



COMUNE DI LARIANO

CITTÀ METROPOLITANA DI ROMA CAPITALE



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU

**"INTERVENTI DI RISANAMENTO IDROGEOLOGICO DI PIAZZA
SANT'EUROSIA - COMUNE DI LARIANO (RM)
CUP: D54H20000130001**

PROGETTO ESECUTIVO

OGGETTO:

RELAZIONE GEOLOGICA

ELABORATO:

R.02

Data: Ottobre 2022

Resione:

Codice elaborato:

PROGETTISTA:
Ing. Stefano Tranquilli

GEOLOGO:
Geol. Nando Bauco

COMMITTENTE:
Comune di Lariano (RM)



RESPONSABILE UNICO DEL
PROCEDIMENTO:
Geom. Piero Cedroni

Nando Bauco

*DETERMINAZIONE DEL RESPONSABILE
SETTORE IV LL.PP. E MANUTENZIONI
N.102 del 18/08/2021 Registro Settoriale
N.413 del 18/08/2021 Registro Generale*

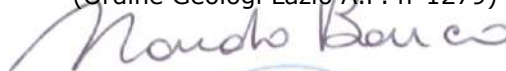
RELAZIONE GEOLOGICA E DI MODELLAZIONE SISMICA

OGGETTO: Progetto degli interventi di mitigazione del rischio idrogeologico con azioni di regimentazione delle acque in piazza San Eurosia nel Comune di Lariano (Rm).

COMMITTENTE: Comune di Lariano

Frosinone, 15/11/2021

Dott. Geol. Nando Bauco
(Ordine Geologi Lazio A.P. n°1279)



PREMESSA

Il sottoscritto Baucò Nando, cod.fisc.:BCANND68P19D810H iscritto all'Albo Professionale dell'Ordine dei Geologi del Lazio, con numero di riferimento 1279 ed anzianità 29/05/1998, titolare dello Studio Associato di Geologia Tecnica con sede in Frosinone Viale Volsci n°142, su incarico del Comune di Lariano con Determinazione del Responsabile settore IV LL.PP. N.102 del 18/08/2021 Registro Settoriale e N.413 del 18/08/2021, ha redatto una Relazione Geologica e di modellazione per il progetto degli interventi di mitigazione del rischio idrogeologico con azioni di regimentazione delle acque in piazza San Eurosia nel Comune di Lariano (Rm).

Lo scopo delle indagini è stato quello di dimostrare la fattibilità degli interventi proposti e fornire un'esauriente documentazione necessaria per stabilire la compatibilità morfologica, idrogeologica ed idrografica del sito, per accertare le caratteristiche di portanza del terreno e l'idoneità dell'intervento nei riguardi delle problematiche di difesa del suolo, stabilità dei versanti, rischio idrogeologico e fenomeni erosivi.

La Relazione Geologica e di Modellazione Sismica è redatta sulla base delle valutazioni emerse da indagini e prove effettuate sull'area, rispondenti alle nuove norme tecniche per le costruzioni (NTC) di cui al D.M. 17/01/2018 (G.U. 20 febbraio 2018 n.8) – Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni", ed è stata redatta nel rispetto delle prescrizioni di attuazione contenute nei pareri espressi sugli strumenti urbanistici dalla Regione Lazio, ai sensi dell'art. 89 del DPR n. 380/2001, nonché degli atti di governo del territorio (Piano per l'Assetto Idrogeologico - P.A.I.) emanati dall'Autorità di Bacino competenti

La Relazione contiene:

- 1) Indicazione del Livello di Rischio Sismico;
- 2) Carta Geologica in scala proporzionale alla rilevanza delle opere 1:5.000;
- 3) Caratteristiche idrogeologiche e l'interazione con la falda idrica;
- 4) Caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che possano influenzare la RSL;
- 5) N.2 Sezioni Geologiche di cui una tracciata lungo la massima pendenza con indicazione delle opere di progetto e la successione dei litotipi fondazionali con il maggiore livello della falda acquifera eventualmente presente;
- 6) Planimetria ubicativa delle prove (Vs30, sondaggi, penetrometriche, ecc.);
- 7) Elaborati numerici e grafici di ogni indagine eseguita;
- 8) Stralcio della Cartografia del P.A.I. dell'Autorità di Bacino competente;
- 9) Recepimento di eventuali prescrizioni previste dal parere rilasciato ai sensi dell'art.89 del DPR 380/2001;
- 10) Stralcio della Carta di Microzonazione Sismica validato;
- 11) Documentazione fotografica, attestante l'esecuzione delle indagini prove;
- 12) Indicazioni sulla fattibilità dell'intervento e prescrizioni progettuali.

Normative di riferimento:

- D.G.R.L. n.189 del 13/04/2021 – Adozione del Regolamento Regionale concernente modifiche al R.R. del 20/10/2020 N.26.
- D.M. 17/01/2018 (G.U. 20 febbraio 2018 n.8) – Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni".
- D.G.R.L. n.2649/99 - Studi di M.S. in alcuni comuni del Lazio - OPCM 3907/201.
- D.P.R. n.380/2001 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia. (Testo A)".
- D.G.R.L. n. 387/09 - Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Lazio in applicazione della OPCM N.3519/2006 e della DGRL 766/03.

1 - METODOLOGIA DI INDAGINE E PROVENIENZA DEI DATI

Per redigere la presente relazione Geologica è stata effettuata un'accurata indagine da fonti bibliografiche e di letteratura, necessaria per definire le caratteristiche geologiche, morfologiche, idrogeologiche e sismiche dell'area interessata dal progetto. In particolare si è fatto riferimento ai dati riportati nella:

- Carta Geologica d'Italia Foglio Geologico Roma n°150 - scala 1:100.000
- Carta Geologica d'Italia Foglio Geologico Velletri n°388 Velletri scala 1:50.000
- Carta Idrogeologica della Regione Lazio - scala 1:100.000

I dati di Vulnerabilità geologica del settore di territorio in esame e l'eventuale perimetrazione delle aree in funzione della tipologia di processo geomorfologico, dello stato di attività, della cinematica, della velocità e della tendenza evolutiva, sono stati verificati nelle cartografie ufficiali aventi valori ai fini "vincolistici". È stata verificata la classificazione del sito in esame nelle seguenti cartografie ufficiali:

- Piano stralcio di Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità dei Bacini Regionali del Lazio, redatto ed approvato ai sensi del D.L. 180/98;
- "Carta inventario dei fenomeni franosi e delle aree a rischio elevato e molto elevato" - Regione Lazio - anno 2000;
- Banca dati informatica e cartografica del Progetto IFFI - Inventario Fenomeni Franosi d'Italia, sviluppato dall'APAT- Servizio Geologico Nazionale.

Nella seconda fase è stato condotto uno studio geomorfologico attraverso un organico rilevamento effettuato sia tramite rilievi diretti sul terreno, che mediante indagini fotointerpretative su fotografie aeree a varie scale, riprese in periodi diverse.

Per descrivere le caratteristiche stratigrafiche del sottofondo portante, in questa fase sono stati utilizzati i risultati di indagini geognostiche pregresse realizzate in piazza Sant'Eurosia per il progetto di arredo urbano e della viabilità confluyente, contenute nella Relazione Geologica e Sismica del Dott. Geol. Vincenzo Pasquali del 08/06/2017.

2 – INDICAZIONE DEL LIVELLO DI VULNERABILITÀ DELL'OPERA

Il progetto prevede la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idrogeologico con azioni di regimentazione delle acque in piazza Sant'Eurosia nel Comune di Lariano (Rm).

Considerando che nell'All.2 della D.G.R.L. n.387/2009 il Comune di Lariano è stato classificato **zona sismica 2b** e che in applicazione del Regolamento 26/10/2020, N.26 Regione Lazio - ALLEGATO C l'intervento rientra nei **progetti a classe d'uso III**, si determina che il livello di vulnerabilità dell'opera è **MEDIO**.

Per la definizione delle caratteristiche geotecniche e sismiche del volume significativo, si è ritenuto opportuno far riferimento a **indagini geognostiche pregresse** realizzate in piazza Sant'Eurosia per il progetto di arredo urbano e della viabilità confluyente:

- N. 1 sondaggio geognostico a 30,00 metri di profondità;

nonché, si è ritenuto opportuno realizzare le **indagini Geotecniche e Sismiche**:

- N. 1 prova sismica diretta Down Hole;
- N. 2 prove sismiche indiretta di tipo MASW;
- N. 1 prova sismica indiretta di tipo HVSR;
- N. 2 prove penetrometriche DPSH.

Tab. 1 – Livello di Rischio Sismico.

PROGETTI	PERICOLOSITA'				
	Zona Sismica				
	1	2a	2b	3a	3b
classi d'uso I e II	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
classe d'uso III	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
classe d'uso IV	ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO

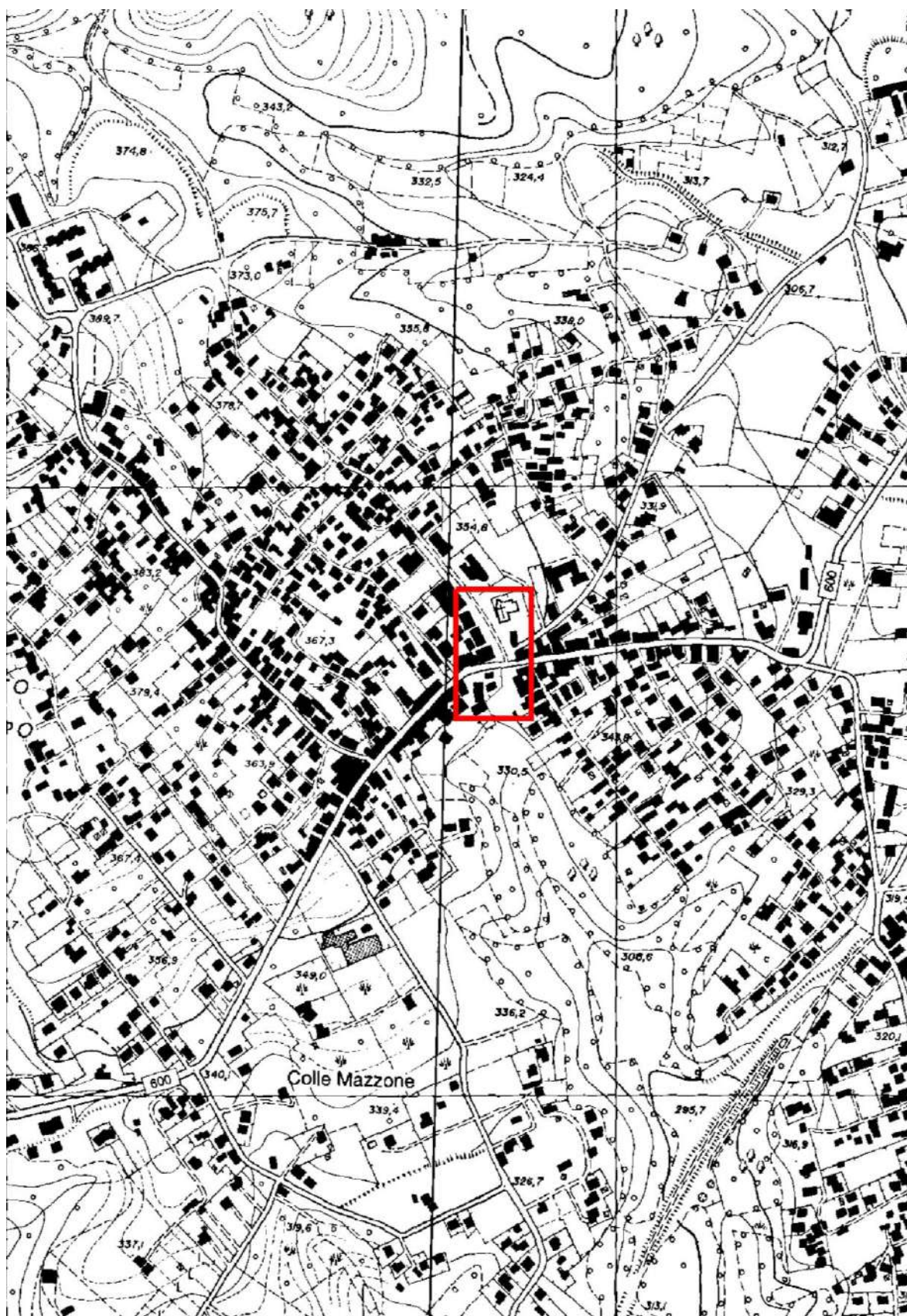
Tab. 2 - Indagini Geologiche, Geotecniche e Sismiche minime.

