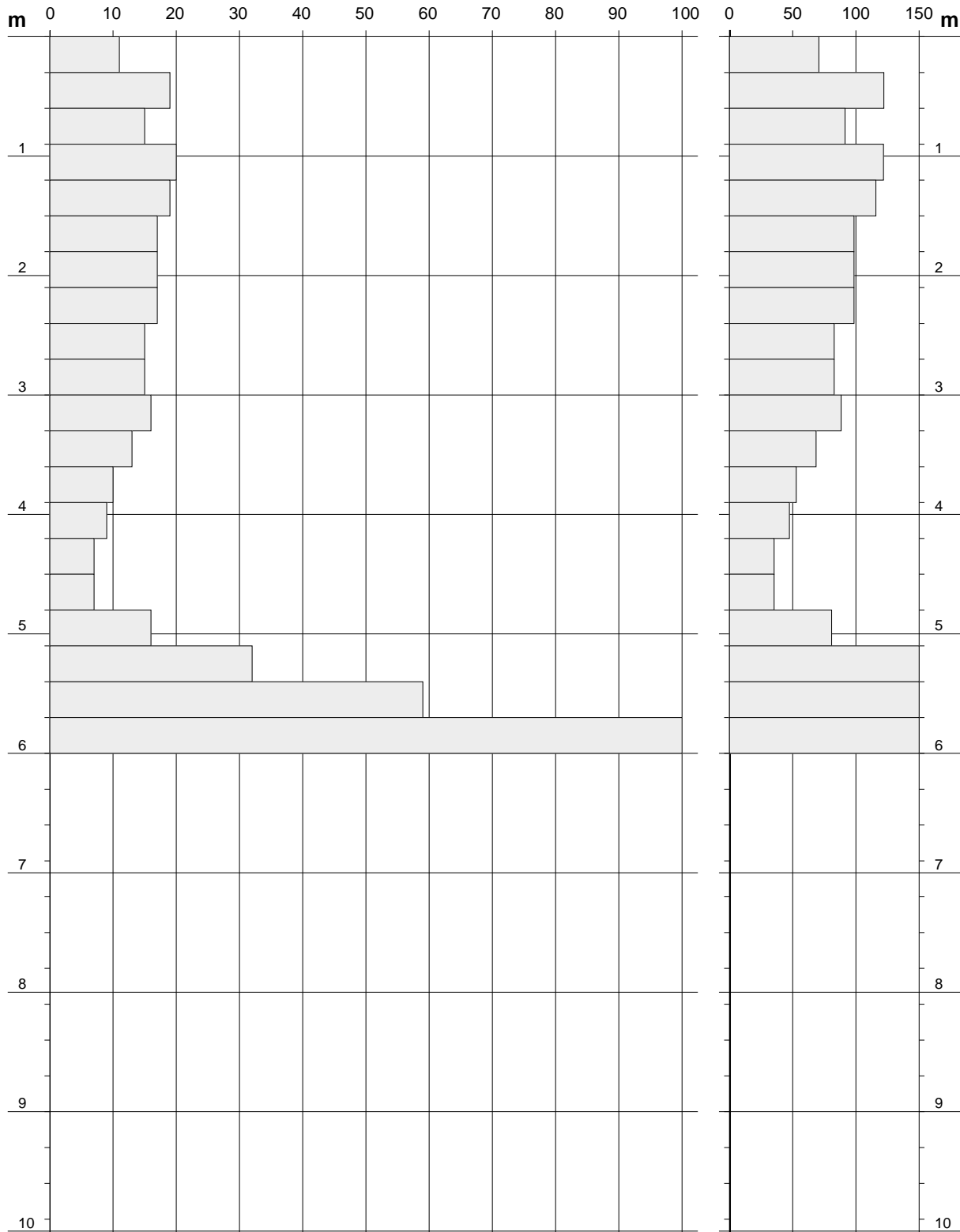
- committente : Geol. Silvio Tatoni
- lavoro :
- località : Carapelle Calvisio (AQ)_Asilo

- data prova : 23/09/2015
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata

- note :

N = N(30) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 30.00$ cm

Rpd (kg/cm²)



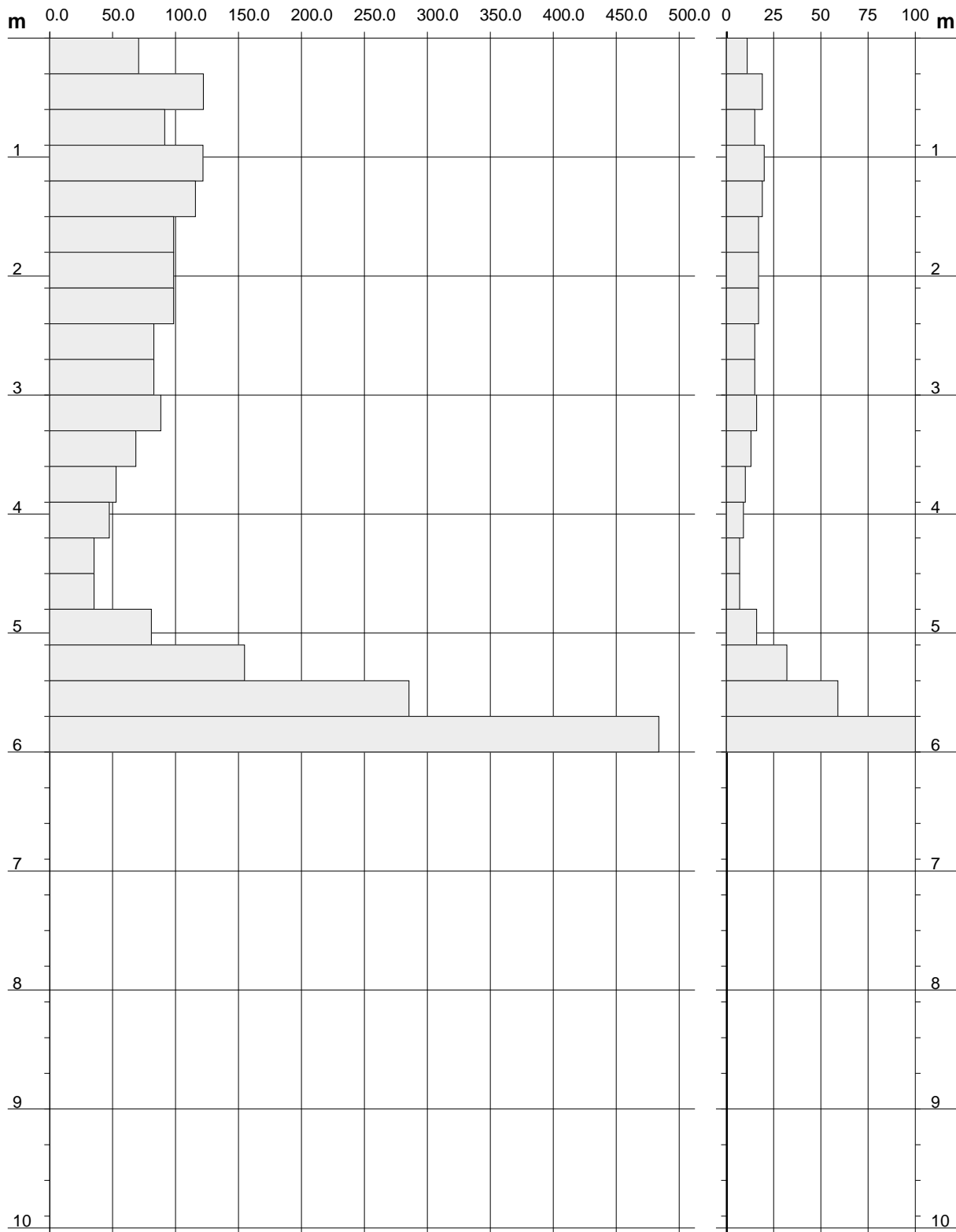
**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA**

DIN 1
Scala 1: 50

- committente : Geol. Silvio Tatoni
- lavoro :
- località : Carapelle Calvisio (AQ)_Asilo

- data prova : 23/09/2015
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata

Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese" N = N(30) n° colpi $\delta = 30.00$ cm



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 2

- committente : Geol. Silvio Tatoni
- lavoro :
- località : Carapelle Calvisio (AQ)_Asilo

- data prova : 23/09/2015
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : 3.00 m da quota inizio

- note :

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s				M+s
1	0.00	2.70	N	19.9	15	27	17.4	4.5	15.3	24.4	20	1.17	23
			Rpd	119.7	83	158	101.2	28.8	90.9	148.5			
2	2.70	7.20	N	2.1	1	3	1.6	0.7	1.4	2.9	2	1.17	2
			Rpd	10.7	5	17	7.8	4.1	6.6	14.8			
3	7.20	8.10	N	16.7	12	21	14.3	----	----	----	17	1.17	20
			Rpd	73.3	54	90	63.5	----	----	----			
4	8.10	10.20	N	68.3	41	100	54.6	20.5	47.8	88.7	68	1.17	79
			Rpd	281.8	177	401	229.2	77.0	204.9	358.8			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 30$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 1.17$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 2

n°	H1 H2		NATURA GRANULARE								NATURA COESIVA					Q	Litologia
			Nspt	Vs	G	Dr	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ed	Ysat	W	e		
1	0.00	2.70	23	125	134	54	33	276	2.01	1.62	1.44	138	2.06	22.6	0.610	6.02	
2	2.70	7.20	2	105	22	7	26	24	1.85	1.36	0.13	12	1.75	46.9	1.267	0.51	
3	7.20	8.10	20	170	121	50	33	240	1.99	1.59	1.25	120	2.02	24.7	0.667	3.73	
4	8.10	10.20	79	223	335	95	44	948	2.21	1.95	4.94	474	2.73	---	---	14.03	

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno
Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm²) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm²) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA****DIN 2**

- committente : Geol. Silvio Tatoni
 - lavoro :
 - località : Carapelle Calvisio (AQ)_Asilo

- data prova : 23/09/2015
 - quota inizio : Piano campagna
 - prof. falda : 3.00 m da quota inizio

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta
0.00 - 0.30	22	141.4	1	5.10 - 5.40	1	4.8	7
0.30 - 0.60	17	109.2	1	5.40 - 5.70	2	9.7	7
0.60 - 0.90	18	109.7	2	5.70 - 6.00	1	4.8	7
0.90 - 1.20	22	134.0	2	6.00 - 6.30	2	9.3	8
1.20 - 1.50	26	158.4	2	6.30 - 6.60	2	9.3	8
1.50 - 1.80	27	156.4	3	6.60 - 6.90	2	9.3	8
1.80 - 2.10	17	98.5	3	6.90 - 7.20	3	13.4	9
2.10 - 2.40	15	86.9	3	7.20 - 7.50	12	53.6	9
2.40 - 2.70	15	82.8	4	7.50 - 7.80	17	76.0	9
2.70 - 3.00	3	16.6	4	7.80 - 8.10	21	90.4	10
3.00 - 3.30	3	16.6	4	8.10 - 8.40	41	176.5	10
3.30 - 3.60	3	15.8	5	8.40 - 8.70	51	219.6	10
3.60 - 3.90	3	15.8	5	8.70 - 9.00	59	245.1	11
3.90 - 4.20	1	5.3	5	9.00 - 9.30	67	278.3	11
4.20 - 4.50	2	10.1	6	9.30 - 9.60	73	303.2	11
4.50 - 4.80	2	10.1	6	9.60 - 9.90	87	349.0	12
4.80 - 5.10	2	10.1	6	9.90 - 10.20	100	401.2	12

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH 73-75**- M (massa battente)= **73.00** kg - H (altezza caduta)= **0.75** m - A (area punta)= **20.0000** cm² - D(diam. punta)= **50.40** mm- Numero Colpi Punta N = N(**30**) [δ = 30 cm]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 2

Scala 1: 100

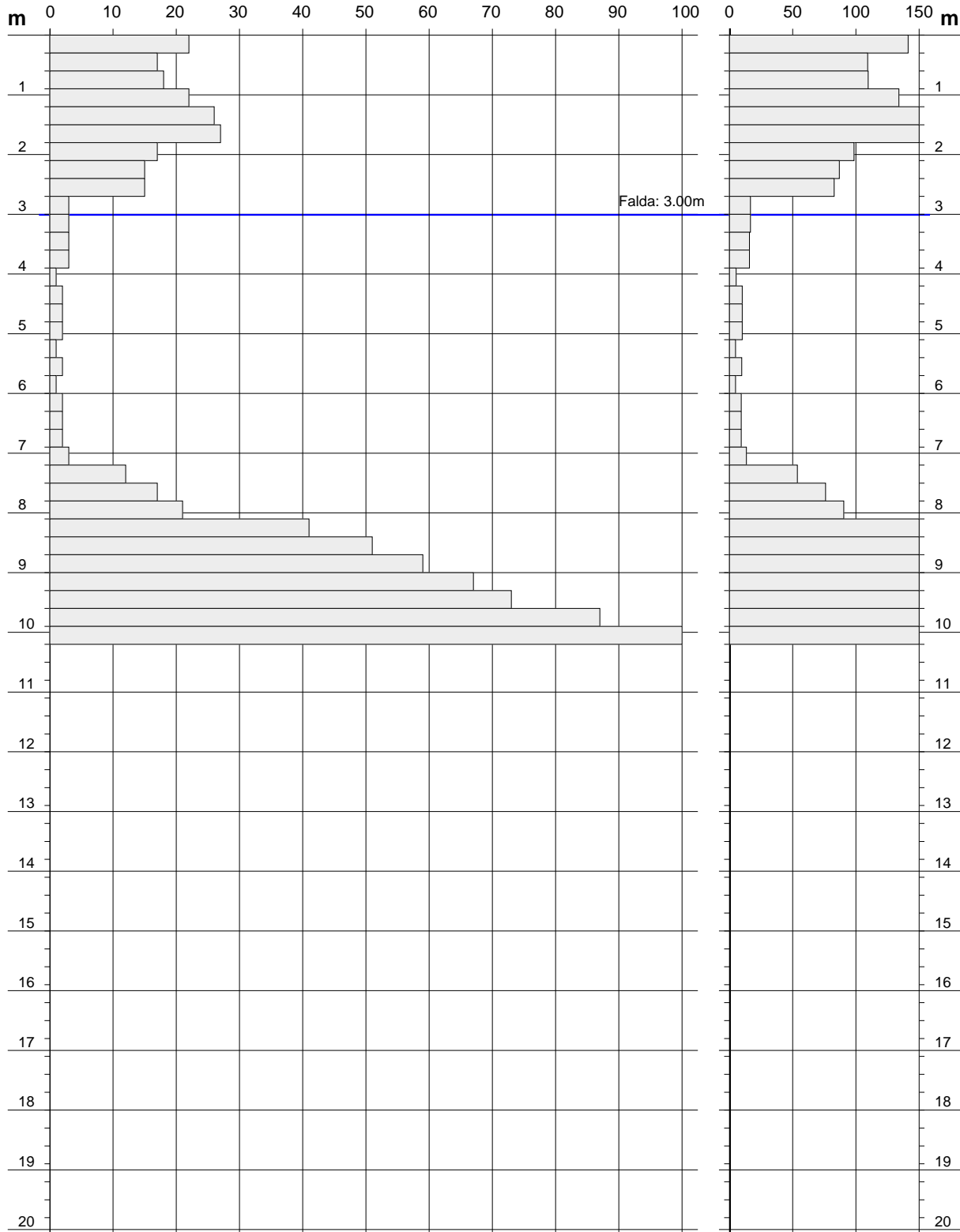
- committente : Geol. Silvio Tatoni
- lavoro :
- località : Carapelle Calvisio (AQ)_Asilo

- data prova : 23/09/2015
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : 3.00 m da quota inizio