Livello di Rischio Sismico	TERRENI	
	MEDIO	
	MEDIO	
	a) Almeno 1 Sondaggio Geognostico con Prove SPT in foro più 1 Prova Penetrometrica statica (CPT, CPTE, CPTU), dinamica (DPSH) o dilatometriche DMT, oppure, almeno 2 Prove Penetrometriche statiche (CPT, CPTE, CPTU) o dinamiche (DPSH), che consentano di definire le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni coesivi e granulari costituenti il volume significativo fondazionale. b) In sostituzione delle prove di cui alla lettera a), solo per le classi III e IV: almeno 1 Sondaggio Geognostico con Prove SPT in foro, più 1 Prova Penetrometrica statica (CPT, CPTE, CPTU), dinamica (DPSH) o dilatometriche DMT, che consentano di definire le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni coesivi e granulari costituenti il volume significativo fondazionale. c) Nel caso di esecuzione del Sondaggio Geognostico: prelievo di campioni quando la litologia consente un campionamento indisturbato o almeno significativo, del terreno fondazionale da sottoporre a Prove Geotecniche di laboratorio, certificate ai sensi dell'articolo 59 del DPR 380/2001 e successive modifiche, per la definizione delle caratteristiche fisico-meccaniche e/o dinamiche (Prova di Taglio Diretta, Prova Edometrica, Prova Triassiale, Prova di Taglio Ciclico, Colonna Risonante, ecc.). d) Almeno 2 Prove Sismiche in sito attive (MASW, SASW, MFT, FTAN, ecc.) o passive (REMI, SPAC, ESAC, f-k, MAAM, ecc.), possibilmente perpendicolari tra di loro per la definizione del profilo di velocità dell'onda S. e) Almeno 1 Acquisizione di Microtremore Sismico a stazione singola (HVSr), per la definizione della frequenza di risonanza del terreno. f) Almeno una prova sismica diretta in foro (DH, CH, SDMT) eseguita fino alla profondità pari al raggiungimento del bedrock sismico o comunque fino alla profondità di almeno 30 metri, in tutti i casi in cui dovrà essere eseguito uno studio di Risposta Sismica Locale (RSL) per le classi d'uso III e IV. g) Analisi della Risposta Sismica Locale, per tutte le classi d'uso III e IV come previsto dalla DGR 493/2019 e successive modifiche ed in tutti i casi in cui (es. inversioni di velocità, bruschi passaggi di rigidità, ecc.) il sottosuolo non è classificabile nelle categorie di cui alla Tabella 3.2.11 delle NTC2018, eseguita tramite: • codice di calcolo 1D unicamente per sottosuoli costituiti da strati orizzontali continui e superficie topografica piana; • codice di calcolo 2D da eseguire per sottosuoli non costituiti da strati orizzontali continui e superficie topografica non pianeggiante. ROCCE AFFIORANTI o SEPOLTE sotto terreni di copertura aventi spessore massimo di 3 metri (Substrato geologico) a) Almeno 2 Prove Penetrometriche statiche (CPT, CPTE, CPTU), dinamiche (DPSH) o dilatometriche DMT, che attraversino i terreni di copertura, coesivi e granulari, nel caso di ammassi rocciosi sepolti. b) Caratterizzazione Geomeccanica degli ammassi rocciosi affioranti, mediante esecuzione di rilevamento geostutturale, laddove possibile, oppure per le classi d'uso III e IV, tramite almeno 1 sondaggio geognostico. c) Almeno 1 prova Sismica in sito attiva (SeismicRefraction, MASW, SASW, MFT, FTAN, ecc.) o passiva (REMI, SPAC, ESAC, f-k, MAAM, ecc.), per la definizione del profilo di velocità dell'onda S. d) Almeno 1 Acquisizione di Microtremore Sismico a stazione singola (HVSr), per la definizione della frequenza di risonanza del terreno; e) Analisi della Risposta Sismica Locale, per tutte le classi d'uso III e IV come previsto dalla DGR 493/2019 e successive modifiche ed in tutti i casi in cui (es. inversioni di velocità, bruschi passaggi di rigidità, ecc.) il sottosuolo non è classificabile nelle	

Individuazione dell'area su CTR

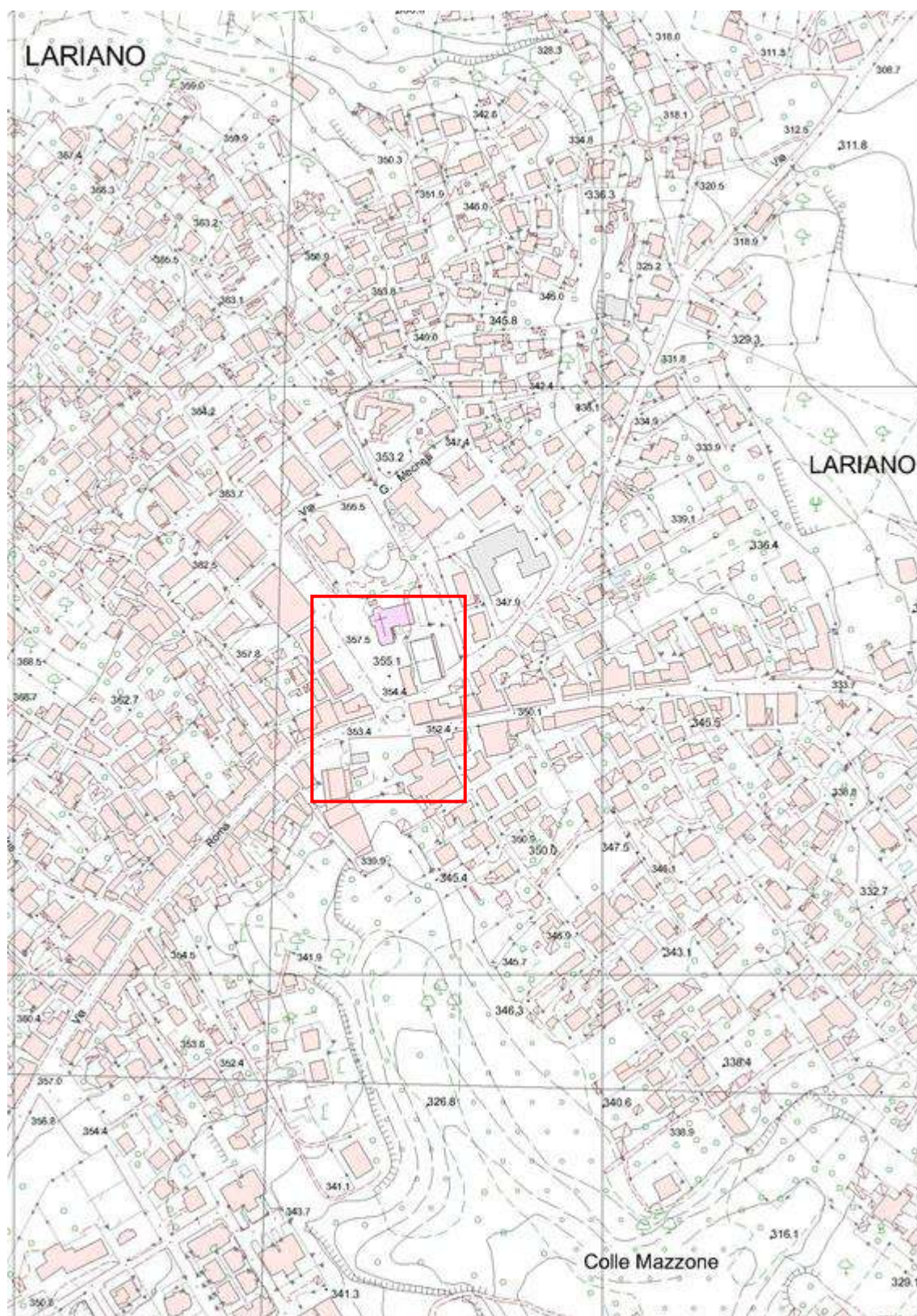
Carta Tecnica Regionale C.T.R. Sez. N°388070 Artena.

scala 1:10.000



Stralcio del fotogrammetrico Sezione 388074

scala 1:10.000



Ubicazione delle indagini in sito realizzate per il progetto di arredo urbano e della viabilità confluyente in piazza sant'Eurosia

LEGENDA

-  M.A.S.W. (il ● indica la stazione di battuta)
-  Stazione di misura delle frequenze HVSR
-  Prova penetrometrica DPSH
-  Sondaggio geognostico - Prova sismica DH



4 - GEOLOGIA

In quest'area, la serie affiorante è quella che si è depositata nell'area vulcanica dei Colli Albani, situata a sud-est di Roma, è la più meridionale dei distretti vulcanici a struttura centrale presenti nella Regione Lazio. Essa occupa una posizione particolarmente significativa nell'ambito dell'assetto strutturale della catena Appenninica; sorge infatti a sud delle unità meso-cenozoiche alloctone dei Monti della Tolfa, a settentrione della piattaforma carbonatica mesozoica dei Monti Lepini ed in prossimità delle successioni meso-cenozoiche dei Monti Prenestini e Tiburtini. Il vulcanismo si è sviluppato al di sopra di un substrato sedimentario costituito da unità delle successioni pelagiche mesozoiche con testimonianze di una transizione esterna nelle parti più meridionali. Da un punto di vista geocronologico i Colli Albani sono simili agli altri distretti alcalino-potassici laziali, ma la prima data radiometrica disponibile indica un'età di circa 530.000 anni e si riferisce alla prima grande unità esplosiva in colata piroclastica emessa durante il primo ciclo di attività del primordiale apparato centrale Tuscolano-Artemisio.

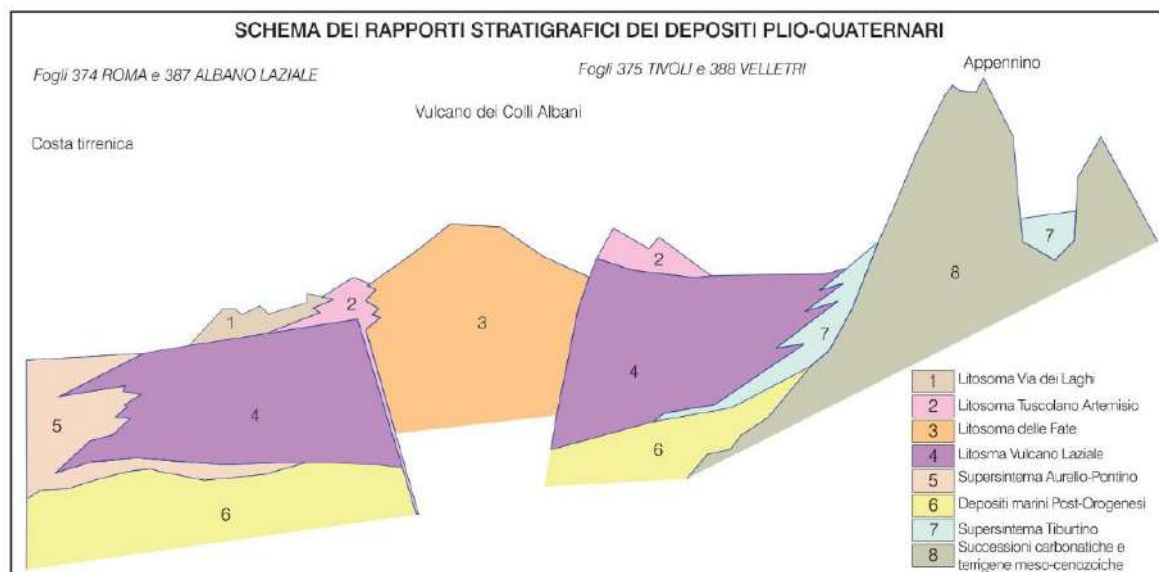
Per semplicità l'attività del Vulcano Laziale viene suddivisa in tre fasi principali.

La prima fase ($0,6 \div 0,36$ Ma) è caratterizzata dall'eruzione di un imponente volume di lava: prima colata piroclastica del Tuscolo-Artemisio. Durante questo periodo il deposito di lava e di materiale piroclastico formò l'edificio centrale del complesso vulcanico. Le eruzioni dal cono centrale e dalle fratture laterali, si sono associate a sprofondamenti e collassi dovuti allo svuotamento della camera magmatica, posta a circa 6 Km di profondità, con la conseguente formazione della caldera Tuscolana-Artemisia. La deposizione della II, III, IV colata piroclastica del T. A. è stata contemporanea alle fasi di abbassamento del livello marino.

La seconda fase ($0,30 \div 0,17$ Ma) ha avuto le stesse caratteristiche della prima, ma il volume di magma è stato molto ridotto. Durante questa fase l'attività vulcanica ha interessato la parte centrale dell'area collassata, con la formazione dell'edificio dei Campi di Annibale, inoltre, ha generato numerose colate dalle fratture prodottesi nella Campagna Romana a nord dell'edificio centrale.

La terza fase ($0,17 \div 0,037$ Ma) riguarda l'attività idromagmatica finale, contraddistinta da una prevalente attività di tipo esplosivo, che si è concentrata nel settore occidentale del complesso, dove si sono sviluppati crateri esplosivi lungo strutture regionali orientate NS o NO-SE.

Fig. 1 – Rapporti stratigrafici dei depositi l'attività del Vulcano Laziale.



4.1 - Geologia locale

Le informazioni contenute nella Carta geologica - scala 1:10.000 - riportata di seguito, hanno messo in evidenza che tutta l'area è caratterizzata, in affioramento, dai depositi vulcanici pleistocenici riferibili al sistema eruttivo centrale del vulcanismo dei Colli Albani.

Il rilevamento geologico e le indagini geognostiche hanno messo in evidenza che nell'area affiorano i depositi della **Formazione di Madonna degli Angeli** costituita da lave e piroclastiti derivanti dal recinto esterno dell'apparato vulcanico dei Colli Albani (Pleistocene medio) alternati con orizzonti provenienti dall'edificio delle Faete Fig. 1. Tali depositi risultano costituiti da tufo incoerente (pozzolane) formato da piccole scorie varicolori, con dimensioni massime di circa un centimetro (lapilli scoriacei), ben straterellati, con più o meno abbondanti pirosseni, granati e lamelle di mica. Il colore nei fronti visibili nell'area rilevata, varia da punto a punto dal nero al violetto, fino al predominante giallo rossastro.

La coltre superficiale, per progredita alterazione, assume l'aspetto di un tufo terroso, incoerente, contenente parte dei lapilli scoriacei, gialli, ancora ben riconoscibili. Intercalate agli strati di lapilli scoriacei esistono numerose colate di lava.

A circa **20 metri di profondità** questi depositi sono in contatto stratigrafico con il membro delle **pozzolane della Formazione di Villa Senni** caratterizzate da pozzolane gialle e grigie, a granulometria sabbiosa grossolana, con scorie e inclusi litici, da poco a moderatamente addensate e tufo addensato grigio.

Il contatto o la distinzione tra i litotipi sopra descritti, non è risultato sempre netto e ben evidente, a causa dell'intensa antropizzazione, infatti i depositi vulcanici sono coperti da un deposito di riporto antropico che presenta uno spessore variabile da 0,50 m a 1,5 m.

4.2 - Caratteristiche stratigrafiche

Per descrivere le caratteristiche stratigrafiche del sottofondo portante, in questa fase della progettazione, si considerano i risultati di indagini geognostiche pregresse realizzate il 12/07/2016 (Società SONGEO) in piazza Sant'Eurosia per il progetto di arredo urbano e della viabilità confluyente, contenute nella Relazione Geologica e Sismica del Dott. Geol. Vincenzo Pasquali del 08/06/2017.

Sulla base dei dati della campagna è stata identificata la seguente stratigrafia:

- da 0,00 a 0,60 m riporto antropico costituito dal massetto stradale e da materiale di riempimento costituito da depositi di risulta di laterizi, sciolti o poco addensati
- da 0,60 a 13,30 m tufiti e *pozzolane a granulometria limoso-sabbiosa*, da sciolte a poco addensate, marroni o brune rossastre – litotipo 1;
- da 13,30 a 20,00 m *limo sabbioso* moderatamente addensato, grigio giallastro – litotipo 2.

La natura vulcanica dei depositi piroclastici affioranti, determina una peculiare reattività degli stessi depositi verso gli agenti degradativi e una spiccata propensione degli stessi depositi a decompimersi, dissipando la stato di sovraconsolidamento acquisito in sede di evoluzione strutturale.

Le piogge determinano processi d'infiltrazione nei terreni, seppure a bassa permeabilità, determinando effetti di rigonfiamento e rammollimento e conseguente diminuzione di resistenza al taglio. Tale aumento del contenuto naturale di acqua nella matrice argillosa, provoca un decremento delle componenti normali dello stato tensionale effettivo medio e un conseguente decremento del termine frizionale della resistenza al taglio, globalmente disponibile lungo le superfici di rottura in via di definizione.

CARTA GEOLOGICA

C.T.R. Sezioni: Lariano n°388060

Scala 1:10.000



LEGENDA



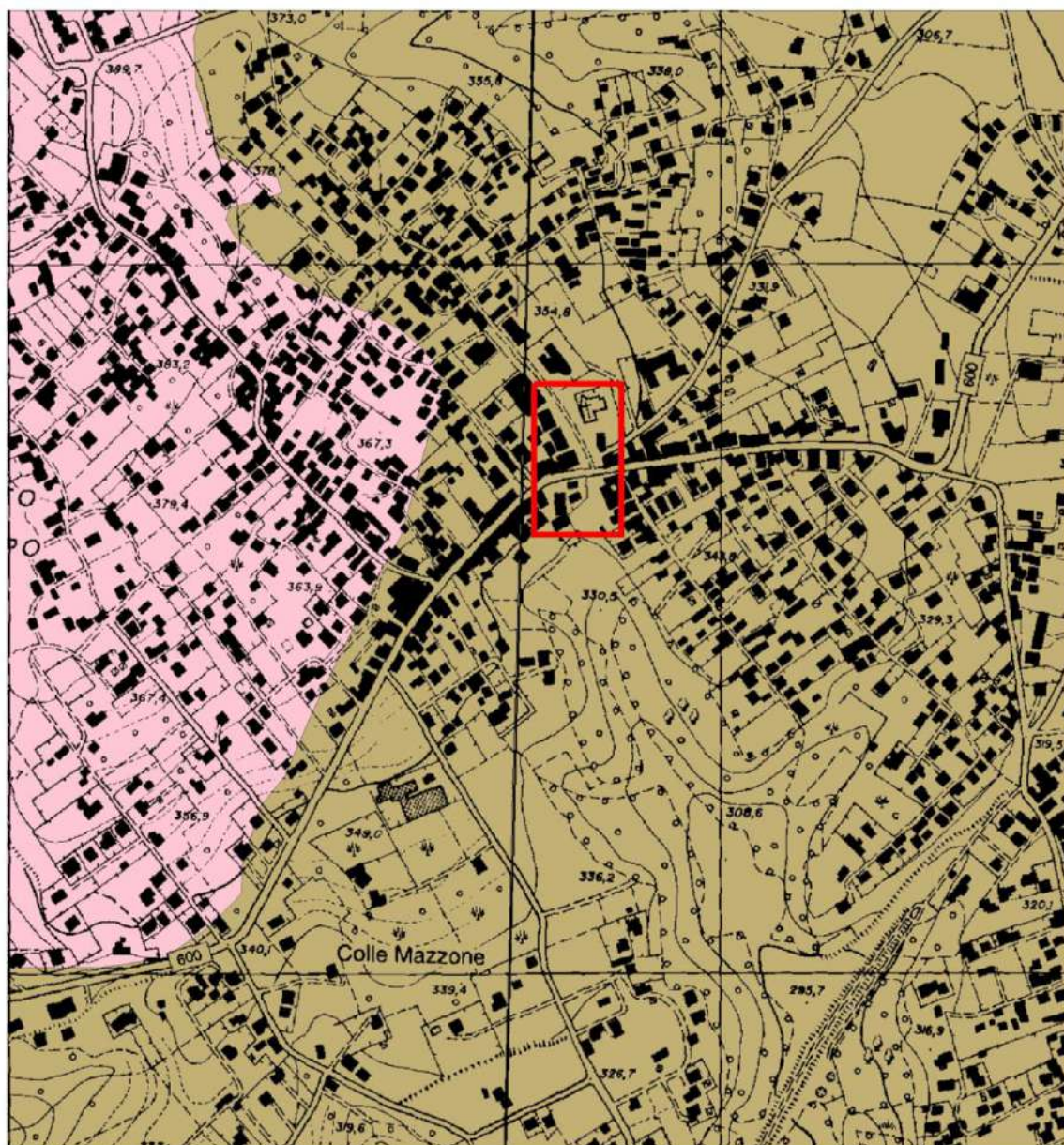
Formazione di Campi d'Annibale. Depositi ricchi di ceneri e lapilli accrezionari, separati da paleosuoli, coprono estesamente il fondo calderico ed i fianchi interni ed esterni dei settori Tuscolano ed Artemisio della caldera con spessori da 1 a 5 metri. Localmente gli orizzonti piroclastici sono intercalati a livelli di breccia, cristalli di leucite, pirosseni e litici lavici. (Pleistocene superiore)



Formazione di Madonna degli Angeli. Strati e livelli alternati di scorie, lapilli e di ceneri di ricaduta, variamente alterati in paleosuoli, associati ad eruzioni pliniane e stromboliane dalle bocche fissurali peri-calderiche del Tuscolano Artemisio e lo stratovulcano intra-calderico delle Faete. (Pleistocene medio)



Area interessata dall'indagine



CARTA GEOLOGICA DI DETTAGLIO

Scala 1:5.000



LEGENDA



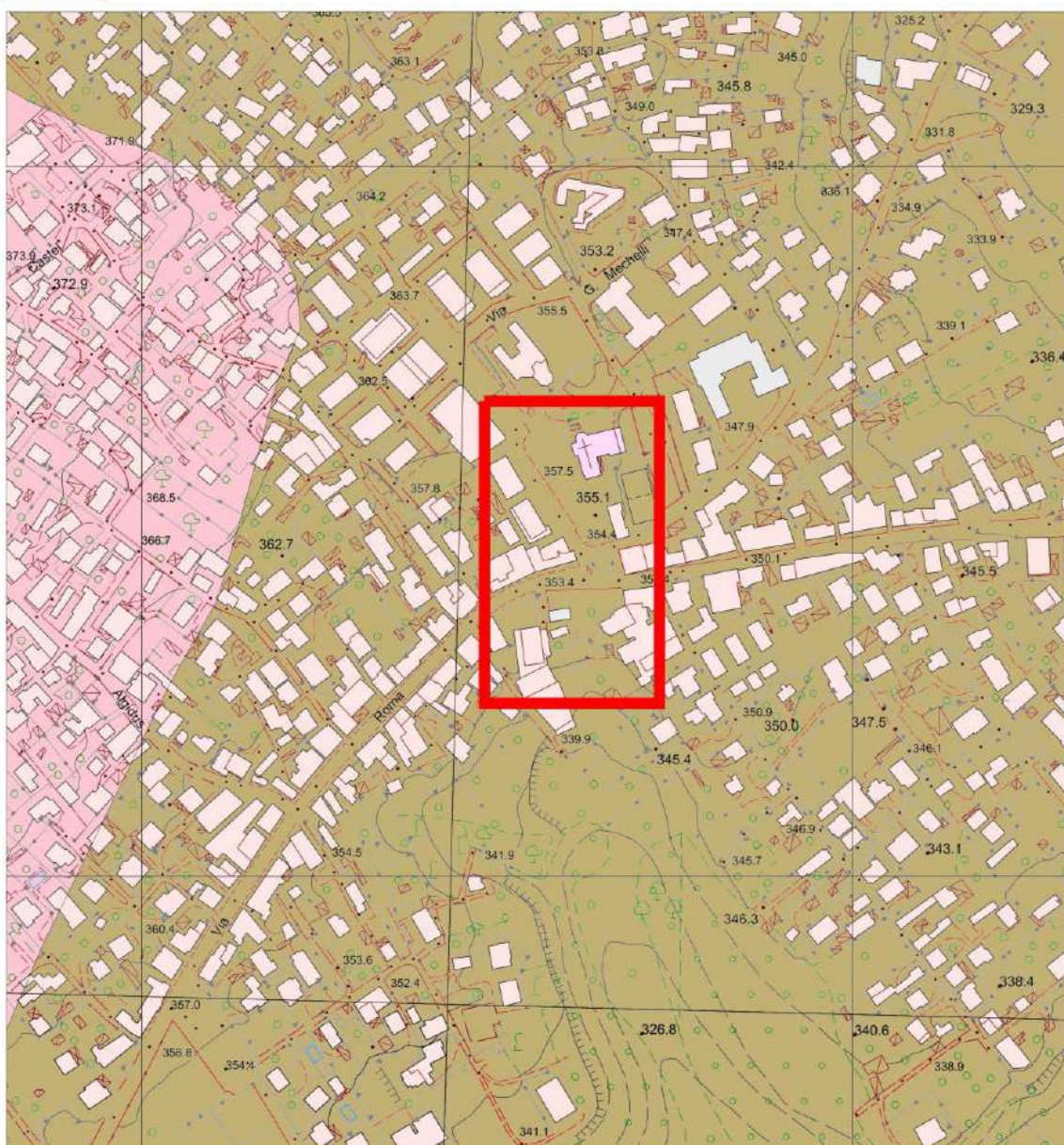
Formazione di Campi d'Annibale. Depositi ricchi di ceneri e lapilli accrezionari, separati da paleosuoli, coprono estesamente il fondo calderico ed i fianchi interni ed esterni dei settori Tuscolano ed Artemisio della caldera con spessori da 1 a 5 metri. Localmente gli orizzonti piroclastici sono intercalati a livelli di breccia, cristalli di leucite, pirosseni e litici lavici. (Pleistocene superiore)



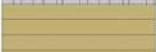
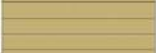
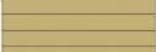
Formazione di Madonna degli Angeli. Strati e livelli alternati di scorie, lapilli e di ceneri di ricaduta, variamente alterati in paleosuoli, associati ad eruzioni pliniane e stromboliane dalle bocche fissurali peri-calderiche del Tuscolano Artemisio e lo stratovulcano intra-calderico delle Faete. (Pleistocene medio)

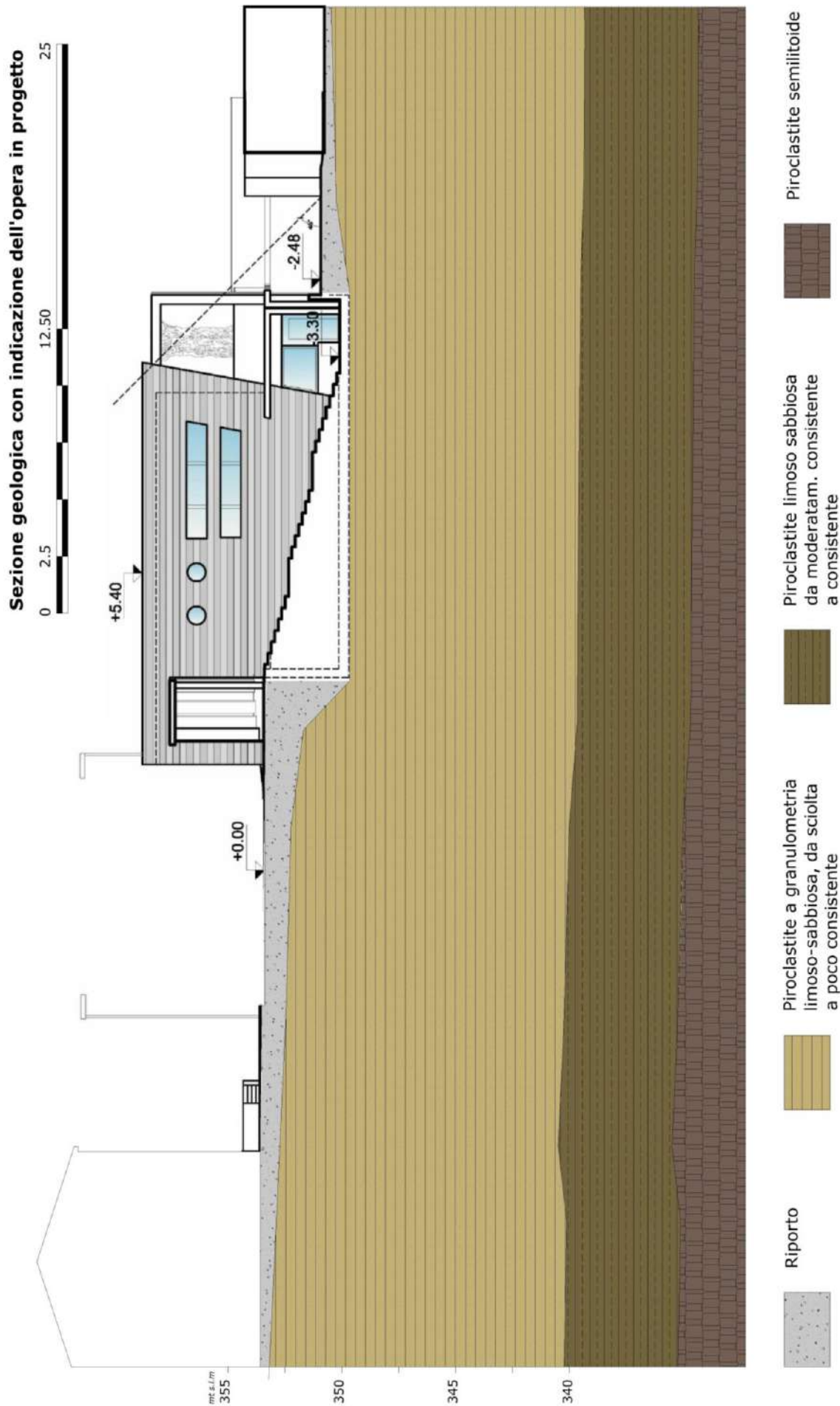


Area interessata dall'indagine



Stratigrafia dei litotipi estesa a -30 metri dal piano di imposta delle fondazioni con l'indicazione della massima escursione dell'eventuale falda acquifera o dell'eventuale sua assenza

Polenza strati metri	Unità 1 mt	Schema stratigrafico	DESCRIZIONE GEOGNOSTICA E GEOTECNICA	Falda mt
0,60			Riporto antropico.	
	2.00		Piroclastite a granulometria limoso-sabbiosa, da sciolta a poco consistente, marrone o bruno-rossastra.	
	4.00			
	6.00			
	8.00			
	10.00			
	12.00			
13,30	14.00		Piroclastite limoso sabbiosa da moderatamente consistente a consistente, di colore grigio giallastro.	
	16.00			
	18.00			
6,70	20.00		Piroclastite semilitoide.	
	22.00			
	24.00			
	26.00			
	28.00			
	30.00			



5 - MORFOLOGIA DELL'AREA

Le caratteristiche morfologiche del paesaggio sono strettamente condizionate dalla messa in posto dei depositi, connessi con le fasi tardive dell'attività vulcanica Pleistocenica. I depositi piroclastici di ricaduta hanno ammantato il rilievo, livellando la preesistente morfologia; per contro, la messa in posto di depositi tramite flussi lavici o ignimbritici ha in genere seguito l'andamento dei paleo alvei, colmandoli, almeno parzialmente, e determinando la locale diversione o deviazione dei corsi d'acqua. Il paesaggio che ne deriva è dunque composito, costituito da forme relitte pre-vulcanismo, morfologie vulcaniche e morfologie successive e sovrainposte alle prime, prevalentemente connesse con processi di ruscellamento diffuso e concentrato (rill erosion).