- note :

N = N(30) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 30.00$ cm

Rpd (kg/cm²)



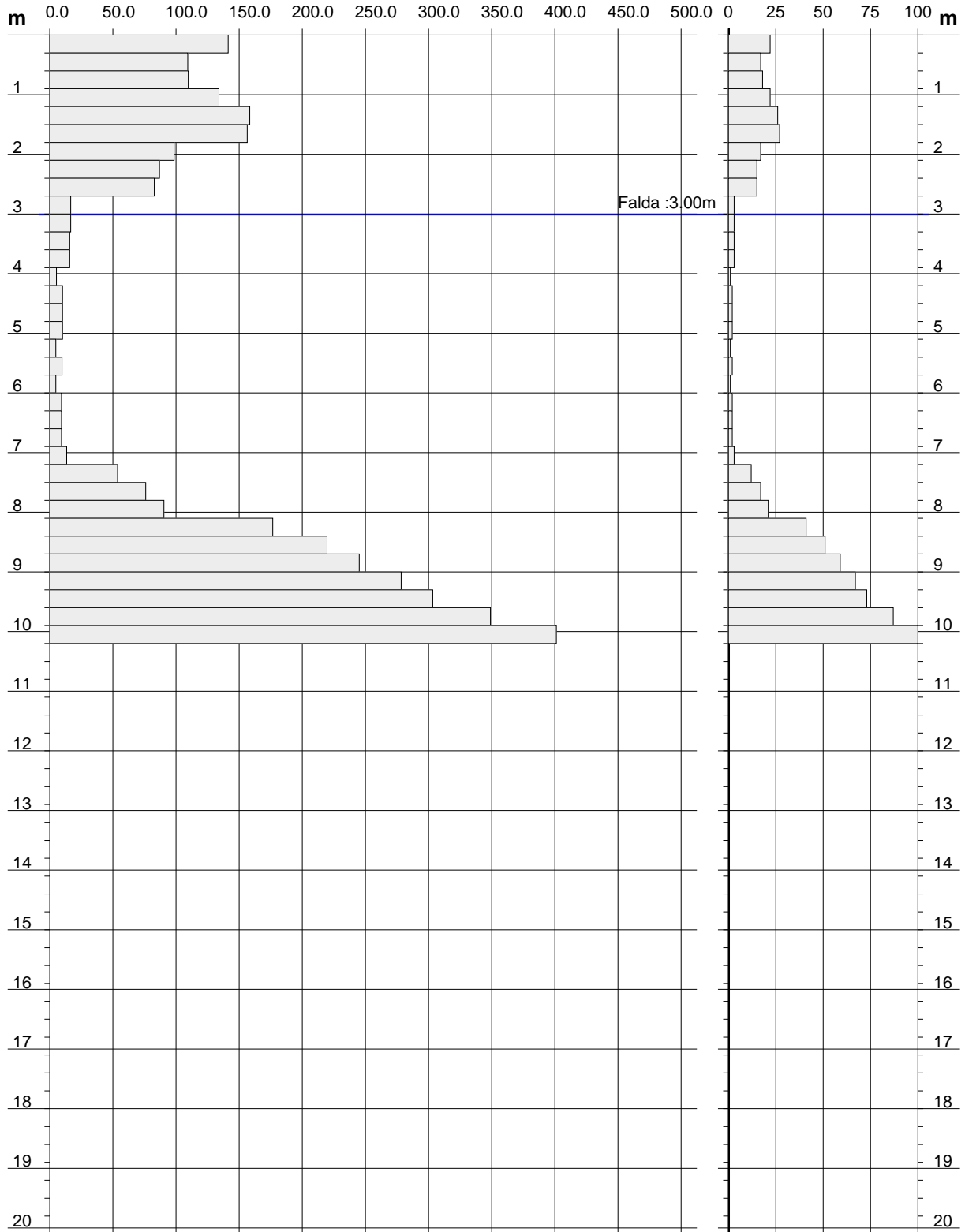
**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA**

DIN 2
Scala 1: 100

- committente : Geol. Silvio Tatoni
- lavoro :
- località : Carapelle Calvisio (AQ)_Asilo

- data prova : 23/09/2015
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : 3.00 m da quota inizio

Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese" N = N(30) n° colpi $\delta = 30.00$ cm



INDICE

- 1. Introduzione**
- 2. Metodologie d'indagine e strumentazioni utilizzate**
- 3. Sismica in metodologia MASW e MAM**
 - 3.1 Cenni teorici sul metodo
 - 3.2 Modalità di acquisizione
 - 3.3 Elaborazione dati MASW
- 4. Sismica in metodologia rifrazione**
 - 4.1 Cenni teorici sul metodo
 - 4.2 Modalità di acquisizione
- 5. Elaborazione dati**

1. INTRODUZIONE

Nella presente relazione vengono riportate le elaborazioni ed i risultati ottenuti dall'esecuzione di un indagine sismica con la metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) e rifrazioni in onde P effettuate presso l'asilo comunale del Comune di Carapelle Calvisio (AQ). La campagna di indagini è stata eseguita nel mese di Settembre 2015, su incarico del Geol. Silvio Tatoni.

Scopo delle indagini è stato quello di calcolare, per le aree in oggetto, il parametro V_s30 con cui classificarne sismicamente il suolo ai fini della normativa tesa a garantire un adeguato livello di protezione antisismica delle costruzioni (O.P.C.M. 3274 e successive modificazioni; D.M. 14.01.2008), desumendolo dall'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità e la stratigrafia sismica apicale. Le prove sono state effettuate seguendo le linee guida proposte dalla Associazione delle Società Di Geofisica, ASG, di cui la Geo Logica s.n.c. è membro, e comunque in accordo con le norme riportate.

Nelle pagine seguenti saranno descritte le caratteristiche della metodologia d'indagine, le modalità d'esecuzione delle misure sperimentali e l'interpretazione geofisica delle stesse.



Fig. 1 – Ubicazione dello stendimento sismico MASW su foto aerea (Google Maps).



★=punto di scoppio

Fig. 2 – Ubicazione dello stendimento sismico in rifrazione di onde P effettuato (Google Maps).

2. METODOLOGIE D'INDAGINE E STRUMENTAZIONI UTILIZZATE

E' stata effettuata un indagine sismica con metodologia Masw e rifrazione in onde P.
L'ubicazione delle prove effettuate è riportata nell'introduzione.

NORMA DI RIFERIMENTO:

Eurocodice 7,8; O.P.C.M. 3274; NTC 14-01-08

STRUMENTAZIONE:

Sismografo Geode Geometrics, set di geofoni Geostuff 4,5 Hz

SOFTWARE DI ANALISI:

Seisimager SW

OPERATORI:

Geol. Stefano Maselli; Geol. Dario Tulli

ELABORAZIONE ED ANALISI DEI DATI:

Geol. Luca Colantuono; Geol. Antonio Baliva



Fig. 3 -Strumenti utilizzati per le indagini.

3. SISMICA IN METODOLOGIA MASW E MAM

3.1 CENNI TEORICI SUL METODO

Le prove MASW e MAM permettono di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh e sono state messe a punto negli ultimi decenni.

Le onde di Rayleigh sono polarizzate in un piano verticale (Fig. 4) e si generano in corrispondenza della superficie libera del mezzo quando viene sollecitato meccanicamente.



Fig. 4 – Schema di propagazione delle onde superficiali di Rayleigh.

In questo tipo di onde le particelle descrivono un movimento di tipo ellittico in senso retrogrado rispetto alla direzione di propagazione delle onde stesse e la cui ampiezza decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera.

Le onde superficiali di Rayleigh, quando si propagano in un mezzo omogeneo, non presentano dispersione e la loro velocità è uguale a $0.92V_s$; in un mezzo disomogeneo, quale i litotipi della superficie terrestre, la loro velocità varia in funzione della lunghezza d'onda tra i limiti 0 e $0.92V_s$.

I metodi basati sull'analisi delle onde superficiali di Rayleigh hanno una buona risoluzione e non sono limitati dalla presenza di inversioni di velocità in profondità come avviene nel metodo a rifrazione.

La propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla V_p e dalla densità, è funzione soprattutto della V_s , parametro di fondamentale importanza per la caratterizzazione geotecnica di un sito secondo quanto previsto dall'O.P.C.M. 3274/03.

Dall'analisi della curva di dispersione delle onde di Rayleigh (variazione della loro velocità di fase in funzione della lunghezza d'onda o della frequenza) è possibile, tramite il processo d'inversione (Fig. 5), determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità.

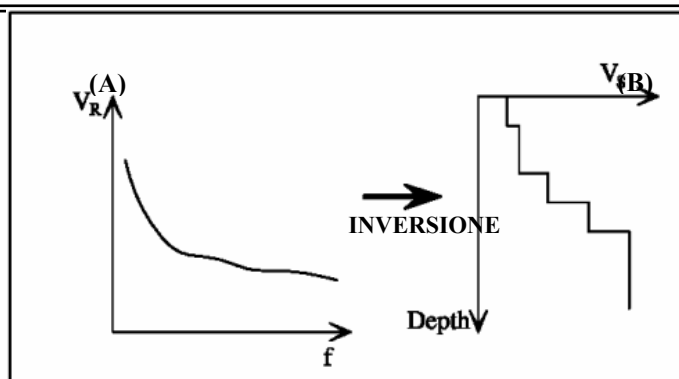


Fig. 5– Velocità delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza (A) e profilo di velocità delle onde di taglio in funzione della profondità (B) ricavato tramite inversione.

La velocità delle onde di Rayleigh (V_R) è pari a circa il 90% delle onde di taglio (V_s) e hanno un grado di incertezza nella determinazione della $V_s < 20\%$.

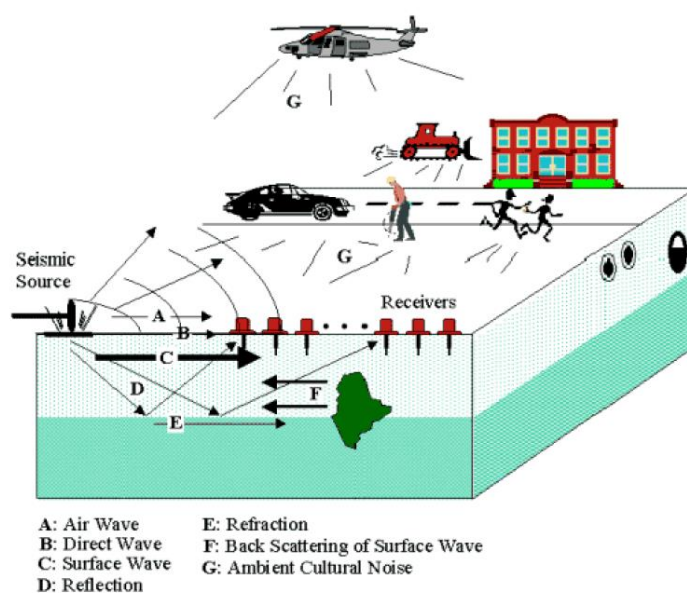


Fig.6 – Schema delle possibili sorgenti di onde sismiche nel suolo e loro tipologia.

Il metodo di indagine sismico MASW è caratterizzato da un tipo di acquisizione “attivo”, le onde superficiali vengono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da geofoni posti a distanze regolari l’uno dall’altro (distanza intergeofonica).

La tecnica MASW, indagando bande spettrali con frequenze elevate, fornisce informazioni sulla parte più superficiale del sottosuolo nel sito indagato.

L’acquisizione in tecnica MASW consente di ottenere uno spettro nella banda di frequenze maggiori di 4,5 Hz e permette una ricostruzione dell’andamento della velocità delle onde di taglio con le profondità.

3.2 MODALITA' DI ACQUISIZIONE

L'acquisizione dei dati in campagna in metodologia MASW è stata eseguita utilizzando un sistema composto dalle seguenti parti (fig. 3):

a) Sismografo:

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un sismografo GEODE Geometrics a 24 canali, gestito da un computer portatile, con le seguenti caratteristiche:

PARAMETRI TECNICI:

- 24 bit di risoluzione
- Larghezza di banda (1.75 Hz – 20000 Hz)
- Intervallo di campionamento da 0.02 ms.
- Range dinamico di sistema 144 dB
- 16000 campioni per traccia
- Accuratezza del trigger 1/32 del passo di campionamento

b) Sistema energizzante:

Come sorgente energizzante nell'acquisizione MASW è stata utilizzata una mazza del peso di 10 Kg, battente su una piastra metallica.

c) Trigger:

Nell'acquisizione MASW il trigger utilizzato consiste in un circuito elettrico che viene chiuso mediante un geofono starter nell'istante in cui il sistema energizzante colpisce la base di battuta determinando l'inizio della registrazione.

d) Sistema di ricezione:

Per la ricezione delle onde superficiali, in entrambe le prospezioni sismiche, sono stati utilizzati 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4.5 Hz.

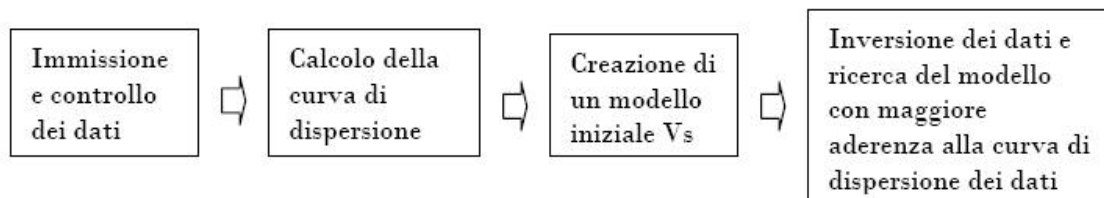
3.3. ELABORAZIONE DATI MASW

L'energia delle onde superficiali decade esponenzialmente con la profondità.

Le onde più lunghe (periodo lungo e basse frequenze) viaggiano più in profondità dando informazioni sulle velocità delle strutture più profonde, mentre le onde più corte (periodo corto e più alte frequenze) viaggiano più in superficie dando informazioni più dettagliate sulle strutture più apicali.

Il risultato finale della fase di acquisizione con la metodica MASW è costituito da una serie di files in formato SEG-2; la qualità del segnale durante l'acquisizione è stata tenuta sotto controllo con un'analisi visuale delle registrazioni.

Successivamente i dati MASW sono stati processati separatamente mediante un software specifico, il SeisImager/SW, secondo il seguente schema di flusso:



La curva di dispersione ottenuta dalla elaborazione dei dati ha mostrato il tipico contenuto in frequenze per le acquisizioni MASW.

La curva così ottenuta è stata utilizzata per generare un modello iniziale delle Vs da sottoporre ad inversione per ottenere il valore del Vs30 ai fini dell'O.P.C.M. 3274 e del D.M. 14.01.2008.

Il dato finale, evidenziato di seguito (fig.7), è stato ottenuto sottoponendo il nuovo modello iniziale combinato mediante iterazioni di calcolo per la ricerca della migliore aderenza alla curva di dispersione dei dati.