Un ruolo fondamentale e condizionante nell'evoluzione morfologica dell'area hanno assunto le attività antropiche. L'azione antropica tramite attività di escavazione, rinterri, livellamento, per la realizzazione delle varie opere infrastrutturali, ha condizionato la "normale" evoluzione morfologica del paesaggio.

La Piazza si estende su una morfologia pianeggiante e si mantiene ad una quota altimetrica di 353 m s.l.m.

La definizione del grado di pericolosità geomorfologica del settore di territorio in esame e l'eventuale perimetrazione delle aree in funzione della tipologia di processo geomorfologico, dello stato di attività, della cinematica, velocità e tendenza evolutiva, ha preso inizio da un'attenta analisi della cartografia esistente in merito, ed avente valore ai fini "vincolistici". È stata verificata la classificazione del sito in esame nelle seguenti cartografie ufficiali:

- Piano stralcio di Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità dei Bacini Regionali del Lazio, redatto ed approvato ai sensi del D.L. 180/98;
- "Carta inventario dei fenomeni franosi e delle aree a rischio elevato e molto elevato" - Regione Lazio - anno 2000;
- Banca dati informatica e cartografica del Progetto IFFI - Inventario Fenomeni Franosi d'Italia, sviluppato dall'APAT- Servizio Geologico Nazionale.

Tali cartografie non presentano nel settore esaminato aree perimetrate a rischio di frana e/o idraulico, ma dall'attuale stato dei luoghi, emerge per l'area oggetto di studio, un'esposizione diretta a significativi fenomeni di rischio idraulico.

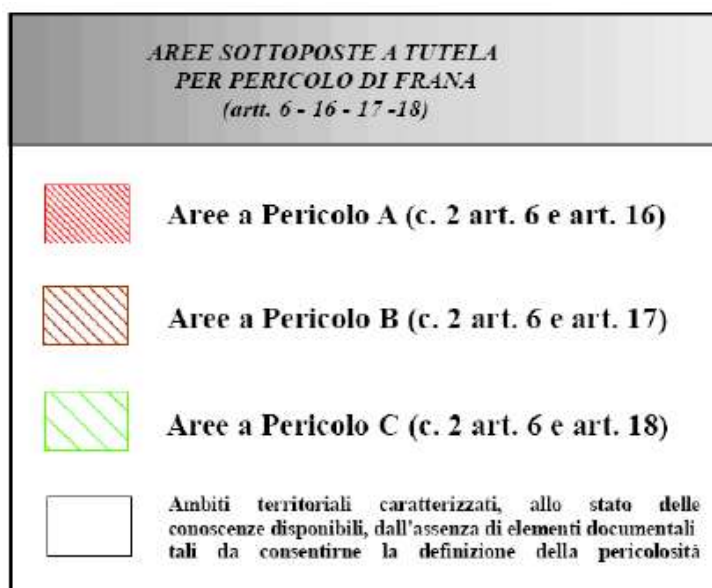
Dai sopralluoghi tecnici effettuati in piazza San Eurosia è emerso che sono necessari interventi di mitigazione del rischio idrogeologico con azioni di regimentazione delle acque superficiali, infatti allo stato attuale si rileva assenza di una regimentazione delle acque di scorrimento superficiale e lungo il tracciato stradale. L'acqua meteorica, allo stato attuale, ruscella e/o favorita dalle numerose contropendenze e crepacciature superficiali si infiltra, producendo incremento dello stato tensionale e lubrificando i piani di scorrimento del terreno favorendo la mobilitazione.

Precipitazioni diffuse e di forte intensità causano un ruscellamento con immediata ripercussione sulla rete idrografica, soprattutto secondaria, con localizzati fenomeni di esondazione, e sul sistema fognario.

Smottamenti delle coperture superficiali e colate rapide di modesta entità hanno interessato la rete viaria, dove il transito stradale induce sollecitazioni impulsive ondulatorie, che determinano un aumento delle pressioni interstiziali dell'ammasso, con conseguente riduzione delle proprietà geotecniche

Le abbondanti precipitazioni determinano fenomeni erosivi di lieve entità, crolli di argini e rotture di manufatti, determinando un irregolare deflusso delle acque con conseguente riduzione della funzionalità idraulica.

Piano stralcio di Assetto Idrogeologico (PAI)
dell'Autorità dei Bacini Regionali del Lazio



6 - IDROGRAFIA SUPERFICIALE

Da un'analisi di dettaglio del reticolo idrografico effettuato sulle cartografie I.G.M. (scala 1:25.000) e sulle Carte Tecniche Regionali C.T.R. (scala 1:10.000), integrato con sopralluoghi diretti sul territorio si osserva che le acque di scorrimento superficiale seguono gli impluvi naturali e drenano nel Fosso di Valle Mazzone.

Lo sviluppo del reticolo drenante è in stretta relazione con le condizioni geostruturali locali: ne deriva un reticolo idrografico caratterizzato da corsi d'acqua che hanno un carattere torrentizio, un regime idrografico irregolare, con portate stagionali fortemente condizionate dal regime pluviometrico.

7 - IDROGEOLOGIA

Nell'area affiora il complesso idrogeologico dei depositi vulcanici che presenta una permeabilità variabile in funzione della granulometria, del grado di compattezza e di fratturazione. Nell'insieme si può considerare mediamente permeabile per porosità e solo localmente per fessurazione.

Tale complesso ha una notevole capacità di immagazzinamento e contiene falde sospese discontinue e superficiali di limitata estensione e di interesse locale, che alimentano piccole sorgenti di strato in corrispondenza o del contatto tra tufi a permeabilità diversa o del contatto tra lave e tufi o, infine, del contatto tra i tufi ed il basamento sedimentario torbiditico. La potenzialità delle falde acquifere è condizionata dalle dimensioni e dalla continuità degli affioramenti. *La presenza di falde superficiali verrà verificata con i sondaggi geognostici che verranno realizzati in sito.*

Le precipitazioni medie annue misurate nelle stazioni pluviometriche limitrofe (Ardea, Velletri e Castel di Leva) sono variabili da 800 a 1.300 mm/anno.

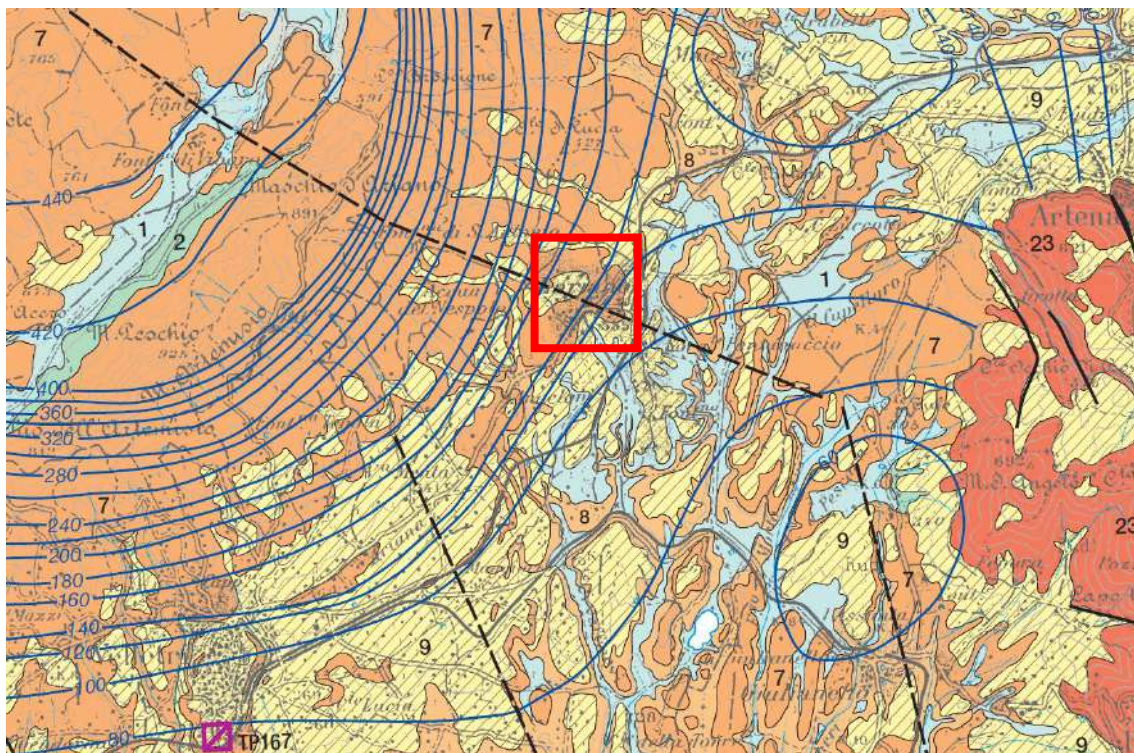
Il ruscellamento è fortemente condizionato dal regime pluviometrico.

L'infiltrazione efficace annua, nei termini prevalentemente piroclastici, è compresa tra 300 a 500 mm/anno (dati Carta dello Schema Idrogeologico dell'Italia Centrale – C.N.R., 1987).

I dati bibliografici hanno rilevato nell'area di pertinenza della Piazza, la presenza di una falda ad una profondità di circa 220 mt.

CARTA IDROGEOLOGICA DELLA REGIONE LAZIO

SCALA 1:100.000

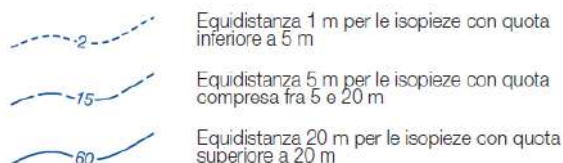


COMPLESSI IDROGEOLOGICI

- | | |
|----|---|
| 1 | <p>COMPLESSO DEI DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI - potenzialità acquifera da bassa a medio alta
 Alluvioni ghiaiose, sabbiose, argillose attuali e recenti anche terrazzate e coperture eluviali e colluviali (<i>OLIOCENE</i>). Spessore variabile da pochi metri ad oltre un centinaio di metri. Dove il complesso è costituito dai depositi alluvionali dei corsi d'acqua perenni presenta gli spessori maggiori (da una decina ad oltre un centinaio di metri) e contiene falde multistrato di importanza regionale. I depositi alluvionali dei corsi d'acqua minori, con spessori variabili da pochi metri ad alcune decine di metri, possono essere sede di falde locali di limitata estensione.</p> |
| 2 | <p>COMPLESSO DEI DEPOSITI DETRITICI - potenzialità acquifera medio alta
 Detriti di falda e di pendio, depositi morenici, di conicole e di frana e terre rosse (<i>PLEISTOCENE - OLOCENE</i>) con spessori variabili fino ad alcune decine di metri. Dove poggia su un substrato più permeabile non contiene falde significative, ma contribuisce alla ricarica delle falde del substrato. Dove è sostenuto da un substrato meno permeabile ospita falde sospese che alimentano sorgenti diffuse a regime generalmente stagionale. Le grandi conicole possono contenere falde perenni alimentate da infiltrazione zenitale e, localmente, da apporti provenienti dagli acquiferi con cui sono in continuità idraulica.</p> |
| 7 | <p>COMPLESSO DELLE LAVE, LACCOLITI E CONI DI SCORIE - potenzialità acquifera medio alta
 Scorie generalmente saldate, lave e laccoliti. (<i>PLEISTOCENE</i>). Spessori da qualche decina a qualche centinaio di metri. Questo complesso contiene falde di importanza locale ad elevata produttività, ma di estensione limitata.</p> |
| 8 | <p>COMPLESSO DELLE POZZOLANE - potenzialità acquifera media
 Depositi da colata piroclastica, genericamente massivi e caotici, prevalentemente litoidi. Nel complesso sono comprese le ignimbriti e tufi (<i>PLEISTOCENE</i>). Spessore da pochi metri ad un migliaio di metri. Questo complesso è sede di una estesa ed articolata circolazione idrica sotterranea che alimenta la falda di base dei grandi acquiferi vulcanici regionali.</p> |
| 9 | <p>COMPLESSO DEI TUFİ STRATIFICATI E DELLE FACIES FREATOMAGMATICHE - potenzialità acquifera bassa
 Tufi stratificati, tufi terrosi, breccie piroclastiche, pomici, lapilli e blocchi lavici in matrice cineritica (<i>PLEISTOCENE</i>). I termini del complesso si presentano interdigitati tra gli altri complessi vulcanici per cui risulta difficile definirne lo spessore totale. Il complesso ha una rilevanza idrogeologica limitata anche se localmente può condizionare la circolazione idrica sotterranea, assumendo localmente il ruolo di limite di flusso e sostenendo esigue falde superficiali.</p> |
| 23 | <p>COMPLESSO DEI CALCARI DI PIATTAFORMA - potenzialità acquifera altissima
 Calcarei detritici, micritici, con intercalazioni dolomitiche; calcari organogeni e breccie calcaree della successione laziale abruzzese (<i>LLAS MEDIO - CRETACICO SUP.</i>). Spessori variabili da qualche centinaio a 1500 m. E' sede di articolati ed imponenti acquiferi che alimentano le maggiori sorgenti della regione. Le diverse fasi tettoniche hanno determinato un assetto idrogeologico regionale complesso che condiziona lo schema di circolazione idrica sotterranea tra le principali unità idrogeologiche.</p> |

ISOPIEZE

La piezometria è stata ricostruita solo per gli acquiferi vulcanici e alluvionali



8 – GEOTENICA

8.1 – Sondaggio meccanico a carotaggio continuo

Il sondaggio S1 è stato realizzato il 12/07/2016 dalla Società Songeo di Latina, per il progetto di arredo urbano e della viabilità confluyente in piazza Sant'Eurosia, riportato nella Relazione Geologica e Sismica del dott. Geol. Vincenzo Pasquali.