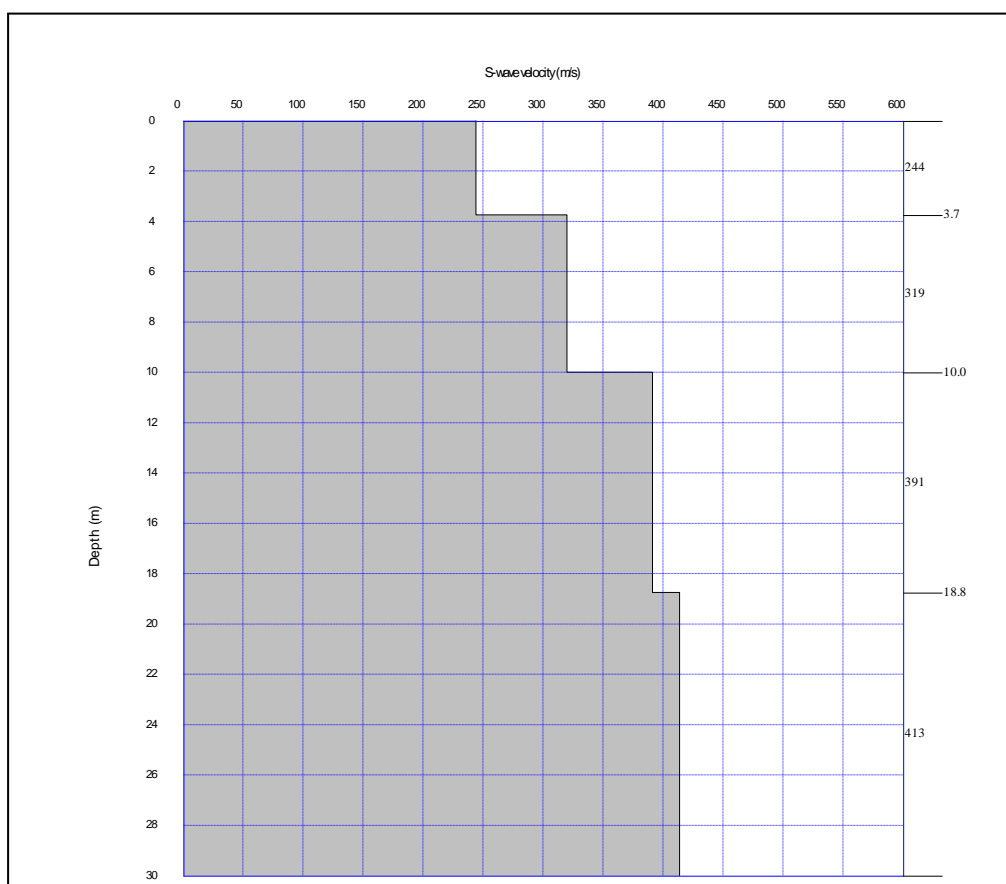


Fig. 7 – Variazioni delle onde di taglio Vs con la profondità.

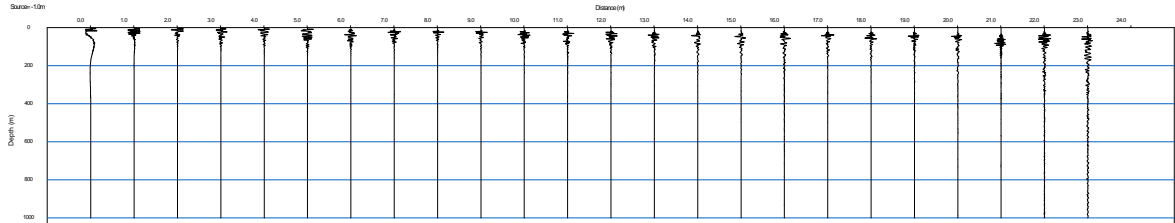
In tabella 1 sono riassunti per le stese sismiche effettuate le geometrie di acquisizione e i risultati ottenuti.

Sezione	Passo	Campionamento	Registrazione	Vs 30 media	Categoria di suolo
Masw 1	1.0	1ms	1sec	356	C

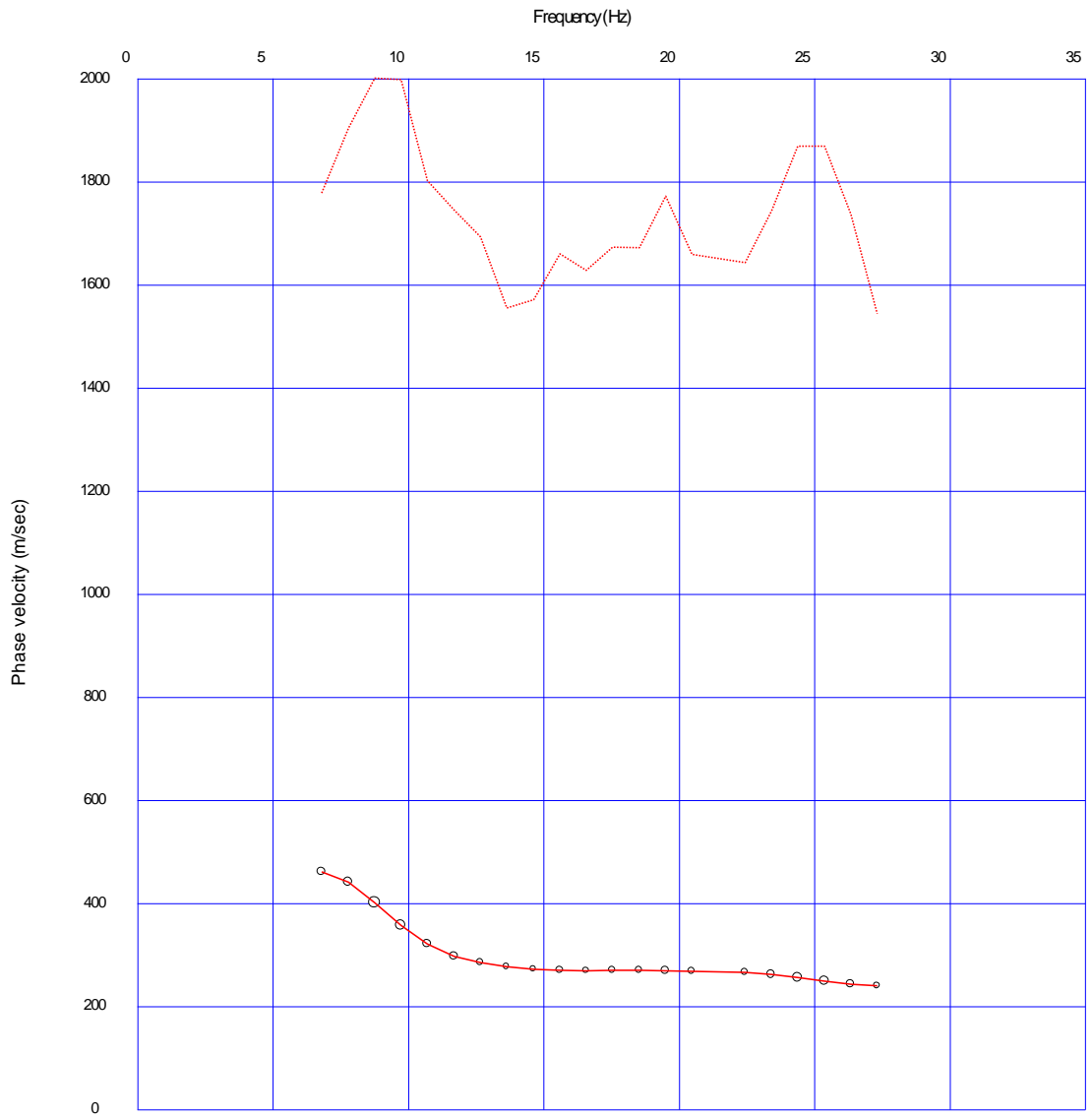
Tab. 1: risultanze elaborazione Masw

GRAFICI

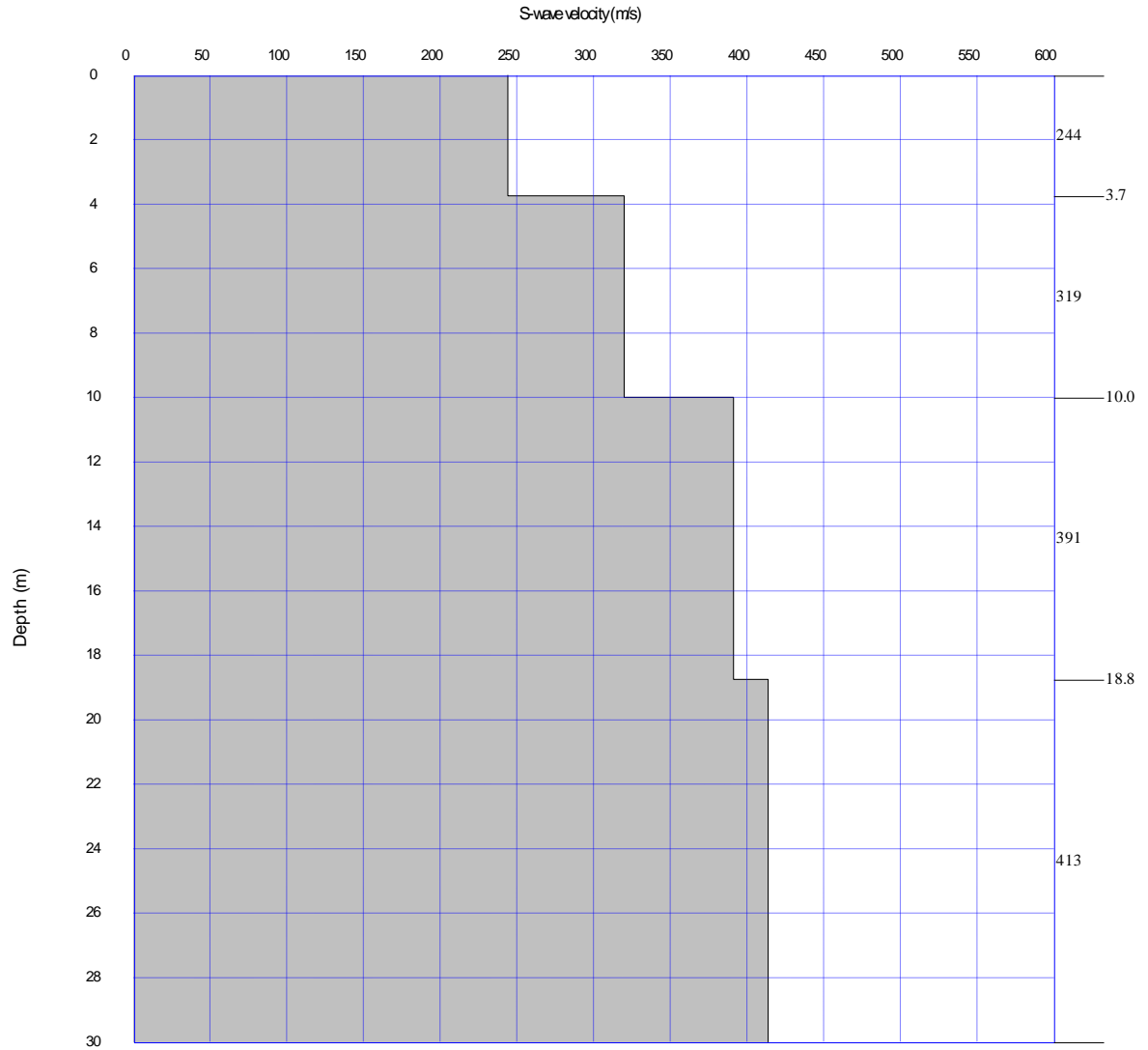
ACQUISIZIONE MASW



CURVA DI DISPERSIONE MASW



VARIAZIONE DELLE ONDE DI TAGLIO VS
CON LA PROFONDITÀ MASW 1



4. SISMICA IN METODOLOGIA A RIFRAZIONE

4.1 CENNI TEORICI SUL METODO

La prova sismica in rifrazione consiste nel produrre, sulla superficie del terreno, sollecitazioni orizzontale o verticali mediante una sorgente meccanica, e nello studiare il treno di onde, P e S, che si propagano all'interno del terreno con vibrazioni sia polarizzate nella direzione di propagazione (onde P), che dirette perpendicolarmente alla direzione di propagazione, polarizzate su un piano orizzontale (onde Sh).

In particolare si provvede alla misurazione del tempo necessario perché la perturbazione elastica (onde P ed S) causata nel terreno da un energizzatore venga rilevata da uno stendimento di sensori (geofoni) dopo aver percorso uno strato superficiale di terreno (onde dirette) e superfici di separazione fra strati più profondi e a velocità crescente verso il basso (onde rifratte).

Per quanto riguarda le onde longitudinali P (Fig. 8), esse si propagano per mezzo di oscillazioni delle particelle che costituiscono il mezzo attraversato nella stessa direzione della propagazione dell'onda. Conseguentemente, il mezzo sarà soggetto principalmente a sforzi di compressione e dilatazione e la velocità dell'onda sarà anche funzione del modulo di incompressibilità (k), che esprime la resistenza del mezzo a questo tipo di sforzo, oltre che del suo modulo di rigidità (μ) e della sua densità (ρ):

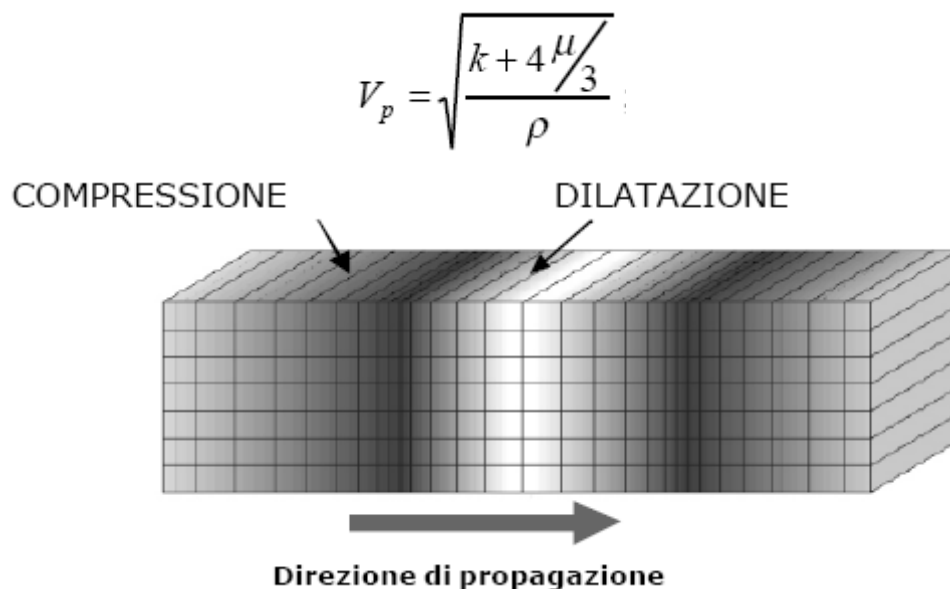


Fig. 8 – Rappresentazione schematica del movimento delle particelle dovuto alla propagazione delle onde longitudinali P.

Al contrario delle precedenti le onde trasversali S (Fig. 9) si propagano mediante oscillazioni delle particelle del mezzo perpendicolarmente alla direzione di propagazione dell'onda. Come conseguenza di questo, il mezzo sarà soggetto a sforzi di taglio e la velocità delle onde sarà funzione della resistenza del mezzo a questo tipo di sforzo, che è espressa dal modulo di rigidità (μ) detto anche modulo di Taglio (G):

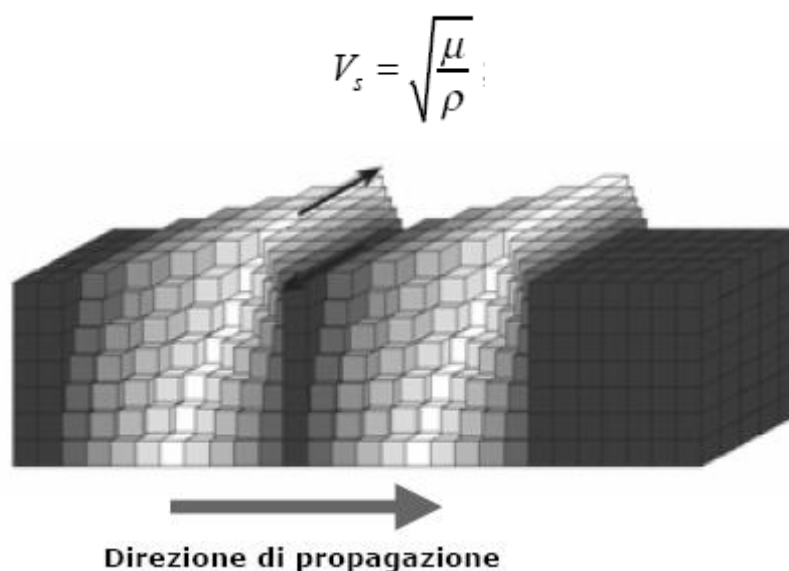


Fig. 9 – Rappresentazione schematica del movimento delle particelle dovuto alla propagazione delle onde di trasversali S.

Le onde sismiche P sono caratterizzate dal solo trasferimento di energia e durante uno sforzo impulsivo si generano contemporaneamente ma si propagano con velocità differenti. Attraverso l'analisi dei tempi di percorrenza delle onde di compressione (P) e di taglio (S) e quindi delle loro velocità, si può risalire alla disposizione geometrica e alle caratteristiche elasto-meccaniche dei litotipi presenti nel sito oggetto della prospezione.

Nel nostro caso, essendo lo scopo delle indagini finalizzato alla sola sismostratigrafia, si è operata una prospezione sismica relativa solo alle onde longitudinali P.

4.2 MODALITA' DI ACQUISIZIONE

L'acquisizione dei dati in campagna è stata eseguita utilizzando un sistema composto dalle seguenti parti (Fig. 3):

b) Sismografo:

Per l'acquisizione dei dati della prova in sismica a rifrazione è stato utilizzato un sismografo GEODE Geometrics a 24 canali, gestito da un computer portatile, con le seguenti caratteristiche:

PARAMETRI TECNICI:

- 24 bit di risoluzione
- Larghezza di banda (1.75 Hz – 20000 Hz)
- Intervallo di campionamento da 0.02 ms.
- Range dinamico di sistema 144 dB
- 16000 campioni per traccia
- Accuratezza del trigger 1/32 del passo di campionamento

b) Sistema energizzante:

Come sorgente energizzante è stata utilizzata una mazza del peso di 10 Kg battente su una piastra metallica per la produzione di onde P.

c) Trigger:

Il trigger utilizzato consiste in un circuito elettrico che viene chiuso mediante un geofono starter nell'istante in cui il sistema energizzante raggiunge il *target* di battuta determinando l'inizio della registrazione.

d) Sistema di ricezione:

Per la ricezione delle onde P lungo lo stendimento sismico sono stati utilizzati 24 geofoni verticali con frequenza propria di 14 Hz.

Lo stendimento sismico è stato disposto sul terreno come array lineare di 24 geofoni con distanza intergeofonica pari rispettivamente a 1.0 m (Tab. 2).

Per lo stendimento sono state eseguite acquisizioni di onde P (colpendo la piastra metallica di 20 cm di diametro) in 7 punti di energizzazione (scoppi) avendo cura di scartare eventuali registrazioni poco chiare o disturbate.

Profili sismici a rifrazione in onde P	P 1
N° canali di registrazione	24
Distanza intergeofonica	1.0 m
Offset	4.5 m
Numero di scoppi	7
Tempo di acquisizione	250 ms
Tempo di campionamento	0.250 ms
Sistema energizzante	Massa battente

Tab. 2 – Caratteristiche delle acquisizioni.

5. ELABORAZIONE DATI

Il metodo sismico a rifrazione permette la ricostruzione delle dromocrone (curve tempi-distanze) dalle quali è possibile calcolare la velocità e la profondità delle interfacce stratigrafiche profonde.

I dati sono stati elaborati utilizzando il software SeisImager della OYO Corporation.

Il risultato finale della fase di acquisizione è costituito da una serie di files in formato SEG-2; la qualità del segnale durante l'acquisizione è stata tenuta sotto controllo con un'analisi visuale delle registrazioni.

Successivamente i dati sono stati processati per ottenere la ricostruzione della sismostratigrafia nel sito oggetto di studio e i valori di velocità dei sismostrati riconoscibili.

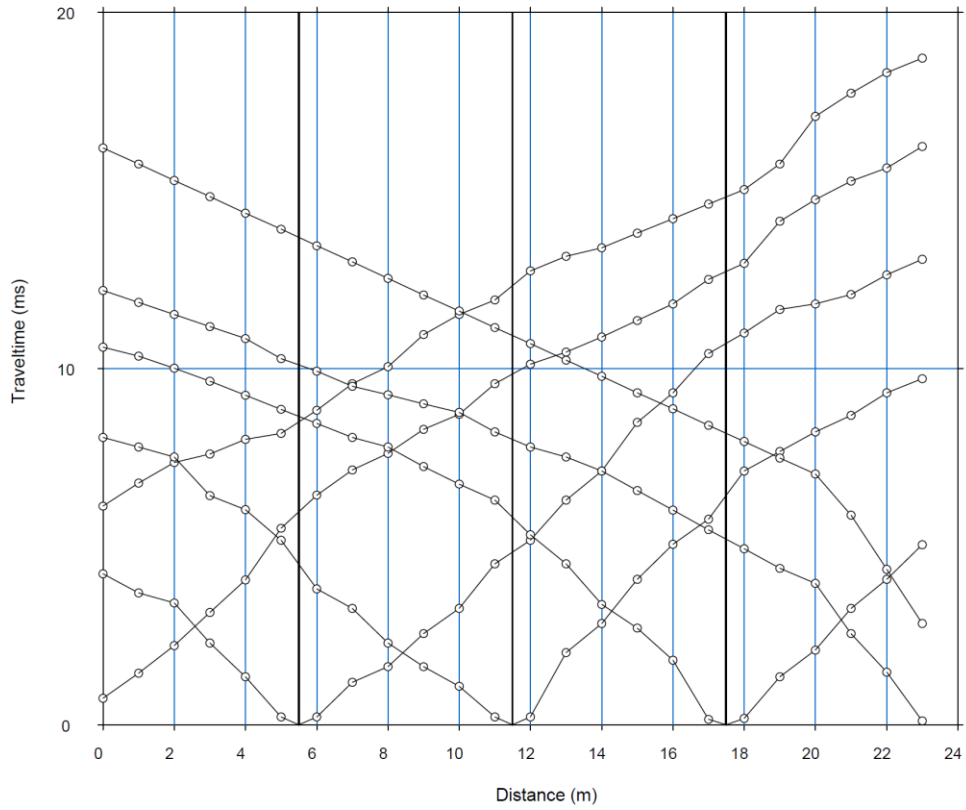
In allegato vengono mostrate le dromocrone e la sismosezione verticale dell'acquisizione in onde P.

Dalle analisi si è potuto riconoscere nell'areale la presenza di due sismostrati che hanno mostrato discrete variazioni delle velocità (allegati); di seguito vengono riassunti i risultati della prova eseguita per la sismosezione indagata.

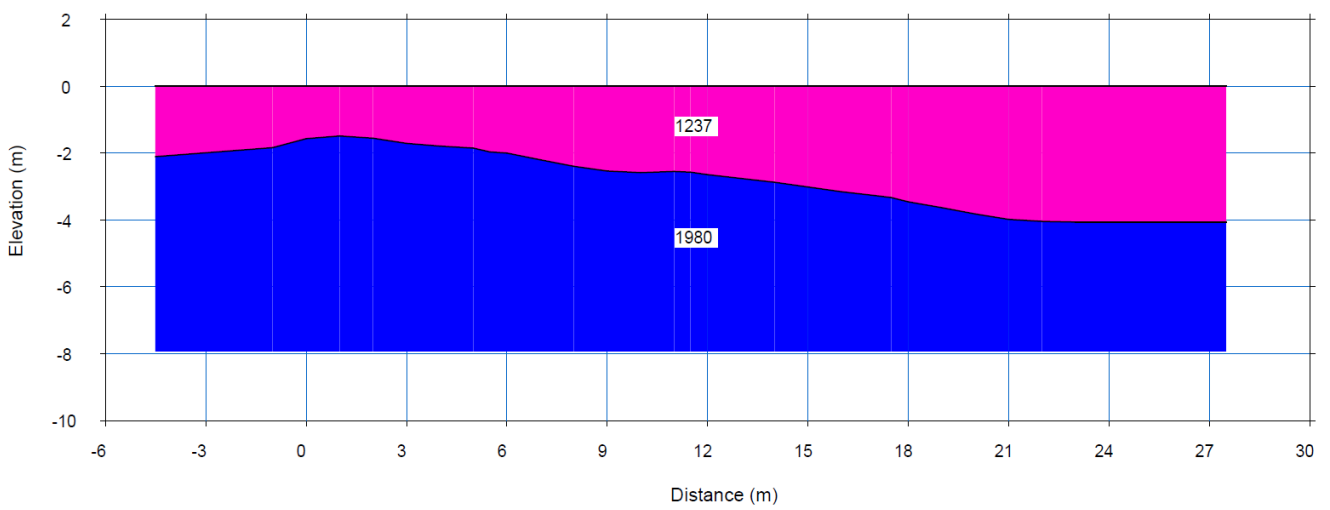
a) Sezione sismica P 1:

- **sismostrato 1:** sismostrato superficiale, con andamento ondulato, con spessore massimo di 4.0 metri e con velocità media delle onde P pari a 1237 m/s;
- **sismostrato 2** sismostrato profondo, investigato fino ad una profondità di circa 8 m. e con velocità media delle onde P pari a 1980 m/s

DROMOCRONE ONDE P



SISMOSTRATI ONDE P



Documentazione fotografica



Acquisizione Masw 1



Acquisizione Rifrazione P1

INDICE

- 1. INTRODUZIONE**
- 2. PROSPEZIONI GEORADAR**
 - 2.1. PRINCIPI**
 - 2.2. METODOLOGIA GEORADAR**
 - 2.3. STRUMENTAZIONE**
 - 2.4. INDAGINI E METODO**
- 3. ANALISI**
 - 3.1. ANALISI SEZIONI ACQUISITE CON ANTENNA DA 400 MHz**
- 4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

1. INTRODUZIONE

La presente relazione tecnica espone le risultanze delle indagini GPR effettuate nel centro storico del Comune di Carapelle Calvisio (AQ), in Via Vittorio Veneto (Fig. 1).

Le indagini sono state effettuate nel mese di Settembre 2015 su incarico del Geol. Silvio Tatoni. La scelta dell'area da sottoporre ad indagine è stata concordata con la Committenza.



Fig. 1: Ubicazione area indagata su immagine aerea (da Google Earth).

2. PROSPEZIONE GEORADAR

NORME DI RIFERIMENTO:

ASTM D6432 – 99:2005

STRUMENTAZIONE:

GSSI SIR 3000 – Antenna 400 MHz

SOFTWARE DI ANALISI:

Radan 7.0

OPERATORI:

Geol. Antonio Baliva;

ELABORAZIONE ED ANALISI DEI DATI:

Geol. Luca Colantuono; Geol. Dario Tulli; Geol. Antonio Baliva

2.1. Principi

L'indagine G.P.R. (Ground Penetrating Radar) è una tecnica diagnostica geofisica non distruttiva, che permette di ottenere immagini di sezioni bidimensionali o tridimensionali delle strutture indagate per una profondità che è funzione della tipologia dei materiali e del tipo di sensore utilizzato.

Ciò si ottiene tramite l'immissione di un segnale nella struttura e l'acquisizione di informazioni ad essa relative dalla porzione riflessa del segnale. L'impulso immesso è costituito da un'onda elettromagnetica trasversale alla sua direzione di propagazione e con velocità nel vuoto (c) pari a 300.000 km/s od anche 30 cm/ns (centimetri al nanosecondo).

La fattibilità di un'indagine georadar dipende soprattutto dalle caratteristiche del corpo indagato ed in particolar modo dai parametri elettromagnetici dei materiali che lo compongono, quali:

- La costante dielettrica relativa (ϵ), la cui radice quadrata, in approssimazione, è inversamente proporzionale alla velocità delle onde;
- La conducibilità (σ) che è proporzionale all'entità dell'assorbimento delle onde;
- La permittività magnetica (μ) che, in assenza di materiali magnetici, ha quasi sempre valore unitario e può quindi essere trascurata.

Inoltre nell'indagine georadar vengono utilizzate onde con frequenza dominante compresa fra i 25 MHz e gli 1,5 GHz che offrono una discreta penetrazione nelle strutture e velocità di fase che si mantiene costante, fenomeno basilare per il tipo di prospezione.

Le velocità di fase di un'onda elettromagnetica nei materiali oscillano fra il limite massimo nell'aria (approssimato alla velocità nel vuoto) di 30 cm/ns, a quello minimo nell'acqua che è leggermente superiore ai 3 cm/ns.

2.2. Metodologia georadar

Il metodo georadar è basato sulla generazione di onde impulsive ad alta frequenza (generalmente tra 25 e 2600 MHz) che possono essere immesse nel corpo da indagare con una opportuna antenna (trasmittente). Il parametro misurato è il tempo di propagazione dell'onda che, incontrando ostacoli o discontinuità, ritorna in superficie e viene captata dall'antenna (ricevente) come eco riflessa.

Si ottengono immagini che rappresentano sezioni verticali bidimensionali lungo il profilo lineare percorso dall'antenna mobile sulla superficie da investigare.

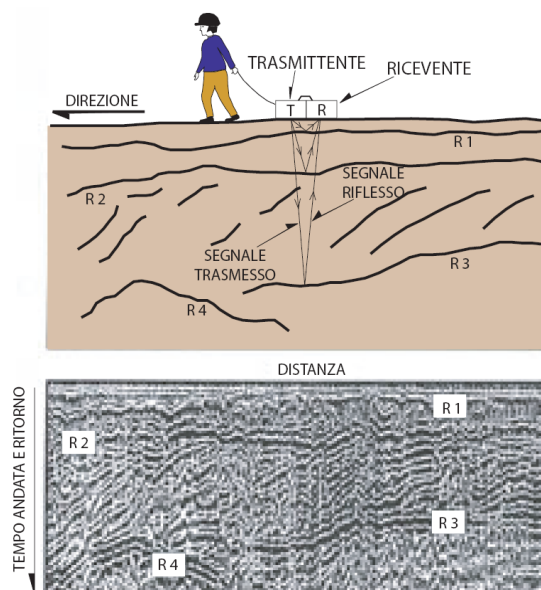


Fig. 2: Schema della procedura di campagna per l'esecuzione di prospezioni GPR (georadar) nel terreno, simile procedura viene seguita sulle strutture degli edifici.

In particolare si avrà in ascissa il tragitto percorso ed in ordinata il tempo necessario all'onda per coprire lo spazio, di andata e ritorno, che separa la superficie esterna dagli ostacoli o discontinuità che hanno provocato le riflessioni.

Matematicamente si ha:

$$V_m = 2d/t$$

con V_m velocità media dell'onda nei materiali attraversati, d distanza tra superficie e ostacolo e t tempo impiegato.

La profondità di indagine dipende sia dalla frequenza del segnale trasmesso, sia dalla sua attenuazione che è funzione delle caratteristiche del materiale attraversato e della distanza percorsa in esso. Quindi per trasformare i tempi di percorrenza nel materiale in metri (o centimetri) di profondità vanno ipotizzate od accertate le caratteristiche dei materiali attraversati che sono causa delle velocità medie misurate per le onde.

Gli ambiti di applicazione della metodologia GPR possono essere generalmente identificati in: prospezioni ambientali, indagini geotecniche, studi architettonici, ricerche archeologiche, ricerca di sottoservizi, monitoraggi strutturali, identificazioni di cavità e oggetti celati.