Fig. 1 – Cassette catalogatrici (le Foto sono state riprese dalla relazione Geologica del Dott. Vincenzo Pasquali del 08/06/2017).

da 0,00 a 5,00 metri



da 5,00 a 10,00 metri



da 10,00 a 15,00 metri



da 15,00 a 20,00 metri



da 20,00 a 30,00 metri

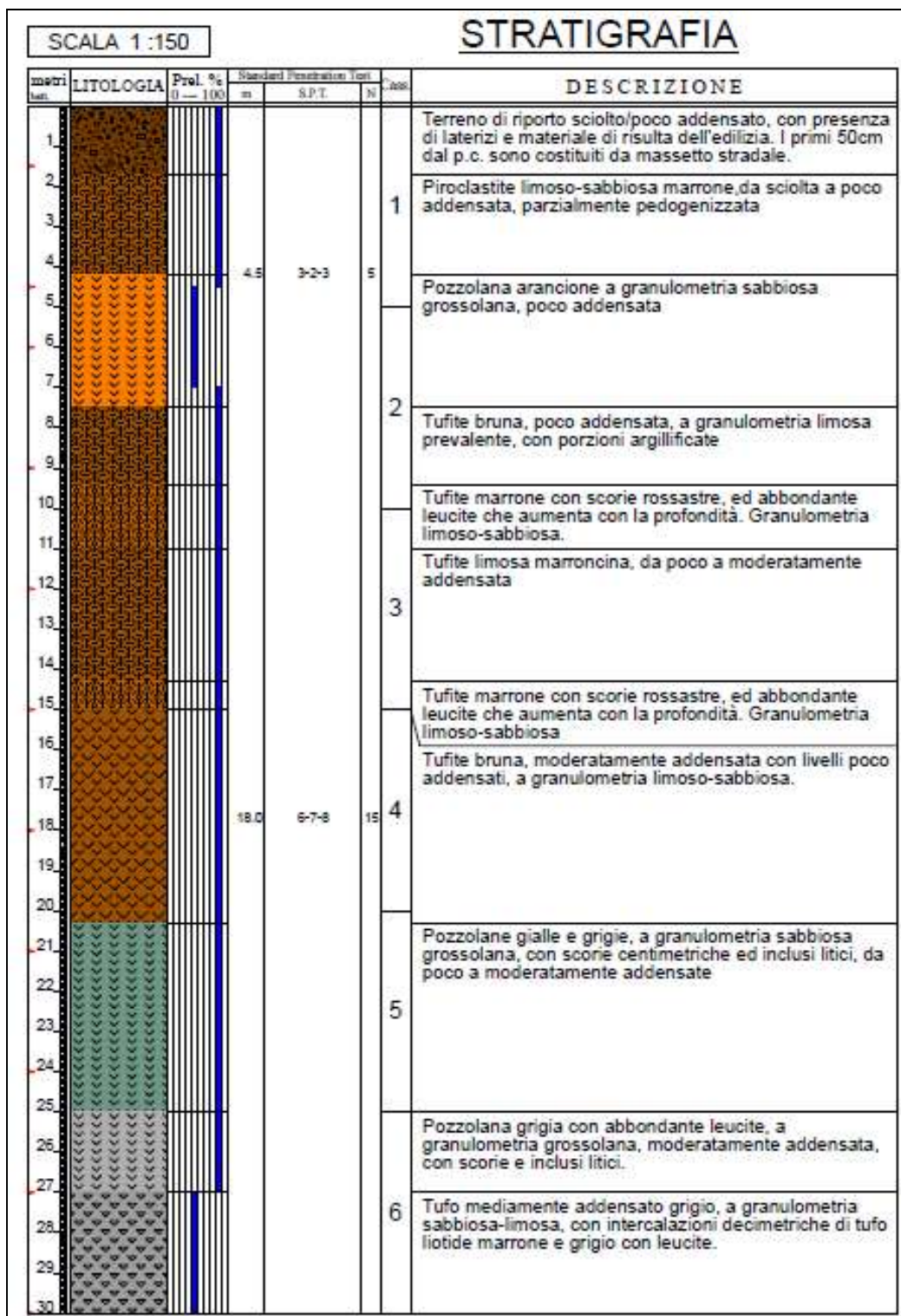


8.2 – Stratigrafia locale

Sulla base dei dati della campagna è stata identificata la seguente stratigrafia:

- da 0,00 a 0,60 m riporto antropico
- da 0,60 a 13,30 m limo-sabbioso, sciolto o poco addensato, marrone – litotipo 1
- da 13,30 a 20,00 m limo-sabbioso mod. addensato, grigio giallastro – litotipo 2
- da 20,00 a 30,00 m tufo semilitoide – litotipo 3

Fig. 1 – Stratigrafia S1 a 354 m s.l.m. (coordinate 319 805 E – 4 621 688 N).



8.3 - Prove DPSH

Al fine di acquisire una conoscenza di dettaglio della costituzione geologica del sottosuolo, per la caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni interessati dalle opere di progetto, è stata allestita una campagna di indagini geognostiche, che ha visto la realizzazione di due prove penetrometriche DPSH.

Fig. 1 - Elaborazione della prova DPSH_1

Prof. m	Num. colpi N ₂₀	φ °	C' daN/cm ²	Cu daN/cm ²	Eed daN/cm ²	D.R.	γ _n daN/m ³
0,20							
0,40							
0,60							
0,80	2	24	0,06	0,18	14,20	32,33	1650
1,00	2	24	0,06	0,18	14,20	31,66	1650
1,20	1	21	0,06	0,18	7,10	21,94	1650
1,40	2	24	0,06	0,19	14,20	30,44	1650
1,60	2	24	0,06	0,19	14,20	29,88	1650
1,80	2	24	0,07	0,20	14,20	29,35	1650
2,00	2	23	0,07	0,20	14,20	28,85	1650
2,20	2	23	0,07	0,22	14,20	28,37	1650
2,40	1	21	0,07	0,22	7,10	19,74	1650
2,60	2	23	0,08	0,23	14,20	27,48	1650
2,80	2	23	0,08	0,23	14,20	27,07	1650
3,00	2	23	0,08	0,24	14,20	26,67	1650
3,20	2	23	0,08	0,24	14,20	26,29	1650
3,40	1	21	0,08	0,24	7,10	18,33	1650
3,60	2	23	0,08	0,24	14,20	25,58	1650
3,80	2	23	0,08	0,25	14,20	25,24	1650
4,00	3	25	0,09	0,26	21,30	30,52	1650
4,20	3	25	0,09	0,26	21,30	30,14	1650
4,40	3	25	0,09	0,26	21,30	29,78	1650
4,60	3	25	0,09	0,26	21,30	29,43	1650
4,80	3	25	0,09	0,26	21,30	29,08	1650
5,00	3	25	0,09	0,26	21,30	28,76	1650
5,20	2	23	0,09	0,26	14,20	23,22	1650
5,40	2	23	0,09	0,26	14,20	22,97	1650
5,60	2	23	0,09	0,26	14,20	22,72	1650
5,80	2	23	0,09	0,26	14,20	22,49	1650
6,00	2	23	0,09	0,26	14,20	22,26	1800
6,20	3	25	0,09	0,26	21,30	26,99	1800
6,40	3	25	0,09	0,26	21,30	26,73	1800
6,60	3	25	0,09	0,26	21,30	26,47	1800
6,80	3	25	0,09	0,26	21,30	26,22	1800
7,00	4	26	0,09	0,26	28,40	30	1800

Prof. m	Num. colpi N ₂₀	φ °	C' daN/cm ²	Cu daN/cm ²	Eed daN/cm ²	D.R.	γ _n daN/m ³
7,00	4	26	0,09	0,26	28,40	30	1800
7,20	4	26	0,09	0,26	28,40	29,73	1800
7,40	3	25	0,09	0,26	21,30	25,52	1800
7,60	3	25	0,09	0,26	21,30	25,29	1800
7,80	3	25	0,09	0,26	21,30	25,08	1800
8,00	4	26	0,09	0,26	28,40	28,71	1800
8,20	4	26	0,09	0,26	28,40	28,47	1800
8,40	4	26	0,09	0,26	28,40	28,24	1800
8,60	4	26	0,09	0,26	28,40	28,01	1800
8,80	5	27	0,09	0,26	35,50	31,07	1800
9,00	5	26	0,09	0,26	35,50	30,83	1800
9,20	5	26	0,09	0,26	35,50	30,59	1800
9,40	5	26	0,09	0,26	35,50	30,36	1800
9,60	5	26	0,09	0,26	35,50	30,14	1800
9,80	5	26	0,09	0,26	35,50	29,91	1800
10,00	5	26	0,09	0,26	35,50	29,70	1800
10,20	5	26	0,09	0,26	35,50	29,49	1800
10,40	5	26	0,09	0,26	35,50	29,28	1800
10,60	5	26	0,09	0,26	35,50	29,08	1800
10,80	5	26	0,09	0,26	35,50	28,88	1800
11,00	5	26	0,09	0,26	35,50	28,68	1800
11,20	5	26	0,09	0,26	35,50	28,49	1800
11,40	5	26	0,09	0,26	35,50	28,31	1800
11,60	6	27	0,09	0,26	42,60	30,81	1800
11,80	6	27	0,09	0,26	42,60	30,61	1800
12,00	6	27	0,09	0,26	42,60	30,42	1800
12,20	6	27	0,09	0,26	42,60	30,23	1800
12,40	7	28	0,09	0,26	49,70	32,45	1800
12,60	7	28	0,09	0,26	49,70	32,25	1800
12,80	6	21	0,00	0,00	42,60	29,50	1800
13,00	6	27	0,09	0,26	49,70	31,68	1800
13,20	7	27	0,09	0,26	49,70	31,50	1800
13,40	7	27	0,09	0,26	56,80	33,48	1800
13,60	8	28	0,09	0,26	248,50	69,63	2000
13,80	35	34	0,09	0,26	248,50	69,63	2000

Fig. 2 - Elaborazione della prova DPSH_2

Prof. m	Num. colpi N ₂₀	φ °	C' daN/cm ²	Cu daN/cm ²	Eed daN/cm ²	D.R.	γ _n daN/m ³
0,20							
0,40							
0,60							
0,80	3	25	0,06	0,18	21,30	39,59	1650
1,00	3	25	0,06	0,18	21,30	38,77	1650
1,20	2	24	0,06	0,18	14,20	31,03	1650
1,40	1	21	0,06	0,19	7,10	21,52	1650
1,60	1	21	0,06	0,19	7,10	21,13	1650
1,80	1	21	0,07	0,20	7,10	20,75	1650
2,00	1	21	0,07	0,20	7,10	20,40	1650
2,20	1	21	0,07	0,22	7,10	20,06	1650
2,40	2	23	0,07	0,22	14,20	27,91	1650
2,60	2	23	0,08	0,23	14,20	27,48	1650
2,80	2	23	0,08	0,23	14,20	27,07	1650
3,00	2	23	0,08	0,24	14,20	26,67	1650
3,20	2	23	0,08	0,24	14,20	26,29	1650
3,40	2	23	0,08	0,24	14,20	25,93	1650
3,60	2	23	0,08	0,24	14,20	25,58	1650
3,80	2	23	0,08	0,25	14,20	25,24	1650
4,00	1	21	0,09	0,26	7,10	17,62	1650
4,20	1	21	0,09	0,26	7,10	17,4	1650
4,40	2	23	0,09	0,26	14,20	24,31	1650
4,60	2	23	0,09	0,26	14,20	24,03	1650
4,80	3	25	0,09	0,26	21,30	29,08	1650
5,00	3	25	0,09	0,26	21,30	28,76	1650
5,20	3	25	0,09	0,26	21,30	28,44	1650
5,40	3	25	0,09	0,26	21,30	28,13	1650
5,60	3	25	0,09	0,26	21,30	27,83	1650
5,80	3	25	0,09	0,26	21,30	27,54	1650
6,00	3	25	0,09	0,26	21,30	27,26	1800
6,20	4	26	0,09	0,26	28,40	31,17	1800
6,40	4	26	0,09	0,26	28,40	30,85	1800
6,60	4	26	0,09	0,26	28,40	30,57	1800
6,80	4	26	0,09	0,26	28,40	30,28	1800
7,00	5	27	0,09	0,26	35,50	33,54	1800
7,20	5	27	0,09	0,26	35,50	33,24	1800
7,40	5	27	0,09	0,26	35,50	32,94	1800
7,60	6	27	0,09	0,26	42,60	35,77	1800
7,80	8	28	0,09	0,26	56,80	40,95	1800
8,00	28	33	0,09	0,26	198,80	75,96	1800

Gli elaborati grafici e le correlazioni empiriche dei parametri geomeccanici alle varie profondità sono riportati in allegato.

8.4 – Modellazione

I risultati delle prove penetrometriche DPSH hanno consentito di elaborare dei profili stratigrafici-geotecnici per tutta l'area d'intervento, suddividendo i materiali incontrati in tre litotipi principali che caratterizzano il volume significativo.

Utilizzando le correlazioni note in letteratura, è stata definita la seguente caratterizzazione geomeccanica alle varie profondità:

Litotipo 1

Spessore 12,70 metri

Descrizione: limo sabbioso sciolto

Peso di Volume	0,00180 Kg/cm ³	1800 daN/m ³
Angolo di attrito del terreno	24 °	
Coesione non drenata	0,24 Kg/cm ²	0,24 daN/cm ²
Coesione efficace (drenata)	0,08 Kg/cm ²	0,08 daN/cm ²

Litotipo 2

Spessore 6,70 metri

Descrizione: limo sabbioso moderatamente addensato

Peso di Volume	0,00195 Kg/cm ³	1950 daN/m ³
Angolo di attrito del terreno	28 °	
Coesione non drenata	0,30 Kg/cm ²	0,30 daN/cm ²
Coesione efficace (drenata)	0,10 Kg/cm ²	0,10 daN/cm ²

Litotipo 3

bedrock

Peso di Volume	0,00200 Kg/cm ³	2000 daN/m ³
Angolo di attrito del terreno	32 °	
Coesione non drenata	2,70 Kg/cm ²	2,70 daN/cm ²
Coesione efficace (drenata)	0,90 Kg/cm ²	0,90 daN/cm ²

9 – SISMICITÀ

9.1 - Categoria dell'amplificazione topografica

Considerando le condizioni morfologiche, poiché le opere in progetto sono ubicate in un'area pianeggiante per le verifiche si considera la categoria topografica **T1** ed un coefficiente di amplificazione topografica **ST = 1,00**.