2.3. Strumentazione

La strumentazione utilizzata nella prospezione GPR nel sito è costituita da un sistema radar a canale singolo SIR-3000 della GSSI corredato da un'antenna da 400 MHz con misuratore di distanze e con profondità di esercizio di circa 4.0 m.



Fig. 3: Antenna radar da 400MHz utilizzata nel rilievo GPR.

Le caratteristiche tecniche salienti dello strumento sono:

a) Sistema radar SIR-3000:

- Strumento monocanale;
- Intervallo di scansione selezionabile dall'utilizzatore;
- Intervallo di scansione e dimensione della campionatura selezionabile dall'utilizzatore;
- Temperatura di esercizio da -10° C a 40° C;

b) Antenna da 400 MHz:

- Schermata per eliminare interferenze ambientali;
- Temperatura di esercizio da -20° C a 50° C;
- Profondità di esercizio 0 – 4 metri;

2.4. Indagini e Metodo

La campagna di prospezioni georadar è stata effettuata utilizzando un'antenna da 400 MHz. Le ubicazioni delle indagini sono riportate nel paragrafo 3.

I radargrammi ottenuti ed elaborati mediante software specifici rappresentano graficamente le sezioni investigate.

Genericamente gli ostacoli, quali sottoservizi, tubazioni, reti elettrosaldate pavimentali, strati di diversa composizione vengono evidenziati nei radargrammi come variazioni nell'andamento della stratigrafia radar ed in particolare sono riconoscibili come forme iperboliche più o meno ampie.

In questo caso il fine del rilievo GPR è stato quello di ubicare la posizione e la profondità di sgrottamenti e cavità al di sotto del piano stradale sostenuto da un muro. Si ricorda che le indagini georadar sono indagini di tipo indiretto e i risultati sono di tipo presumibile e non certo.

3. Analisi

Sono state acquisite sezioni radar al piano stradale del sito. Nella fig. 4 viene riportata l'ubicazione delle stese radar acquisite.



Fig. 4: Ubicazione tracce radar n. 087-091.

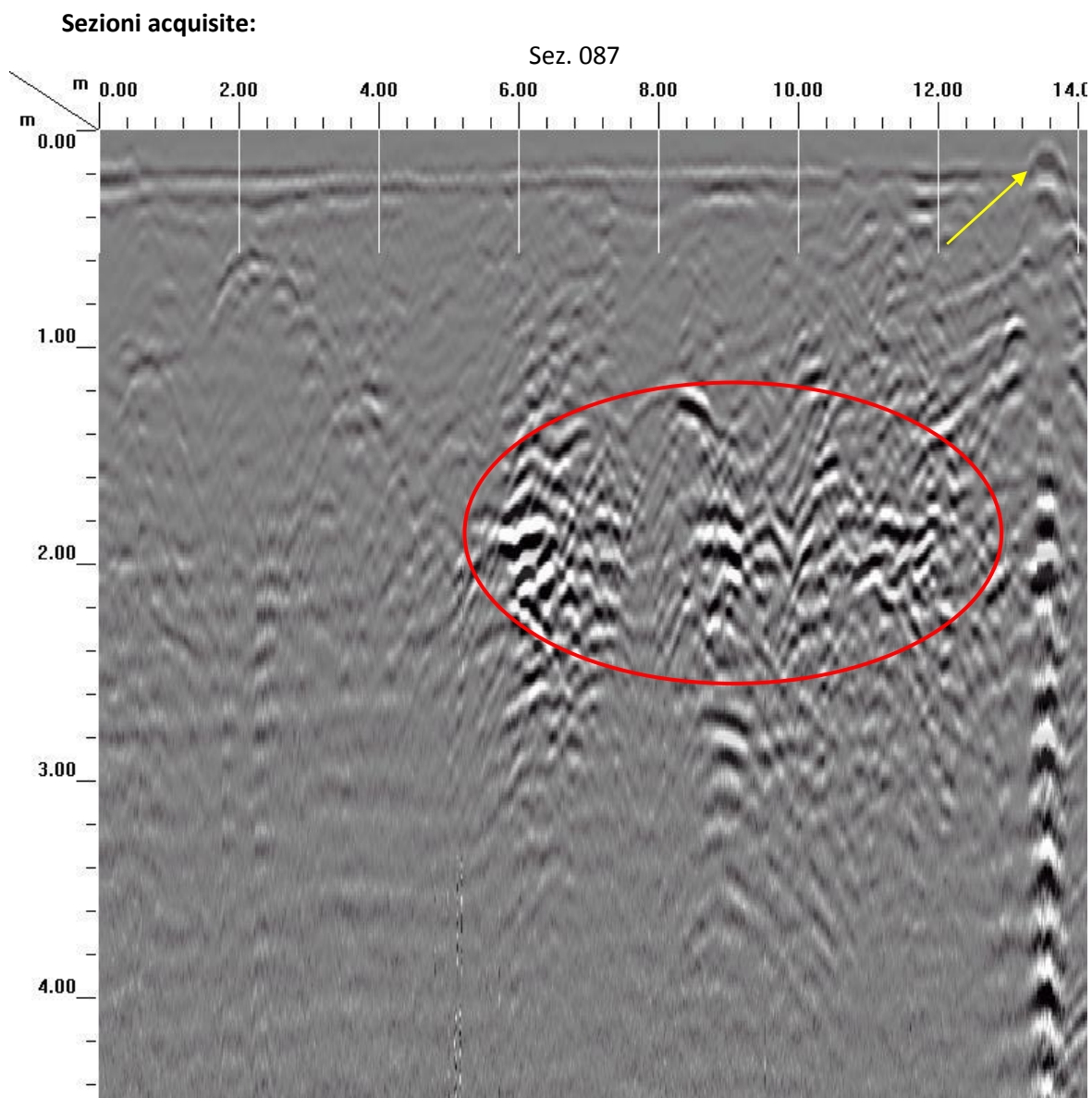
Di seguito vengono evidenziate ed analizzate le sezioni radar acquisite nel sito di interesse, nel Comune di Carapelle Calvisio (AQ).

3.1. Analisi Sezioni acquisite con antenna da 400 MHz

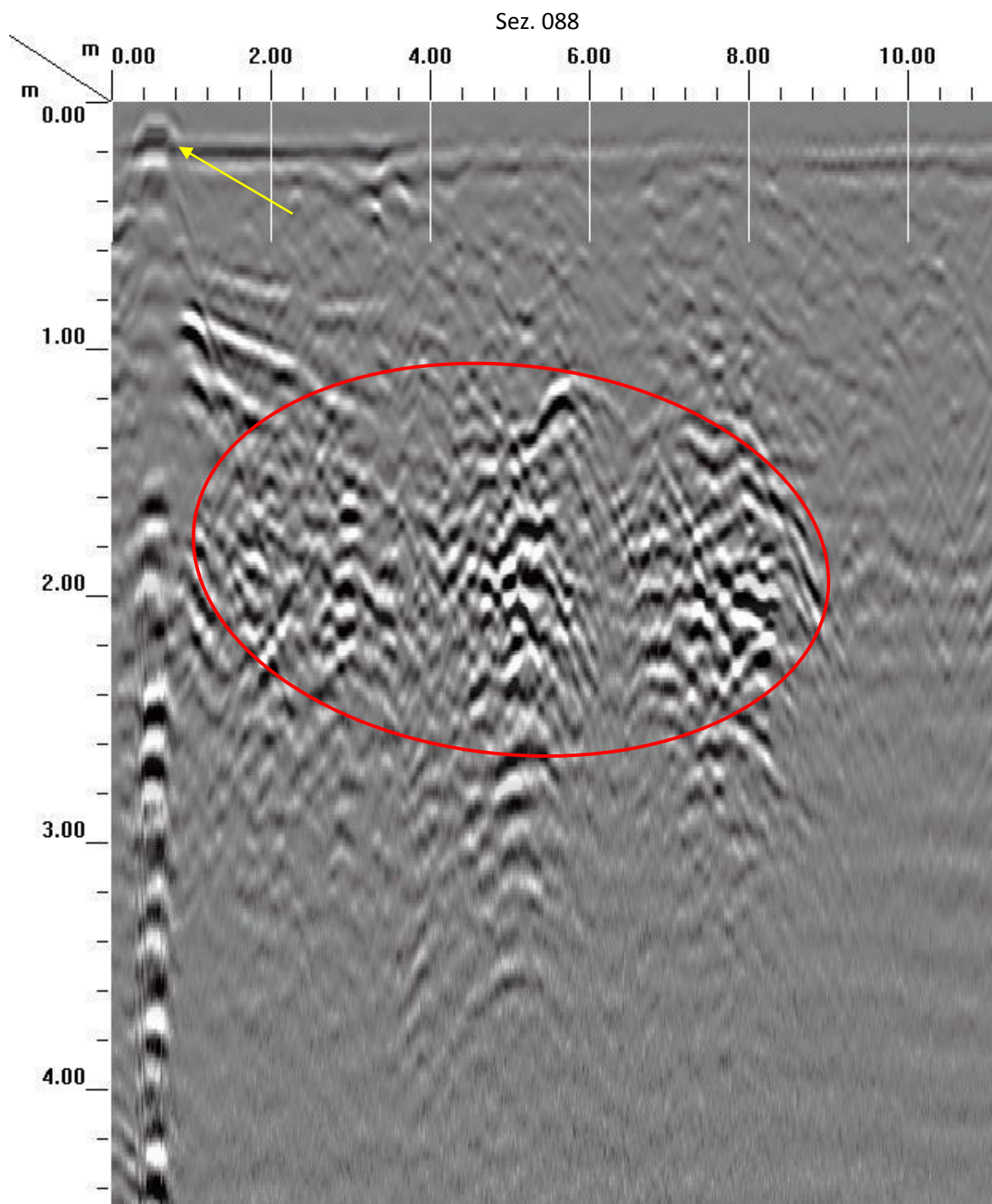
I parametri di acquisizione delle sezioni radar effettuate con antenna di frequenza 400 MHz sono riportate in tabella 1:

Number of Channels	1
<i>Horizontal Parameters</i>	
Scans / Sec	80
Scans / Unit (m)	50
Units / Mark (m)	2
<i>Vertical Parameters</i>	
Samps / Scan	512
Bits / Sample	16

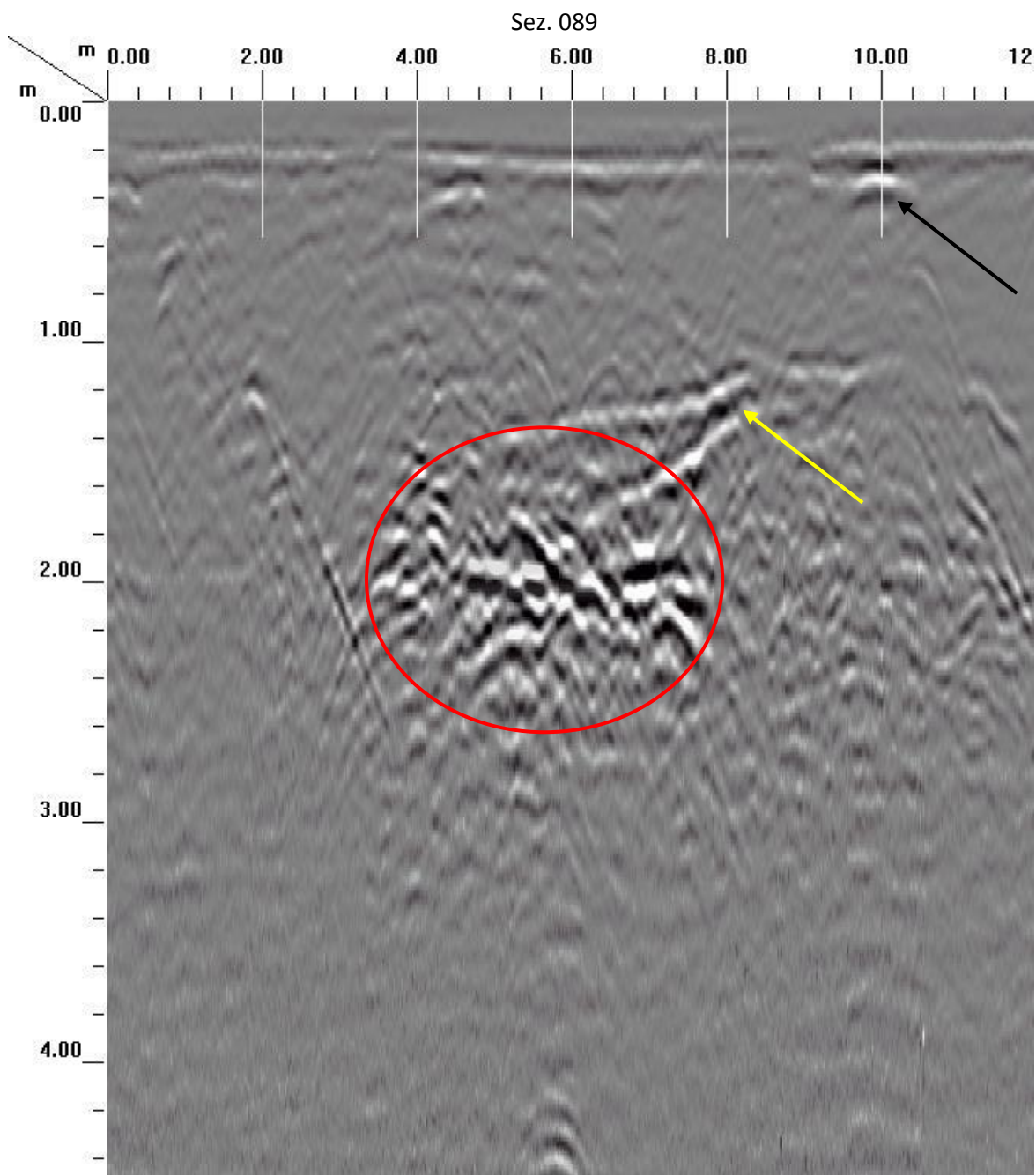
Tab. 1 Parametri di acquisizione GPR con antenna da 400 MHz.



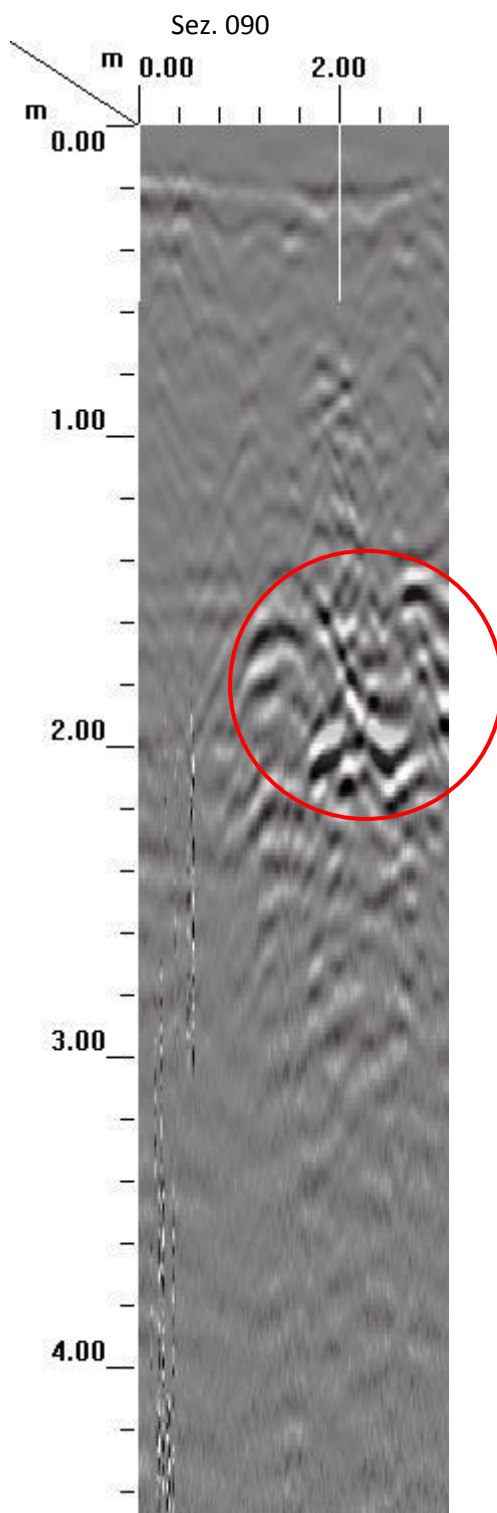
La sezione 087 evidenzia un'area anomala, segnalata dalla conica rossa, compresa tra la progressiva 5.2 e 12.80 metri a partire dalla profondità di 1.10 dal piano stradale. Essa è ascrivibile a presumibili sgrottamenti e cavità. La freccia indica la posizione di un sottoservizio.



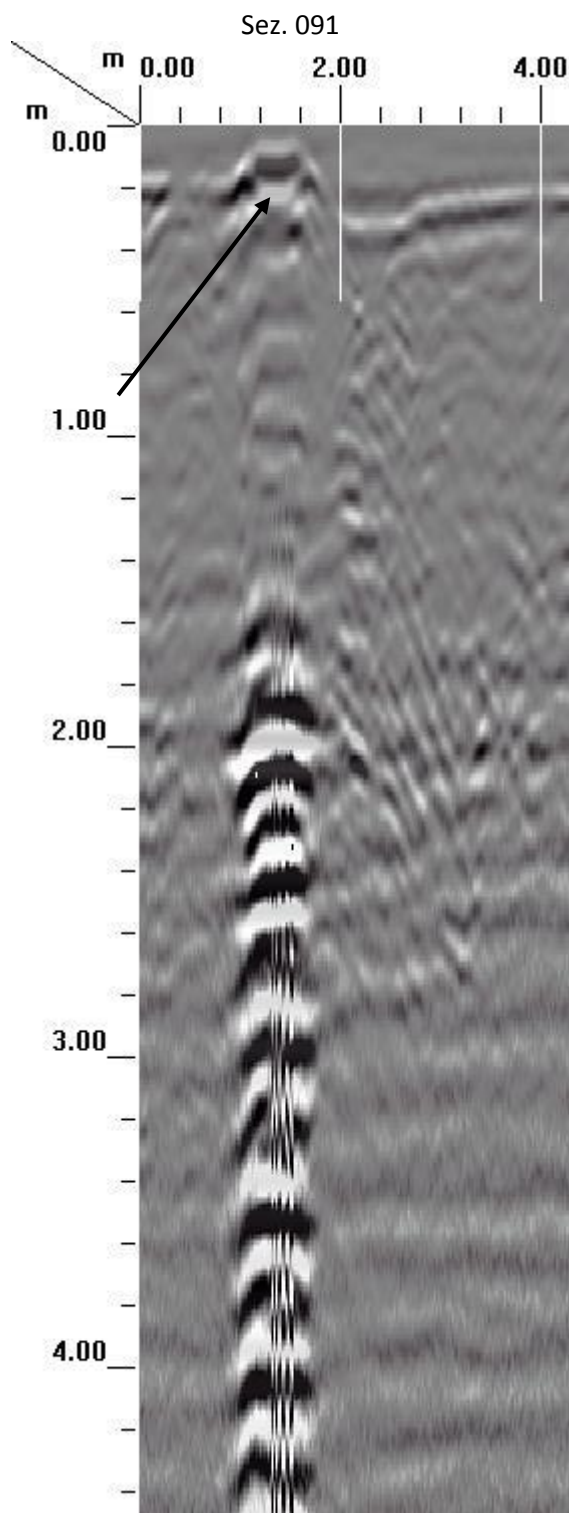
La sezione 088, acquisita lungo il muro di sostegno alla strada ed in senso opposto alla 087, evidenzia una zona anomala, segnalata dalla conica rossa compresa tra la progressiva 1.00 e 8.80 metri a partire dalla profondità di 1.00 dal piano stradale. Essa è ascrivibile a presumibili sgrottamenti e cavità. La freccia indica la posizione di un sottoservizio.



La sezione 089, acquisita parallelamente alla 088 ed in senso opposto ad essa e ad 1.5 metri di distanza dal muro di sostegno della strada, evidenzia un'area anomala, segnalata dalla conica rossa, compresa tra la progressiva 3.80 e 7.80 metri a partire dalla profondità di 1.20 metri dal piano stradale. Essa è ascrivibile a presumibili sgrottamenti e cavità. Le anomalie lineari indicate dalla freccia gialla potrebbero essere ascritte alla presenza di presumibili sottoservizi longitudinali alla sezione radar. La freccia nera indica un presumibile sottoservizio.



La sezione 090, acquisita ortogonalmente alle precedenti ed a circa 4.0 metri dalla fine del muro di sostegno, evidenzia un'area anomala (conica rossa) compresa tra la progressiva 1.60 e 3.00 m ad una profondità di 1.25 m dal piano stradale ascrivibile a presumibili sgrottamenti e cavità.



La sezione 091, acquisita parallelamente alla precedente ed a circa 2.0 metri dall'inizio del muro di sostegno, evidenzia una forte anomalia (segnalata dalla freccia nera) dovuta alla presenza di un tombino metallico.

4. Considerazioni conclusive

La campagna di indagini georadar effettuata con antenna da 400 MHz ha permesso di indagare sino ad una profondità di circa 4.0 metri dal piano stradale.

E' stato possibile riconoscere target indicati nei radargrammi da coniche di colore rosso o da frecce. Le coniche rappresentano aree presumibilmente interessate da presumibili sgrottamenti e/o cavità al di sotto del piano stradale indagato.

Dato lo scopo del lavoro, sono stati esclusi dalla carta tematica riportata nella figura seguente i sottoservizi riconosciuti mentre sono riportate le anomalie ascrivibili alla presenza di presumibili cavità o zone ammalorate o con sgrottamenti.



● = Sgrottamento/Cavità

INDICE

1. ***Introduzione***
2. ***Metodologie d'indagine e strumentazioni utilizzate***
3. ***Registrazione Microtremori***
 - 3.1 Cenni teorici sul metodo di Nakamura
 - 3.2 Modalità di acquisizione
 - 3.3 Elaborazione dati

1. INTRODUZIONE

Su incarico del Geol. Silvio Tatoni, presso l'asilo comunale di Carapelle Calvisio (AQ), è stata eseguita un'indagine sismica con registrazione di microtremori in campo libero al fine di individuare la frequenza fondamentale di risonanza del terreno al sito d'indagine; in figura 1 è riportata l'ubicazione del punto di misura.



Fig. 1: Ubicazione del punto di misura su stralcio di immagine aerea (Google Earth).

Il seguente rapporto tecnico illustra le tecniche utilizzate ed i risultati conseguiti.

La prova è stata effettuata seguendo le linee guida proposte dalla Associazione delle Società Di Geofisica, ASG, di cui la Geo Logica s.n.c. è membro, e comunque in accordo con la norma UNI riportata.

2. METODOLOGIE D'INDAGINE E STRUMENTAZIONI UTILIZZATE

E' stata effettuata una misurazione di microtremori in campo libero.
L'ubicazione della prova effettuata è riportata nel paragrafo relativo.

NORMA DI RIFERIMENTO:

Norma UNI 9916:2004

STRUMENTAZIONE:

Tromino Sismico;

SOFTWARE DI ANALISI:

Grilla

OPERATORI:

Geol. Stefano Maselli; Geol. Dario Tulli

ELABORAZIONE ED ANALISI DEI DATI:

Geol. Luca Colantuono Geol. Antonio Baliva



Fig. 2: Strumento utilizzato per le indagini.

3. REGISTRAZIONE MICROTREMORI

3.1 Cenni teorici sul metodo di Nakamura

La metodica di analisi dei rapporti spettrali (HVSR o Horizontal to Vertical Spectral Ratio) o metodo di Nakamura, si basa sulla misurazione del rumore sismico ambientale.

I microtremori sono vibrazioni continue del suolo, prodotte da sorgenti naturali o artificiali, di piccola ampiezza (1 – 10 nm) e costituite da onde superficiali quali le onde di Rayleigh ed in minor percentuale da onde di tipo Love.

Alla base di questo tipo di analisi c'è l'assunzione che i microtremori si propagano in strati superficiali di terreno sovrapposti ad un substrato rigido di roccia, che le sorgenti del microtremore sono superficiali e quindi viene trascurato qualsiasi contributo proveniente da sorgenti profonde, che le sorgenti superficiali non influiscono sulle caratteristiche del moto alla sommità del bedrock e che la componente verticale del moto non risente degli effetti di amplificazione da parte degli strati superficiali.

I rapporti tra le componenti orizzontali $RH(\omega)$ e verticali $RV(\omega)$, in superficie ed alla base dello strato sedimentario, sono dipendenti solo dall'altezza del moto dovuto alle sorgenti superficiali ed alle sorgenti alla base ed il loro rapporto spettrale darà:

$$RH(\omega)/RV(\omega) = Hs(\omega)/Hb(\omega) \times Vb(\omega)/Vs(\omega)$$

Empiricamente Nakamura ha evidenziato che alla base dello strato superficiale, e per tutte le frequenze, le ampiezze della componente orizzontale e della componente verticale sono all'incirca uguali, cioè rapporto pari ad 1, da cui si determina che la stima del fattore di amplificazione di sito $S(\omega)$ è data dal rapporto spettrale:

$$S(\omega) = Hs(\omega)/Vs(\omega)$$

La frequenza di risonanza è evidenziata al primo picco individuato dal rapporto tra le componenti orizzontale e verticale dei segnali registrati.

3.2 Modalità di acquisizione

L'acquisizione dati è stata effettuata con un tromografo digitale compatto, TROMINO Micromed S.p.a., a banda larga e ad alta sensibilità e costituito da una terna di velocimetri a breve periodo e smorzati criticamente orientati nelle tre direzioni dello spazio che permettono la registrazione di microtremori nel campo di frequenze compreso fra 0 e 200 Hz.

La misurazione è stata eseguita in condizioni di basso rumore ambientale e scegliendo una finestra temporale di 16 minuti per garantire stabilità al segnale e per filtrare eventuali fenomeni transienti.

Si è orientata la componente longitudinale N-S verso nord al fine di valutare eventuali amplificazioni polarizzate.

3.3 Elaborazione Dati

I dati registrati sono stati elaborati mediante un software dedicato (Grilla) e si è seguita la procedura consigliata nelle linee guida del SESAME (Site Effects Assessment Using Ambient Excitations), un progetto di ricerca europeo teso alla standardizzazione e al miglioramento delle tecniche di microzonazione sismica usando il rumore ambientale.

L'interpretazione consente di correlare il valore di un eventuale picco dello spettro di risposta HVSR con la profondità del substrato roccioso compatto (bedrock sismico) e di individuare una corrispondenza tra i valori di frequenza relativi alle discontinuità sismiche e i cambi litologici presenti nell'immediato sottosuolo.

I minimi della componente verticale vengono interpretati come risonanza del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, in tal modo si può ricavare il valore di frequenza caratteristica del sito.

I dati spettrali prodotti dalle elaborazioni numeriche vengono analizzati in genere entro l'intervallo 0.1 – 20.0 Hz, in quanto oltre tali limiti si ritiene che non vi siano frequenze significative dal punto di vista geologico-geotecnico.

L'analisi dei microtremori è stata utilizzata per fornire la frequenza di risonanza del terreno ai vari punti di misura nel sito di indagine nel range di frequenze comprese fra 0.0 e 64.0 Hz; in tabella 1 sono riportati, per ogni misura, i valori della frequenza di risonanza (Max H/V), la direzione della componente orizzontale dominante nell'H/V (DIRECTIONAL H/V) e la percentuale della registrazione utilizzata per essere in linea con i dettami di qualità SESAME.

Analisi	Max H/V (Hz)	f ₀ (Hz)	A ₀	DIRECTIONAL H/V	Percentuale della traccia analizzata (%)
T1	3.75 ± 0.19	3.75	5.39	NNW-SSE	92

Tabella 1: Dati tromografia.

La durata della misurazione è stata di 16 minuti, l'analisi è stata effettuata con frequenza di campionamento di 128 Hz e intervallo di campionamento di 20 secondi.

Di seguito si riportano i grafici delle risultanze dell'analisi tomografica effettuata e quindi la curva H/V (HVSr); il grafico H/V TIME HISTORY che mostra le "finestre temporali" della traccia analizzate per l'elaborazione della curva H/V permettendo di individuare eventuali finestre di disturbo all'interno di una registrazione e di eliminarle; il grafico DIRECTIONAL H/V che rappresenta la proiezione del HVSr lungo le diverse direzioni, da 0° a 180° in senso orario, dove 0° rappresenta la direzione del Nord dello strumento, e permette di vedere se una componente orizzontale è dominante sull'altra.

Infine il grafico SINGLE COMPONENT SPECTRA che mostra l'andamento delle singole componenti nelle tre direzioni (N-S, E-O e Verticale).

T1

Analisi qualitativa della misura secondo le linee guida SESAME 2005:

Picco H/V a 3.75 ± 0.19 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$3.75 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$3300.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 181	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.563 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	7.625 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$5.39 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02475 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.0928 < 0.1875$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.657 < 1.58$	OK	

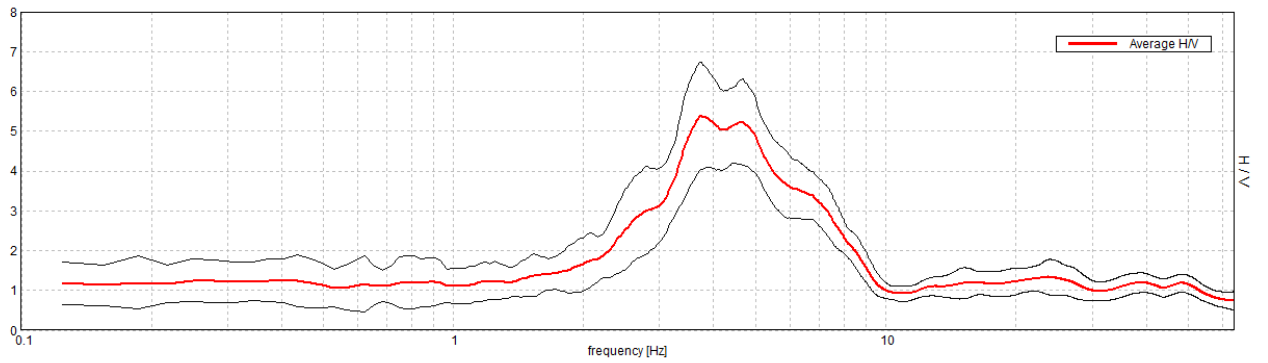
L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

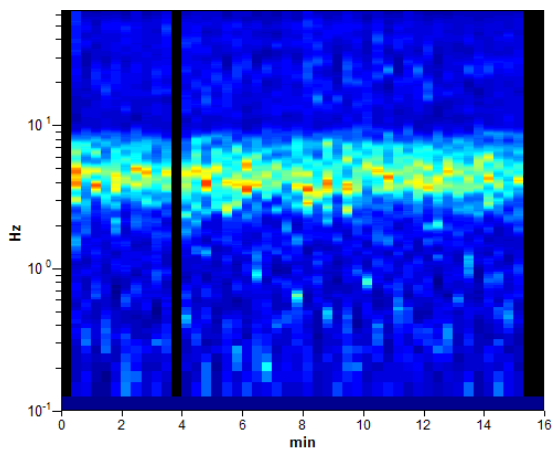
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