9.2– Categoria di sottosuolo di fondazione: prove indirette MASW e HVSR

L'indagine geofisica è consistita nell'esecuzione di due profili sismici di tipo M.A.S.W. Gli stendimenti, riportati nella planimetria ubicativa, sono stati realizzati sui terreni interessati dalla progettazione. Sono stati allineati 16 geofoni, con un'interdistanza di 2,0 metri. I punti di scoppio sono stati posizionati ad una delle estremità del profilo a distanze di 10,00 metri dal geofono n°1.

I geofoni utilizzati sono di tipo verticale a bobina mobile elettromagnetica, con frequenza caratteristica di 4,5 Hz, che consentono di convertire in segnali elettrici gli spostamenti che si verificano nel terreno.

Il software utilizzato per l'elaborazione dei dati acquisiti in campo è "MASW" dell'Ing. Vitantonio Roma. Gli elaborati grafici della M.A.S.W. sono riportati in allegato.

Per la **MASW1_ZVFdx2m10** l'elaborazione dei dati ha consentito di individuare 4 sismostrati principali e di trovare il profilo di velocità delle onde di taglio del sito pari a: **VS₃₀ = 262 m/s** classificando il sito come **suolo tipo C**.

Tabella n. 1 – Sismostrati MASW1_ZVFdx2m10

Vs (m/sec)	142	165	185	230	784
Spessore (m)	1,50	2,60	4,00	12,50	semispazio

Per la **MASW2_ZVFdx2m10** l'elaborazione dei dati ha consentito di individuare 4 sismostrati principali e di trovare il profilo di velocità delle onde di taglio del sito pari a: **VS₃₀ = 232 m/s** classificando il sito come **suolo tipo C**.

Tabella n. 2 – Sismostrati MASW2_ZVFdx2m10

Vs (m/sec)	138	166	192	206	850
Spessore (m)	1,80	4,20	9,00	7,00	semispazio

La seconda prova sismica indiretta è stata realizzata mediante una acquisizione delle HVSR, misure di frequenze fondamentali del terreno. Tale indagine è stata eseguita utilizzando un sismografo triassale SR04 versione GEOBOX per microtremiti, della SARA electronic instruments s.r.l. di Perugia, costituito da un monoblocco in alluminio, all'interno del quale trovano posto sia i sensori che l'elettronica di conversione e sincronizzazione.

Questa indagine sismica consente di registrare il rapporto H/V che rappresenta l'ellitticità della traiettoria di una particella di terreno attraversato da un'onda R e che costituisce la cosiddetta curva di ellitticità. Il picco viene prodotto per quella frequenza in cui lo spostamento orizzontale del terreno tende a diventare massimo e quello verticale tende a diventare minimo. Tale picco corrisponde alla frequenza fondamentale di risonanza del terreno F0.

Dopo aver eseguito le registrazioni in sito è stata elaborata la curva H/V che ha consentito di stimare il valore di:

$$F_0 = 3,00 \text{ Hz.}$$

Questo valore di frequenza conferma la presenza dell'interfaccia resistente ad una profondità di circa 30 m.

La Relazione Geofisica con l'elaborazione dell'indagine eseguita e la documentazione fotografica è riportata in allegato.

9.3 - Categoria di sottosuolo di fondazione: prova diretta Down Hole

Il foro del sondaggio è stato strumentato con tubo in PVC.

L'elaborazione dei risultati della prova sismica diretta nel foro del sondaggio S1 di tipo Down Hole ha consentito di rilevare le velocità di propagazione delle onde P ed S (Tab. 1). Nel metodo sismico Down Hole (DH) viene misurato il tempo necessario per le onde P e S di spostarsi tra una sorgente sismica, posta in superficie, e i ricevitori, posti all'interno di un foro di sondaggio. Le misure sono state effettuate ogni 2 m, dal piano campagna fino alla profondità di 30 metri.

Dall'analisi dei sismogrammi, sono stati determinati i tempi d'arrivo delle onde di compressione (P) e di taglio (S), e quindi le velocità V_p e V_s . Note le velocità, sono stati calcolati i moduli elastici dinamici E , G , il coefficiente di Poisson ed il valore delle V_{s30} .

Nella Relazione Geofisica riportata in allegato è descritto la procedura sperimentale utilizzata durante l'esecuzione della prova in sito.

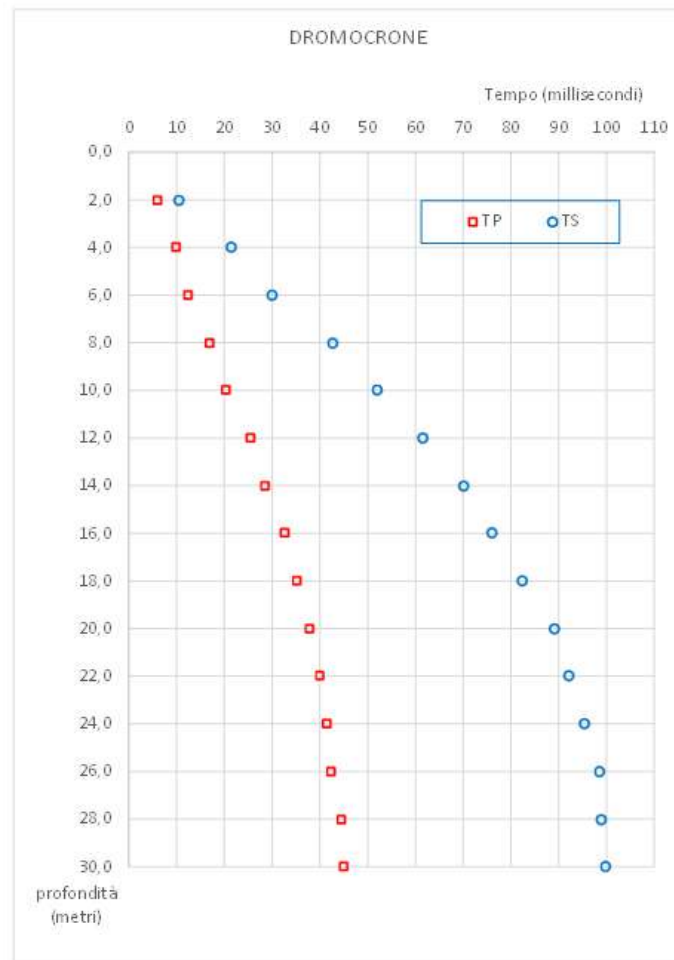
Foto n.1 – Realizzazione dell'indagine DH_S1



Tab. 1 - Valori medi

profondità m	N. registrazione	Spessore E	Tempi P	Prof.	VP	VP media	Tempi S	Prof.	VS	VS media
			TP	H	VP	VPm	TS	H	VS	VS m
			(msec)	(m)	(m/s)	(m/s)	(msec)	(m)	(m/s)	(m/s)
2	1	2	5,80	2	189	189,0	10,50	2	221	221,0
4	2	2	10,00	4	205	196,7	21,32	4	225	223,0
6	3	2	12,50	6	215	202,4	30,15	6	228	224,6
8	4	2	16,54	8	221	206,8	42,80	8	245	229,4
10	5	2	20,15	10	230	211,0	52,12	10	265	235,7
12	6	2	25,41	12	245	216,0	61,25	12	270	240,8
14	7	2	28,54	14	289	224,1	70,12	14	287	246,5
16	8	2	32,56	16	305	231,8	76,12	16	294	251,6
18	9	2	35,14	18	315	238,8	82,50	18	300	256,2
20	10	2	38,00	20	368	247,5	89,12	20	310	260,7
22	11	2	40,12	22	379	255,6	92,15	22	325	265,5
24	12	2	41,21	24	398	263,4	95,12	24	345	270,7
26	13	2	42,15	26	400	270,5	98,74	26	362	276,0
28	14	2	44,25	28	425	277,7	99,10	28	384	281,7
30	15	2	45,12	30	450	285,0	100,02	30	405	287,5

Fig. 2 – Dromocrone



Tab. 2 – Modellazione sismica

Prof.	VP	VS	γ	v	G	Ed	Coesione	Modulo di Yang
H	VP	VS					c	E
(m dal pc)	(m/s)	(m/s)	daN/m ³		daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²
2	189	221	1650	0,37	14,48	17,31	0,190	142,500
4	205	225	1650	0,37	10,34	17,31	0,193	144,750
6	215	228	1650	0,36	8,08	19,17	0,193	144,750
8	221	245	1800	0,35	6,61	21,02	0,194	145,500
10	230	265	1800	0,35	5,63	21,13	0,194	145,500
12	245	270	1800	0,33	4,88	25,05	0,195	146,250
14	289	287	2000	0,31	4,41	30,02	0,195	146,250
16	305	294	2000	0,30	4,20	34,41	0,200	150,000
18	315	300	2000	0,28	4,46	46,41	0,213	159,750
20	368	310	2000	0,28	4,89	55,69	0,250	187,500
22	379	325	2000	0,26	4,58	64,49	0,300	225,000
24	398	345	2000	0,25	5,74	93,00	0,305	228,750
26	400	362	2000	0,24	5,34	98,80	0,310	310,000
28	425	384	2000	0,24	5,00	98,80	0,310	310,000
30	450	405	2000	0,24	-	0,00	0,310	310,000

L'elaborazione dei dati della DOWN-HOLE ha consentito di individuare a 30 mt di profondità, una: **V_{s10} = 288 m/s**.

10 - RISPOSTA SISMICA LOCALE

Per la simulazione dello studio di Risposta Sismica Locale (RSL) eseguito nell'area dove si collocano gli interventi di mitigazione del rischio idrogeologico con azioni di regimentazione delle acque, in piazza San Eurosia nel Comune di Lariano (Rm), si è proceduto con l'utilizzo dei dati informativi sul sottosuolo (stratigrafia e Vs) ricavati dalle prove geognostiche e dalla sismo-stratigrafia ottenuta da tutte le prove dirette e indirette effettuate.

Per RSL si intende l'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico, relativo ad una formazione rocciosa di base (R), subisce attraversando gli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie libera (S). Tale fenomeno dipende innanzitutto dalle caratteristiche del moto sismico al tetto della formazione di base, nonché dalle caratteristiche geometriche profonde e superficiali dei terreni, dalle proprietà fisiche e meccaniche dei terreni, dalle caratteristiche di permeabilità e dalle condizioni idrauliche al contorno.

Dalla stessa definizione del fenomeno, discende che la risposta sismica locale può modificare sostanzialmente le frequenze dominanti dell'evento. In particolare, può accadere che in corrispondenza di alcune frequenze si abbia un fenomeno di amplificazione, mentre in corrispondenza di altre il segnale sismico si riduca.

10.1 - Azione sismica di progetto - Definizione del periodo di ritorno

Nelle NTC18 il periodo di riferimento, che non può essere inferiore a 35 anni, è dato dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

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 NTC18, 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 del progetto in oggetto viene stimata la vita nominale:

$V_N = 50$ 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 NTC2018 prevedono N.4 classi d'uso a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso.

Nel caso in esame vengono prese in considerazione: la **Classe d'Uso III** a cui è associato il coefficiente d'uso **$C_U = 1.5$** : "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”.

Tabella 1 - Valori del coefficiente d'uso C_u [Da NTC 2018].

Classe d'uso	I	II	III	IV
Coefficiente C_u	0,7	1,0	1,5	2,0

Una volta ottenuti VN e CU, è possibile calcolare il periodo di riferimento VR, che qui vale, le NTC2018 prendono in considerazione N.2 possibili stati limite (SL) individuati facendo riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti. Gli stati limite di esercizio sono: Stato Limite di Operatività (SLO) - Stato Limite di Danno (SLD). Gli stati limite ultimi sono: Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) - Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC).

Tabella 2 - Stati limite nel periodo di riferimento VR.

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

Nel caso del progetto specifico verranno calcolati **SLV, SLD** per quanto concerne la Classe d'Uso III.

Fissati VR e PVR associata ad ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica TR, espresso in anni, mediante l'espressione riportata nell'Allegato A delle NTC2018. Poiché è VR = 50 anni, il tempo di ritorno TR per lo specifico progetto in oggetto è riportato in tabella.

Tabella 3 - Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento VR.

Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	TR = 712
Stato limite di esercizio: danno	SLD	TR = 75
Stato limite di esercizio: operatività	SLO	TR = 45

10.2 - Azione sismica di progetto - Pericolosità sismica di base

Le azioni sismiche sulle costruzioni sono valutate a partire dalla pericolosità sismica di base, simulata al sito di riferimento. Per il progetto in studio è stata considerata la Classe d'uso III con Vn 50 anni; l'ubicazione della struttura ha le seguenti coordinate ED50:

Latitudine: 41.726563° - Longitudine: 12.833361°

I parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC2018, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento, sono:

Classe d'uso	Stato limite	Tr [anni]	Ag [g]	F0 [-]	Tc [s]
III	SLV	712	0.190	2.544	0.284
	SLD	75	0.087	2.419	0.274

10.3 - Estrazione degli accelerogrammi di input

In base ai dati sopra riportati è stata eseguita una ricerca l'utilizzo dell'interfaccia web del software REXEweb1 per individuare degli accelerogrammi sismo-compatibili con l'area in esame in base ai dati disaggregazione ottenuti per l'area in esame:

Stato limite	Magnitudo M	Distanza R (km)	Figura
SLV	4-7.5	0-40	1 e 2
SLD	4-7.0	0-50	3 e 4

Figura 1: Dati di disaggregazione per lo stato limite SLV.