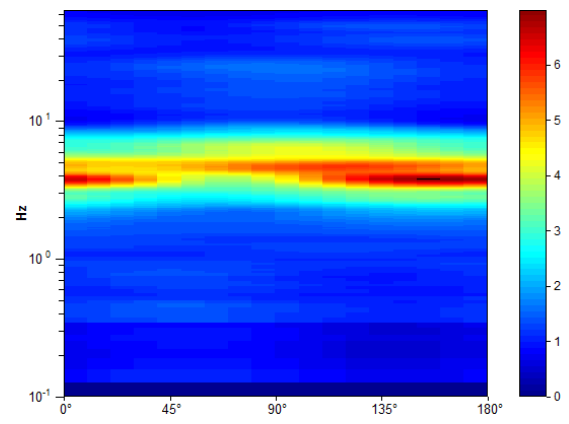
Max. H/V at 3.75 ± 0.19 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



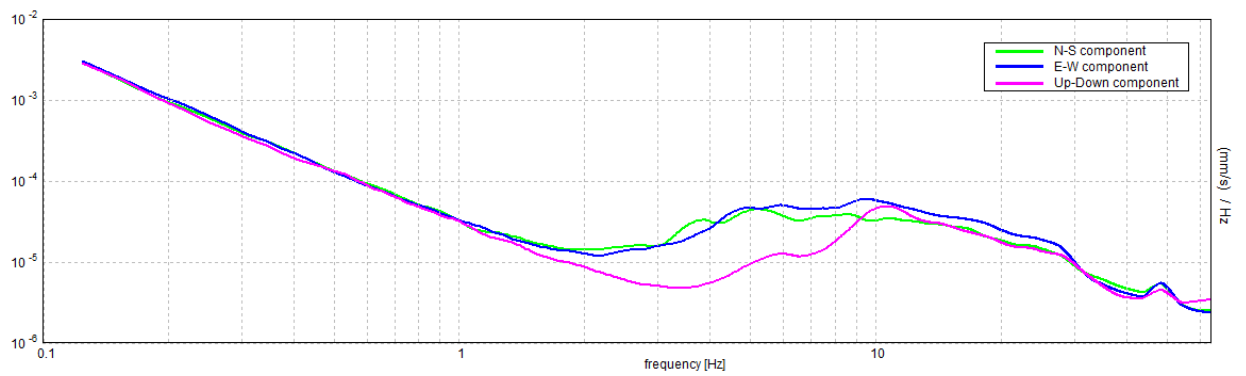
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



Documentazione fotografica.



Acquisizione T1



Geotecnica Geofisica Geognostica

Geologica S.n.c.

Asilo Comunale Carapelle
Calvisio (AQ)

RISULTATI PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

VERBALE DI ACCETTAZIONE: 336	DATA VERBALE :	28/10/15	IL DIRETTORE DEL LABORATORIO DOTT. RICCARDO RAMPI 
COMMESSA: 283	DATA EMISSIONE CERTIFICATI:	30/10/15	
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			

QUADRO SINOTTICO CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE
SONDAGGIO N° 1

CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE

DETERMINAZIONE			SONDAGGIO	1											
			CAMPIONE	/											
			da m	3,00											
			a m	3,70											
N° laborat.			1539												
VALORI CUMULATI	FRAZIONE GHIAIOSA	G	(%)	12,0											
	FRAZIONE SABBIOSA	S	(%)	67,0											
	FRAZIONE LIMOSA	L	(%)												
	FRAZIONE ARGILLOSA	A	(%)												
CLASSI GRANULOMETRICHE	CIOTTOLI MOLTO GROSS.	CIOTTOLI	(-)	0,0											
	CIOTTOLI GROSS.		(%)	0,0											
	GHIAIA MOLTO GROSSA	GHIAIA	(%)	0,0											
	GHIAIA GROSSA		(%)	1,8											
	GHIAIA MEDIA		(%)	4,8											
	GHIAIA FINE		(%)	3,1											
	GHIAIA MOLTO FINE		(%)	2,3											
	SABBIA MOLTO GROSSOLANA	SABBIA	(%)	3,0											
	SABBIA GROSSOLANA		(%)	29,1											
	SABBIA MEDIA		(%)	24,7											
	SABBIA FINE		(%)	8,5											
	SABBIA MOLTO FINE		(%)	1,7											
	LIMO GROSSOLANO	LIMO	(%)												
	LIMO MEDIO		(%)												
	LIMO FINE		(%)												
	LIMO MOLTO FINE		(%)												
	ARGILLA > 0,002 mm	ARGILLA	(%)												
	ARGILLA < 0,002 mm		(%)												
PASSANTE DIAMETRO 0,0625 mm	LIMO E ARGILLA	(%)	21,0												
TRATTENUTO DIAMETRO 0,075 mm	/	(%)	78,7												

PARAMETRI STATISTICI

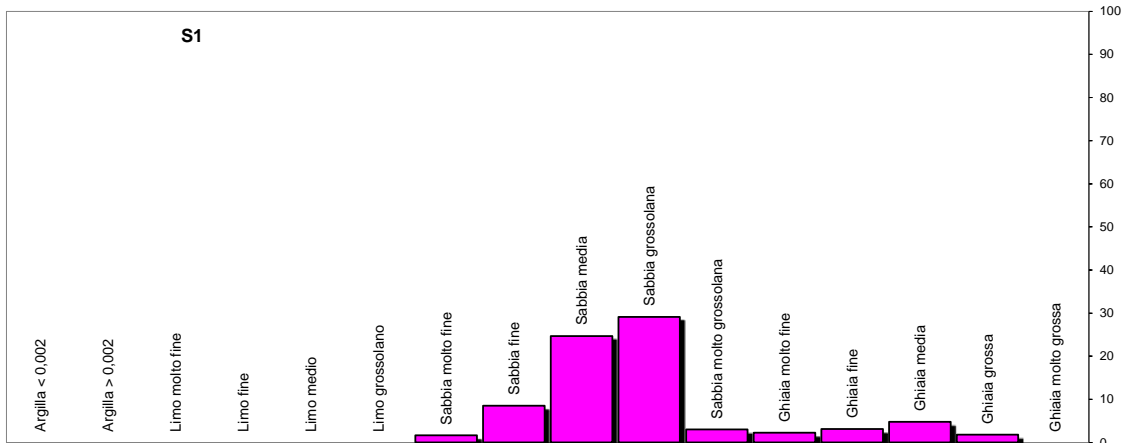
PARAMETRI STATISTICI	INDICE DI APPIATTIMENTO	ϕ DI KRUMHAIN	/										
	SIMMETRIA		/										
	CLASSAZIONE		/										
	MEAN SIZE		/										
	MEDIAN (ϕ)		/										
	CLASSE MODALE (ϕ)		/										
	CLASSE MODALE (ϕ)		/										
	D ₁₀	(mm)	/										
	D ₃₀	(mm)	0,231										
	D ₅₀	(mm)	0,413										
	D ₆₀	(mm)	0,511										
	COEFFICIENTE DI UNIFORMITA'	(-)	>3,5*										
	COEFFICIENTE DI CURVATURA	(-)	/										
INDICE DI GRUPPO	(-)	/											

CARATTERISTICHE DI PLASTICITA' E CLASSIFICAZIONI

LIMITE DI LIQUIDITA'	LL	(%)											
LIMITE DI PLASTICITA'	LP	(%)											
INDICE DI PLASTICITA'	IP	(%)											
INDICE DI CONSISTENZA	IC	(-)											
CLASSIFICAZIONE U.S.C.S. (S.I.)	U.S.C.S	(-)	N.D.										
CLASSIFICAZIONE AASHTO CNR-UNI 10006	AASHTO/ CNR-UNI 10006	(-)	N.D.										
PESO SPECIFICO DEI GRANULI	γ_s	(kN/m ³)											

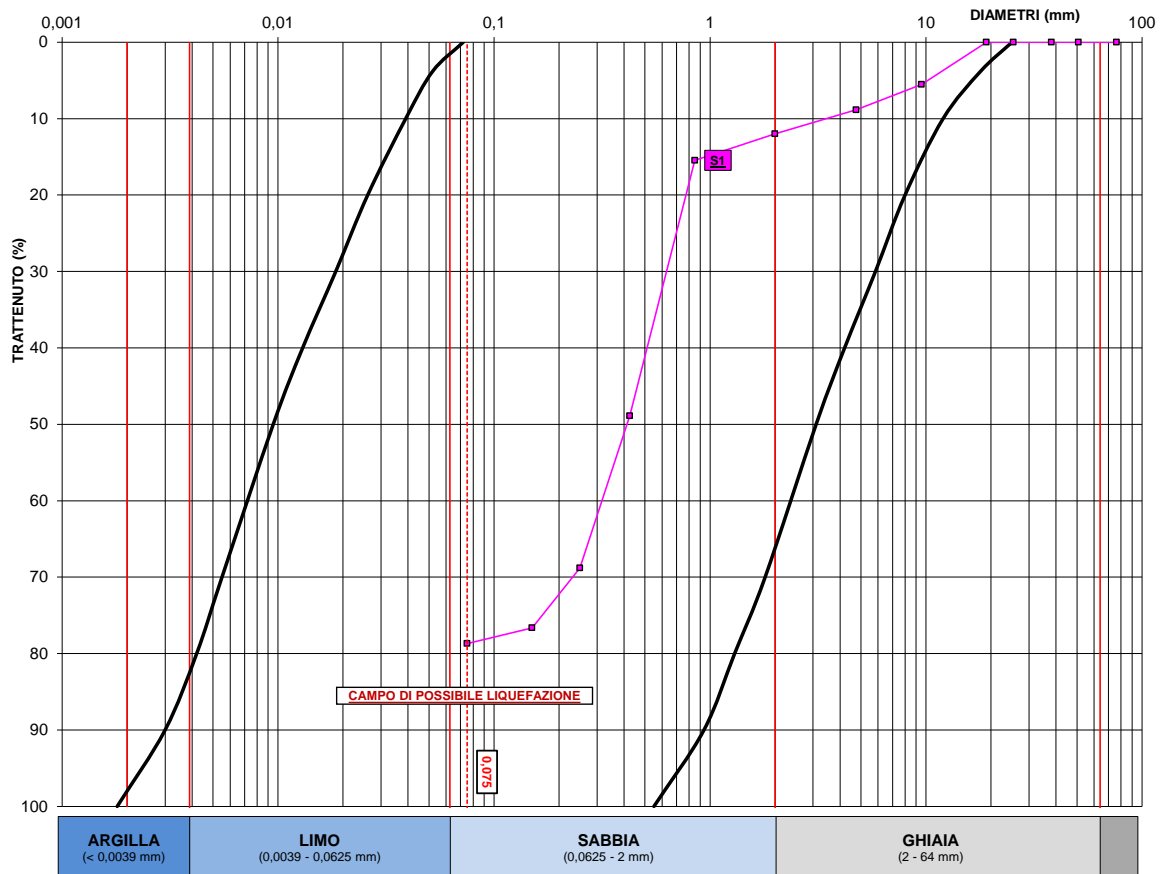
*IL VALORO DI >3,5 E' STATO STIMATO INTERPOLANDO LA CURVA GRANULOMETRICA CHE NON CONSENTIVA DI INTERCETTARE IL D10

DIAGRAMMI CLASSI GRANULOMETRICHE SONDAGGIO N° 1



VERIFICA GRANULOMETRICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE SONDAGGIO N° 1

CURVE CON COEFFICIENTE DI UNIFORMITA' (Uc) > 3,5



 CNG S.r.l. LABORATORIO GEOTECNICO Via Squinzano, 87 - 00133 Roma Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it	Geologica S.n.c.			SOND.: 1	PAGINA: 1
	Asilo Comunale Carapelle Calvisio (AQ)			CAMP.: /	
	N° VERBALE	336	N° COMMESSA	283	ID. INTERNO: 1539
DATA RICEVIMENTO CAMPIONE	28/10/15	DATA APERTURA CAMPIONE	29/10/15	DATA EMISSIONE CERTIFICATO	30/10/15
				da m: 3,00 a m: 3,70	PAGINA CERTIFICATO 1 di 1

SCHEDA CAMPIONE

CARATTERISTICHE DI CAMPIONAMENTO

TIPO DI PERFORAZIONE (SE NOTO)	/	TIPO DI CAMPIONATORE (SE NOTO)	/
TIPO DI CONTENITORE	BUSTA	LUNGHEZZA CONTENITORE (cm)	/
LUNGHEZZA REALE CAMPIONE (cm)	/	DIAMETRO CAMPIONE (mm)	/

DESCRIZIONE ED ANALISI PRELIMINARI

POCKET(kPa)	V.TEST(kPa)	CAMPIONE	PROVE	DESCRIZIONE
/	/	INFORME	ANALISI GRANULOMETRICA PER VAGLIATURA PER VIA UMIDA	Materiale eterogeneo verticalmente, con i primi 30 cm circa (parte alta) costituiti da limo e argilla sabbiosi di colore avana giallastro, plastici e consistenti, passanti gradualmente a sabbia limoso-ghiaiosa in scarsa matrice argillosa di colore sempre avana giallastro. La vagliatura è stata eseguita nella parte bassa del campione.
/	/			
/	/			
/	/			
/	/			
STATO DICHIARATO DEL CAMPIONE:			RIMANEGGIATO	REAZIONE ALL'HCl: NOTEVOLE
CLASSIFICAZIONE A.G.I.:			SABBIA LIMOSA (E ARGILLOSA) GHIAIOSA	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			PROVA TRIASSIALE TIPO CID		
PESO DI VOLUME NATURALE			PROVA DI COSTIPAMENTO PROCTOR		
PESO SPECIFICO DEI GRANULI			PROVA C.B.R.		
ANALISI GRANULOMETRICA	X	29/10/15	30/10/15	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		

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	Geologica S.n.c.		SOND.: 1	PAGINA: 3
	Asilo Comunale Carapelle Calvisio (AQ)		CAMP.: /	PAGINA CERTIFICATO 2 di 2
N° VERBALE 336	N° COMMESSA 283	ID. INTERNO 1539	N° CERTIFICATO 5690 GR	
RICEV. CAMP. 28/10/15	DATA EMISSIONE CERTIF. 30/10/15	DATA INIZIO PROVA 29/10/15	DATA FINE PROVA 30/10/15	

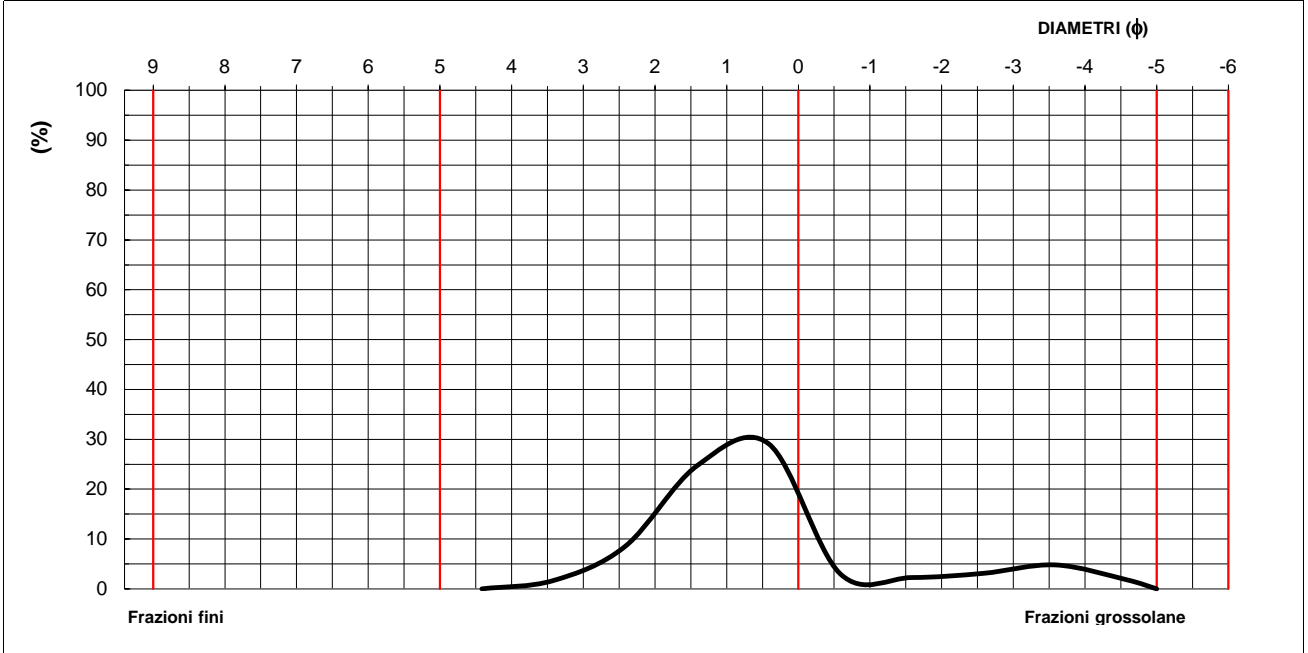
ANALISI GRANULOMETRICA ASTM D 422

PARAMETRI STATISTICI (SECONDO FOLK & WARD)