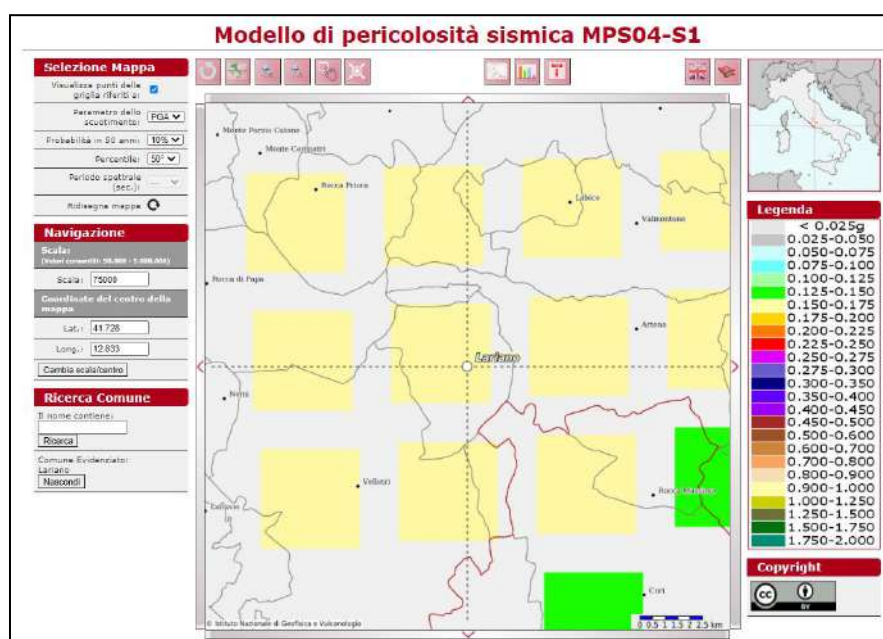


Figura 2: Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

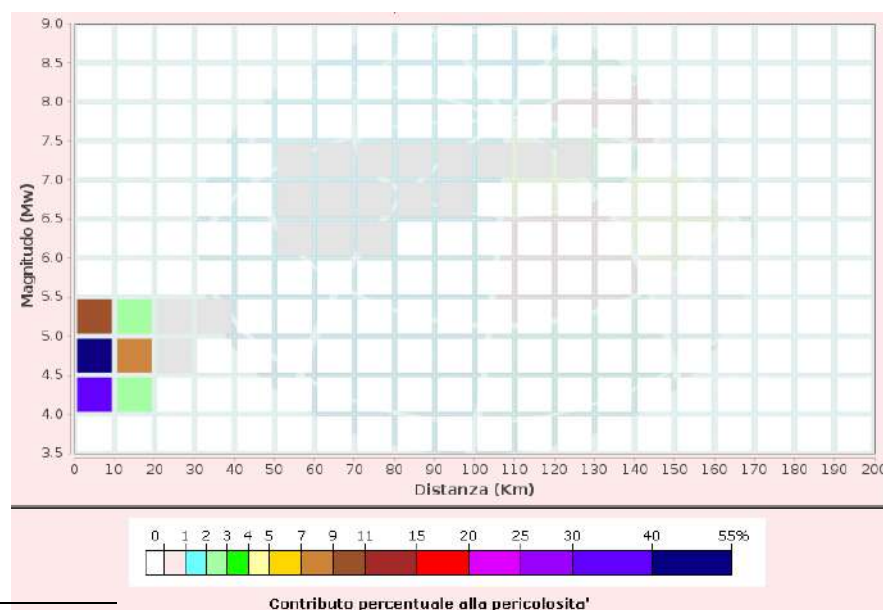


Figura 3: Dati di disaggregazione per lo stato limite SLD.

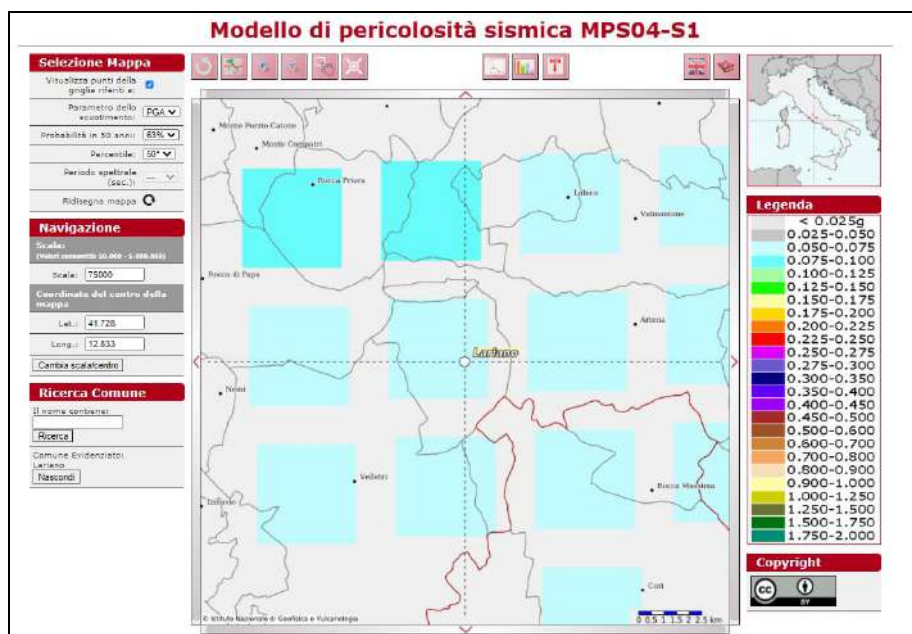
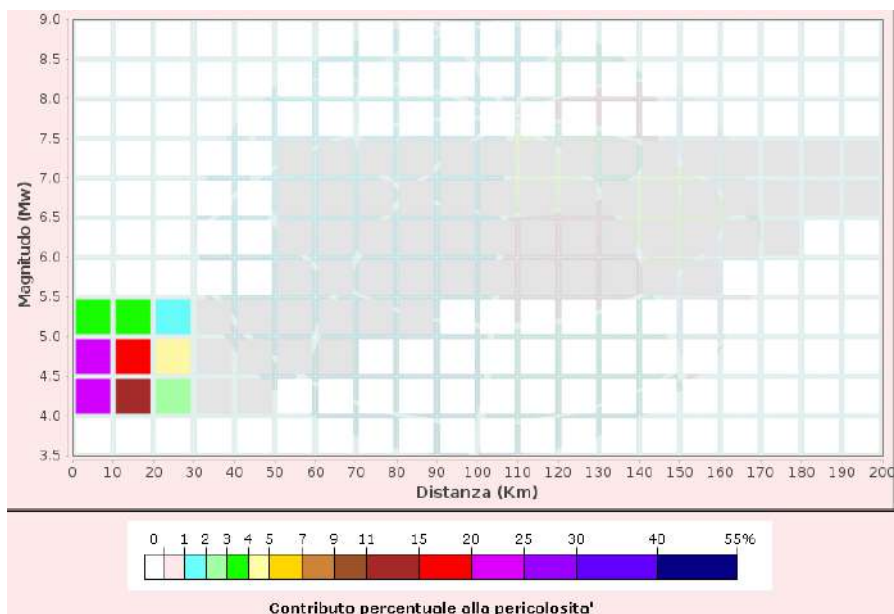


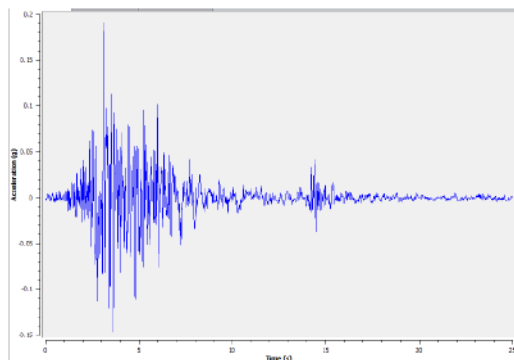
Figura 4: Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 63% in 50 anni.



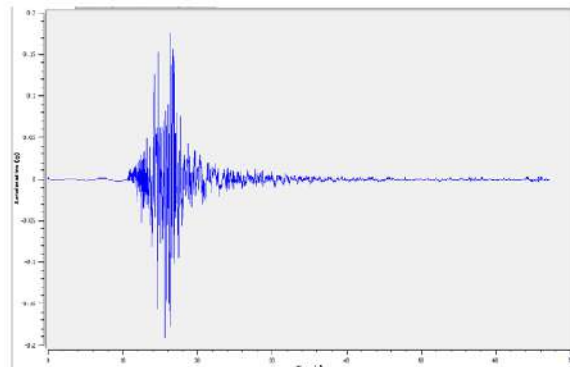
Accelerogrammi di input – SLV

Sono stati individuati i seguenti accelerogrammi sismo-compatibili con l'area in esame relativamente allo SLV.

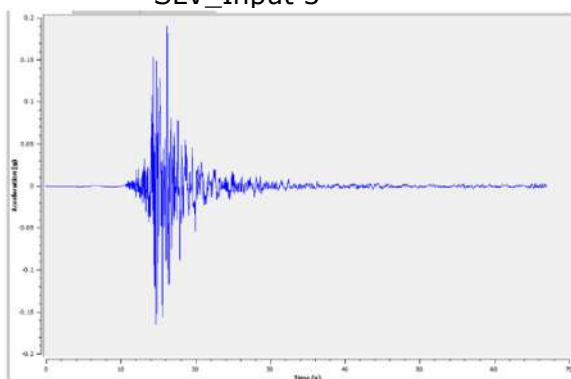
SLV_Input 1



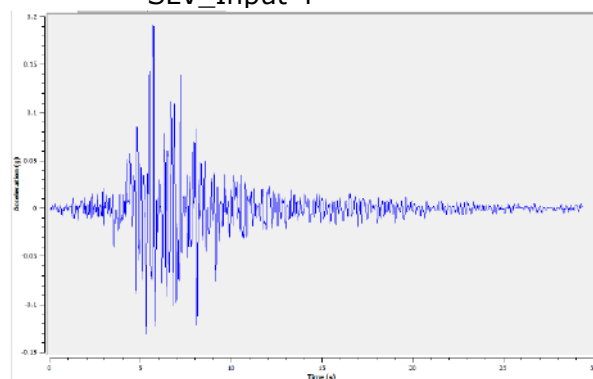
SLV_Input 2



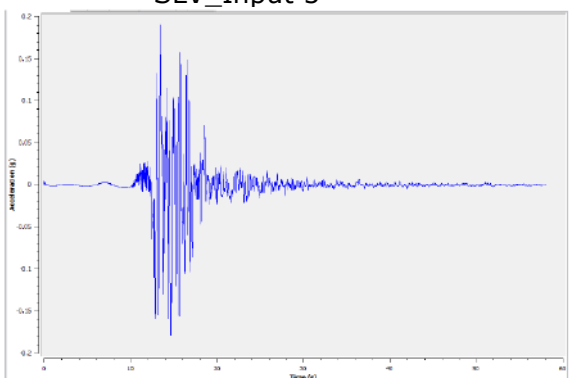
SLV_Input 3



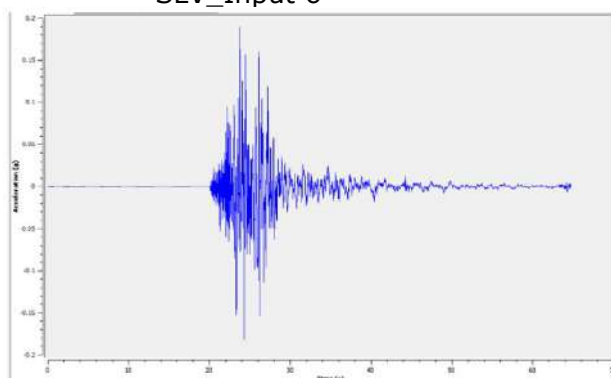
SLV_Input 4



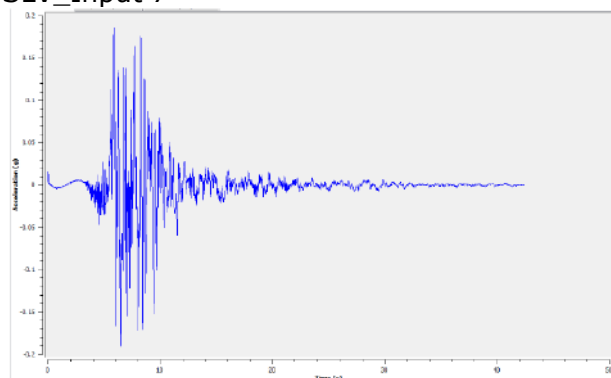
SLV_Input 5



SLV_Input 6



SLV_Input 7



10.4 - Morfologia dell'area e sezione topografica selezionata

Piazza Sant'Eurosia interessata dal progetto, si trova nel centro urbano del territorio comunale di Lariano, in prossimità della S.P. 600, ad una quota di 353 metri s.l.m.

Da un punto di vista normativo, rifacendosi alle NTC2018 ed in particolare a quanto riportato nel paragrafo 3.2.2, l'area di progetto è identificabile come Categoria Topografica "T1" (vedi tabella seguente - estratto NTC2018).

Figura 1 - Stralcio paragrafo 3.2.2 NTC2018

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

10.5 - Modello geologico-sismostratigrafico e risultati

Sulla base del cosiddetto volume significativo di terreno interessato dal problema in esame, viene definita una stratigrafia di progetto che rappresenta l'andamento delle singole lenti di terreno in una sezione verticale. Nella Tab. 1 si riporta la parametrizzazione litostratigrafica e sismica utilizzata per la modellazione.

Di seguito, in si riporta la parametrizzazione litostratigrafica e sismica utilizzata per la modellazione. Il bedrock sismico è stato posto a 20 m dal p.c. con una V_s pari a 850 m/s e un peso di volume pari a 20 kN/m³, in base ai risultati ottenuti per l'area di studio nell'ambito degli studi di Microzonazione Sismica di terzo livello nel Comune di Lariano.

Tab. 1 - Parametrizzazione sismica.

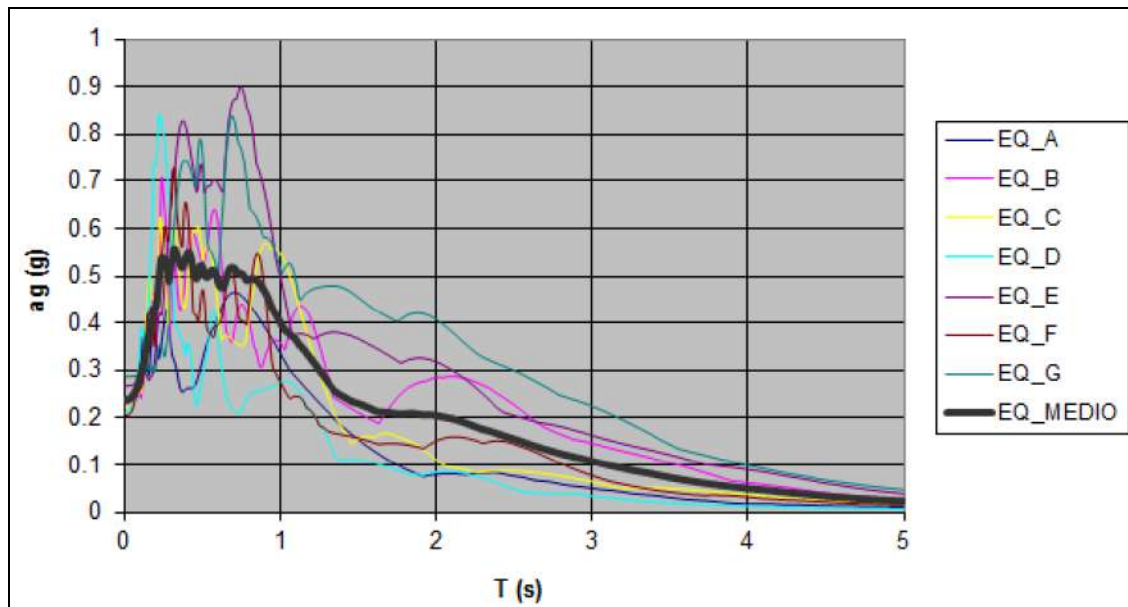
Profondità (m)	Spessore (m)	Descrizione	V_s (m/s)
0.60	12.70	limo sabbioso sciolto	152
12.70	6.70	limo sabbioso moderatamente addensato	192
20.00	10.00	bedrock	850

Per una maggiore accuratezza del dato si è provveduto ad elaborare degli spettri medi di analisi RSL, per gli stati limite SLV e SLD, calcolati a piano campagna (0 m).