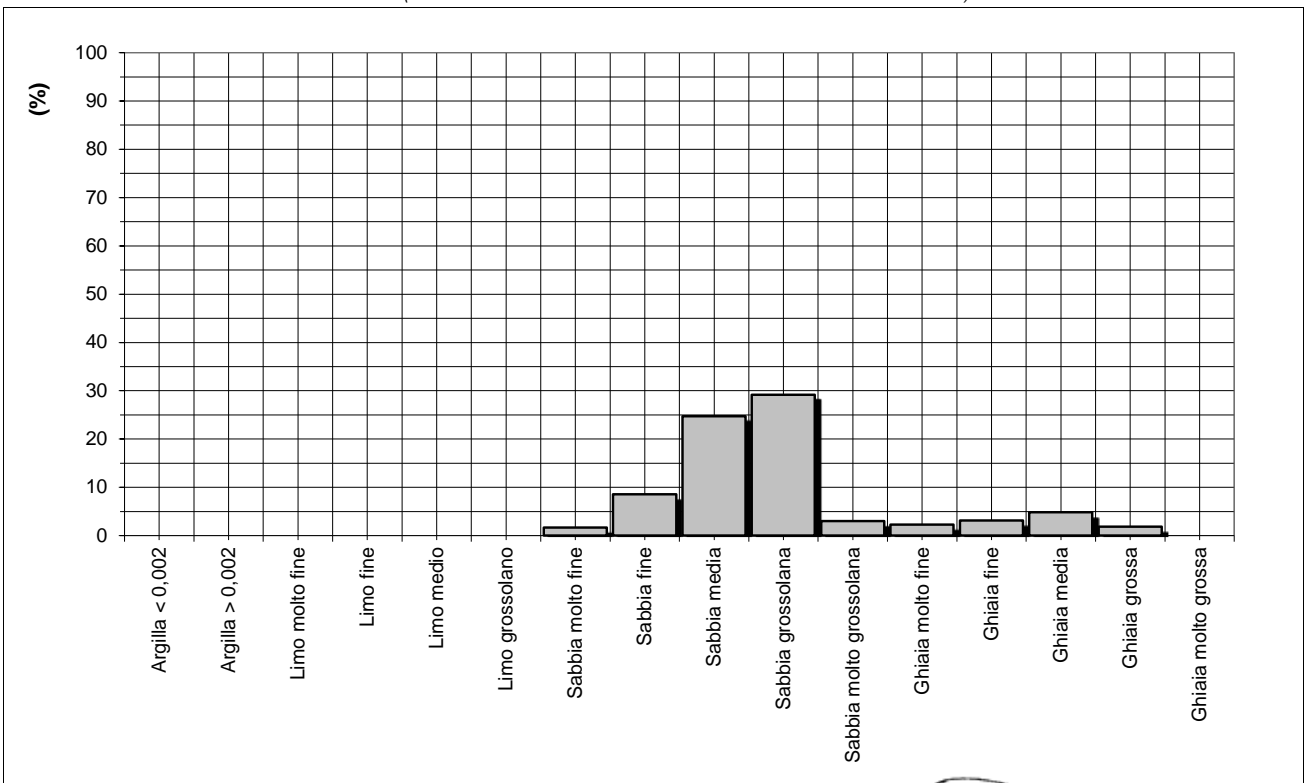
INDICE DI APPIATTIMENTO	K_G	/	/	Mean Size	/
SIMMETRIA	Sk_1	/	/	Median (ϕ)	/
CLASSAZIONE	σ_1	/	/	Classi modali (ϕ)	
CLASSIFICAZIONE	SABBIA LIMOSA (E ARGILLOSA) GHIAIOSA			/	/

NOTE: I parametri statistici non sono stati calcolati in quanto manca l'analisi granulometrica degli elementi con $\phi < 0,075$ mm

**CURVA DI FREQUENZA SEMPLICE SOLO PER LE CLASSI GRANULOMETRICHE CON $\phi > 0,075$ mm
 (SECONDO CLASSI GRANULOMETRICHE DI UDDEN - WENTWORTH)**



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



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Riccardo Rampi

PROVE GEOTECNICHE IN SITO

Nella presente perizia viene riportata l'elaborazione relativa all'esecuzione di 1 indagine penetrometrica dinamica di tipo DPSH effettuata alla base di un muro di sostegno sito nei pressi dell'asilo comunale di Carapelle Calvisio (AQ). Si sono prelevati 2 campioni disturbati alle profondità comprese tra 3.00 e 3.70 m e 4.50-5.20 m. Durante il campionamento, eseguito con sistema direct push, i valori di NSpt nell'intervallo 3.00-5.20 m non sono stati presi in considerazione.

La campagna di indagini è stata eseguita nel mese di Ottobre 2015, su incarico del Geol. Silvio Tatoni.



Ubicazione delle Indagini (da google maps)

Report fotografico



DPSH 1

PENETROMETRO DINAMICO IN USO : DPSH (S. Heavy)

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla Certificato	Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

CARATTERISTICHE TECNICHE : DPSH (S. Heavy)

MASSA BATTENTE	M = 63.50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0.75 m
MASSA SISTEMA BATTUTA	Ms = 30.00 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 50.50 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20.0000 cm ²
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 90^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1.00 m
MASSA ASTE PER METRO	Ma = 8.00 kg
PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA	P1 = 0.80 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0.20$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(20) \Rightarrow Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
RENDIMENTO SPECIFICO x COLPO	Q = (MH)/(A δ) = 11.91 kg/cm ² (prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm ²)
COEFF.TEORICO RENDIMENTO	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 1.521$ (teoricamente : Nspt = β_t N)

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta [area A]
e = infissione per colpo = δ / N

M = massa battente (altezza caduta H)
P = massa totale aste e sistema battuta

UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm² = 0.098067 MPa \approx 0,1 MPa
1 MPa = 1 MN/m² = 10.197 kg/cm²
1 bar = 1.0197 kg/cm² = 0.1 MPa
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
ELABORAZIONE STATISTICA**

DIN 1

- committente : Geol.Silvio Tatoni
- lavoro :
- località : Cararelle Calvisio_Asilo

- data prova : 21/10/2015
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata

- note :

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s				M+s
1	0.00	3.00	N	4.8	2	8	3.4	2.0	2.8	6.8	5	1.52	8
			Rpd	32.7	13	55	22.8	13.2	19.5	45.9			
2	3.00	5.20	N	1.0	1	1	1.0	----	1.0	1.0	1	1.52	2
			Rpd	5.7	5	6	5.5	0.3	5.5	6.0			
3	5.20	6.80	N	5.1	2	9	3.6	3.1	2.0	8.3	5	1.52	8
			Rpd	26.6	10	48	18.3	16.4	10.1	43.0			
4	6.80	8.00	N	22.5	19	26	20.8	3.0	19.5	25.5	22	1.52	33
			Rpd	107.0	91	120	99.1	13.2	93.8	120.2			
5	8.00	9.20	N	45.0	42	50	43.5	3.1	41.9	48.1	45	1.52	68
			Rpd	202.2	192	218	197.0	9.8	192.4	212.0			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 20 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 1.52) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 1

n°	H1 H2		NATURA GRANULARE								NATURA COESIVA					Q	Litologia
			Nspt	Vs	G	Dr	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ed	Ysat	W	e		
1	0.00	3.00	8	106	61	28	29	96	1.91	1.46	0.50	48	1.87	35.0	0.945	1.71	
2	3.00	5.20	2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.29	
3	5.20	6.80	8	139	61	28	29	96	1.91	1.46	0.50	48	1.87	35.0	0.945	1.31	
4	6.80	8.00	33	184	175	68	36	396	2.07	1.71	2.06	198	2.18	16.4	0.444	5.23	
5	8.00	9.20	68	215	300	91	43	816	2.19	1.91	4.25	408	2.60	2.3	0.061	10.11	

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa ø' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno
Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm²) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm²) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA****DIN 1**

- committente : Geol.Silvio Tatoni
 - lavoro :
 - località : Cararelle Calvisio_Asilo

- data prova : 21/10/2015
 - quota inizio : Piano campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta
0.00 - 0.20	2	14.9	1	4.60 - 4.80	1	5.7	5
0.20 - 0.40	3	22.3	1	4.80 - 5.00	1	5.3	6
0.40 - 0.60	5	37.2	1	5.00 - 5.20	1	5.3	6
0.60 - 0.80	5	37.2	1	5.20 - 5.40	7	37.4	6
0.80 - 1.00	6	41.4	2	5.40 - 5.60	9	48.1	6
1.00 - 1.20	5	34.5	2	5.60 - 5.80	2	10.7	6
1.20 - 1.40	4	27.6	2	5.80 - 6.00	8	40.5	7
1.40 - 1.60	6	41.4	2	6.00 - 6.20	8	40.5	7
1.60 - 1.80	8	55.2	2	6.20 - 6.40	2	10.1	7
1.80 - 2.00	7	45.0	3	6.40 - 6.60	2	10.1	7
2.00 - 2.20	8	51.5	3	6.60 - 6.80	3	15.2	7
2.20 - 2.40	2	12.9	3	6.80 - 7.00	19	91.2	8
2.40 - 2.60	5	32.2	3	7.00 - 7.20	19	91.2	8
2.60 - 2.80	3	19.3	3	7.20 - 7.40	22	105.6	8
2.80 - 3.00	3	18.1	4	7.40 - 7.60	24	115.2	8
3.00 - 3.20	1	6.0	4	7.60 - 7.80	25	120.0	8
3.20 - 3.40	1	6.0	4	7.80 - 8.00	26	118.8	9
3.40 - 3.60	1	6.0	4	8.00 - 8.20	42	191.9	9
3.60 - 3.80	1	6.0	4	8.20 - 8.40	42	191.9	9
3.80 - 4.00	1	5.7	5	8.40 - 8.60	45	205.6	9
4.00 - 4.20	1	5.7	5	8.60 - 8.80	44	201.0	9
4.20 - 4.40	1	5.7	5	8.80 - 9.00	47	204.8	10
4.40 - 4.60	1	5.7	5	9.00 - 9.20	50	217.9	10

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**- M (massa battente)= **63.50** kg - H (altezza caduta)= **0.75** m - A (area punta)= **20.0000** cm² - D(diam. punta)= **50.50** mm- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 1

Scala 1: 50

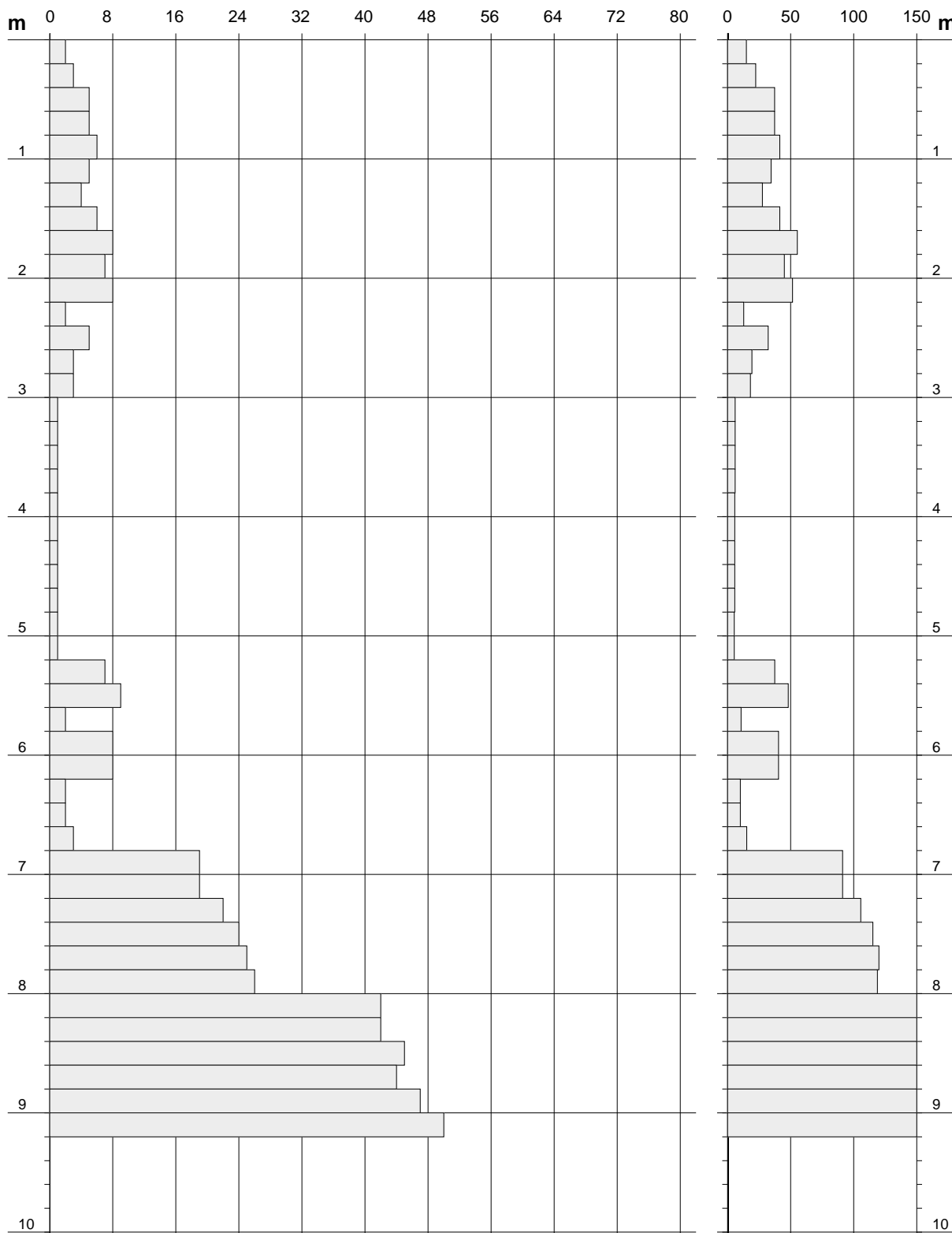
- committente : Geol.Silvio Tatoni
- lavoro :
- località : Cararelle Calvisio_Asilo

- data prova : 21/10/2015
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata

- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20.00$ cm

Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

DIN 1
Scala 1: 50

- committente : Geol.Silvio Tatoni
- lavoro :
- località : Cararelle Calvisio_Asilo

- data prova : 21/10/2015
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata

Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese" N = N(20) n° colpi $\delta = 20.00$ cm