10.6 – Risultati

Per quanto concerne lo **Stato Limite SLV**, in Fig.1 si riporta il grafico degli spettri di tutte le elaborazioni e lo spettro della mediana +/- log standard deviation.

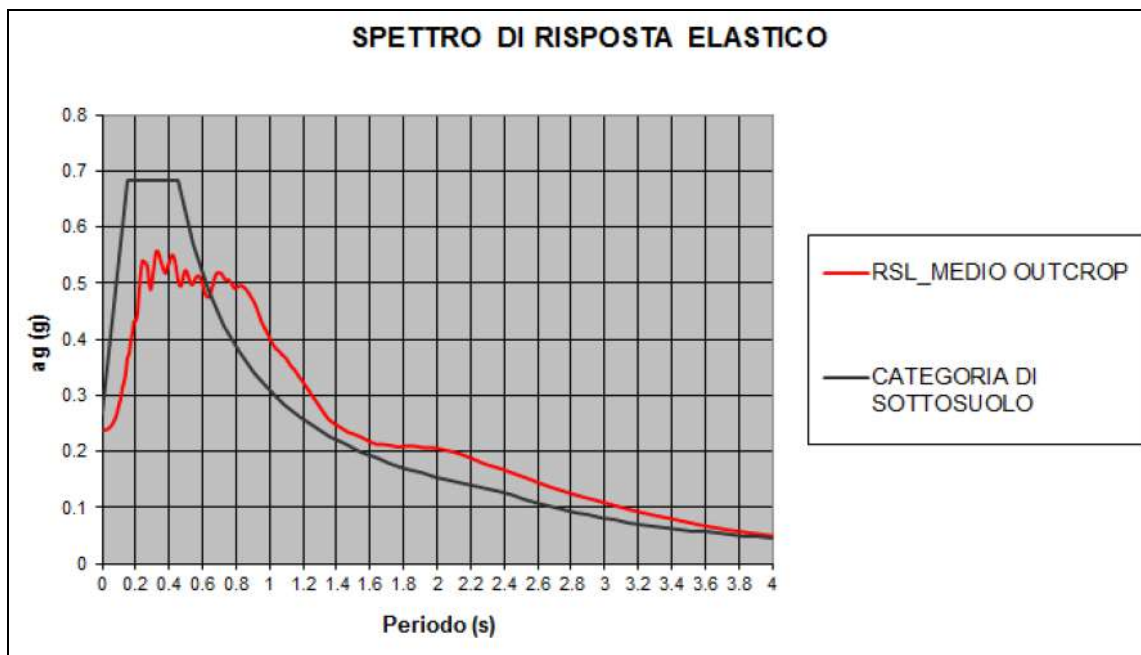
Fig. 1 - Spettro RSL al p.c. per SLV



Di seguito, in Fig. 2, si riporta il grafico dello spettro medio ricavato e di quello normalizzato, sovrapposto a quello relativo alla categoria di sottosuolo C per lo SLV.

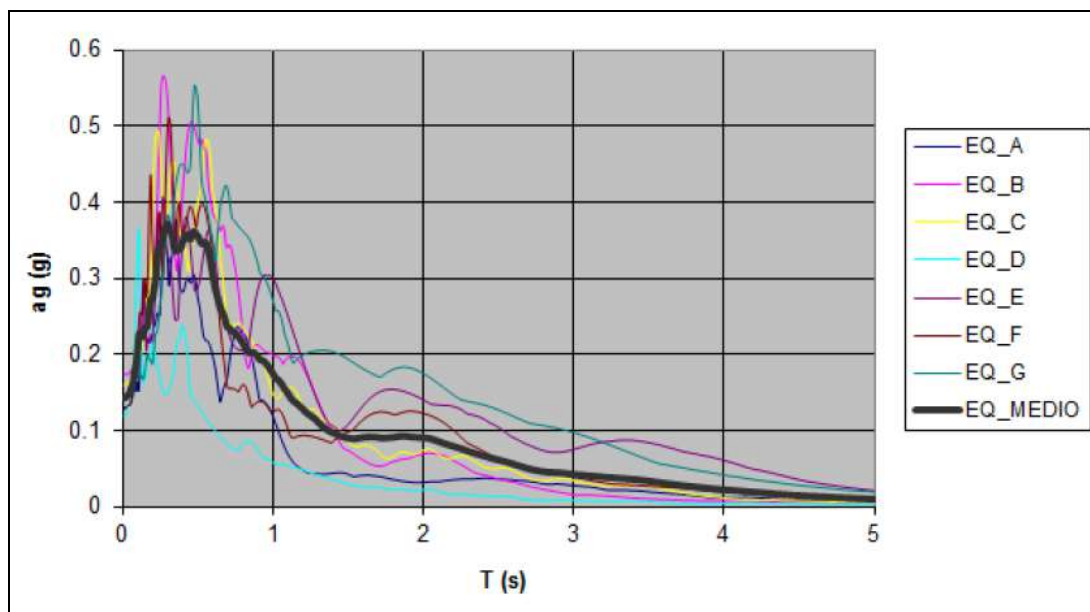
Come si deduce dall'analisi dei grafici, lo spettro medio relativo allo SLV presenta un picco di 0.55 in corrispondenza del periodo di 0.32 s.

Fig. 2 – Spettro di risposta elastico



Per quanto concerne lo **Stato Limite SLD**, in Fig.1 si riporta il grafico degli spettri di tutte le elaborazioni e lo spettro della mediana +/- log standard deviation.

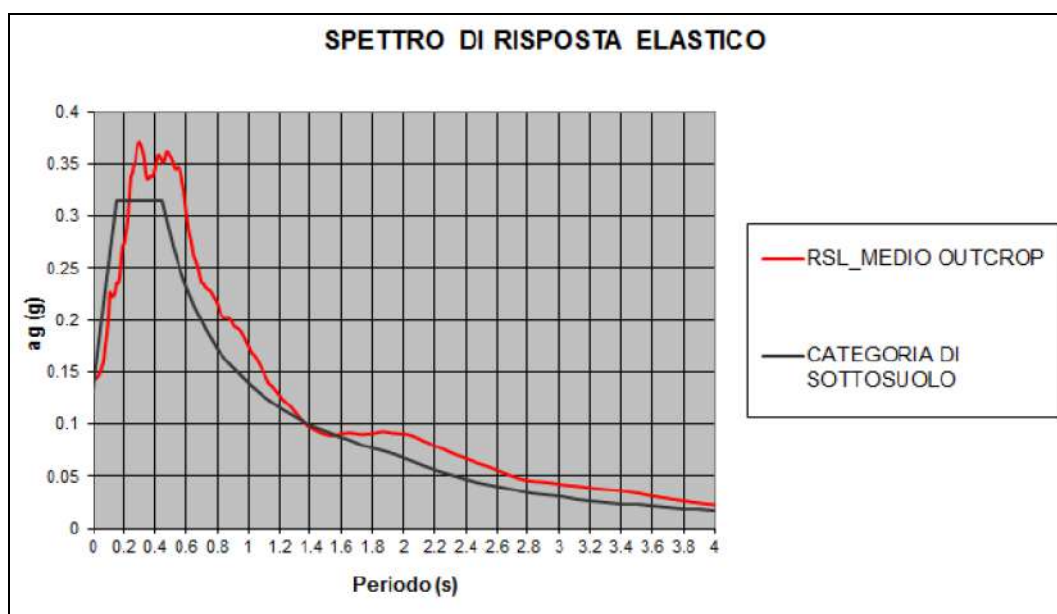
Fig. 3 - Spettro RSL al p.c. per SLD



Di seguito, in Fig. 2, si riporta il grafico dello spettro medio ricavato e di quello normalizzato, sovrapposto a quello relativo alla categoria di sottosuolo C per lo SLD a.

Come si deduce dall'analisi dei grafici, lo spettro medio relativo allo SLD presenta un picco di 0.37 in corrispondenza del periodo di 0.29 s.

Fig. 4 – Spettro di risposta elastico



11 - POTENZIALITA' DI LIQUEFAZIONE DEI DEPOSITI

La presenza di falda acquifera superficiale e depositi alluvionali rende necessario valutare il potenziale di liquefazione del terreno saturo.

La normativa vigente (NTC 2018) prevede debba essere valutata la suscettibilità del terreno alla liquefazione sulla base di prove in sito geotecniche (SPT/CPT) e/o geofisiche esplorando un numero di verticali adeguato all'importanza dell'opera e all'estensione dell'area di indagine e sufficiente ad accertare la variabilità delle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche del deposito.

La probabilità che nei terreni di fondazione si abbiano fenomeni di liquefazione è nulla, perché:

1. la granulometria dei depositi, in base alla sezione litostratigrafica tecnica ricostruita, consente di considerare il fenomeno poco probabile per la presenza di depositi fini sabbioso limoso caratterizzati da fusi granulometrici in parte esterni ai limiti di liquefacibilità.
2. la profondità media stagionale della falda è superiore a 15 m dal piano campagna (piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali).

INDICAZIONI SULLA FATTIBILITÀ DELL'INTERVENTO E PRESCRIZIONI PROGETTUALI

Da quanto emerso dal modello geologico-sismico-geotecnico del sottosuolo che caratterizza i terreni interessati dal progetto, si possono trarre le seguenti conclusioni:

- non sono stati rilevati elementi ostativi alla fattibilità dell'intervento, infatti l'area risulta idonea, poiché è stata accertata l'assenza di condizioni di pericolosità e di fattori che aumentino le normali condizioni di esposizione al rischio geologico morfologico ed idrogeologico;
- non sono state rilevate situazioni geologiche particolari;
- considerando la profondità della falda e le caratteristiche di permeabilità del terreno, le fondazioni delle opere in progetto, non sono interessate da variazioni del contenuto naturale d'acqua;
- considerando la caratterizzazione stratigrafica del sottosuolo, il regime delle pressioni interstiziali e le proprietà fisiche e meccaniche dei terreni ricadenti nel volume significativo, non sono emerse prescrizioni di carattere geomeccanico;
- non sono stati rilevati elementi che inducono ad ipotizzare una modificazione della risposta sismica locale ed un'accentuazione del normale rischio sismico presente nella zona;
- dovrà essere realizzato un adeguato sistema di smaltimento delle acque meteoriche.

Geologo Nando Bauco

Nando Bauco



***Elaborati numerici e grafici di ogni indagine eseguita
chiaramente leggibili a colori***

RELAZIONE GEOFISICA

N. 2 prove geofisiche indirette di tipo MASW

N. 1 prova geofisica indiretta di tipo HVSR

N. 1 prova geofisica diretta di tipo DH

PROVE PENETROMETRICHE

PROVA P_{DPSH1}

PROVA P_{DPSH2}

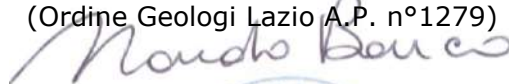
RELAZIONE GEOFISICA

RISULTATI DELLE ANALISI MASW
MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES
Software utilizzato per l'elaborazione dei dati acquisiti in campo è
"MASW" dell'Ing. Vitantonio Roma

RISULTATI DELLE ANALISI HVSR
Redatto da SoftwareHV - (c) Vitantonio Roma. All rights reserved.

Data, 28/07/2021

Dott. Geol. Nando Baucò
(Ordine Geologi Lazio A.P. n°1279)

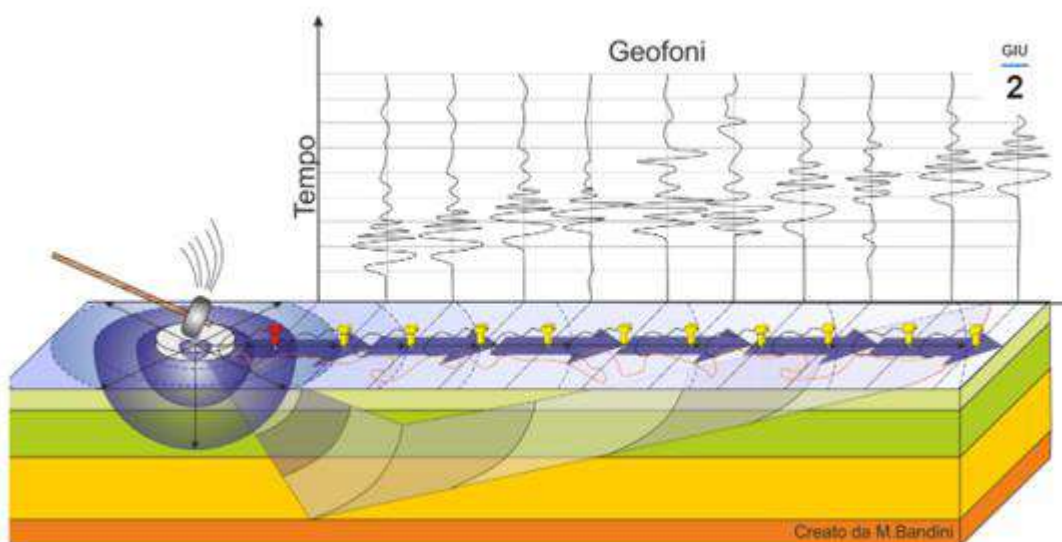


3. INDAGINE GEOFISICA INDIRETTA

3.1 MASW MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi e ciò limita i costi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo (Fig.1).

Fig. 1 – Realizzazione dell'indagine Masw in corrispondenza di diversi sensori (geofoni gialli) posti sulla superficie del suolo.



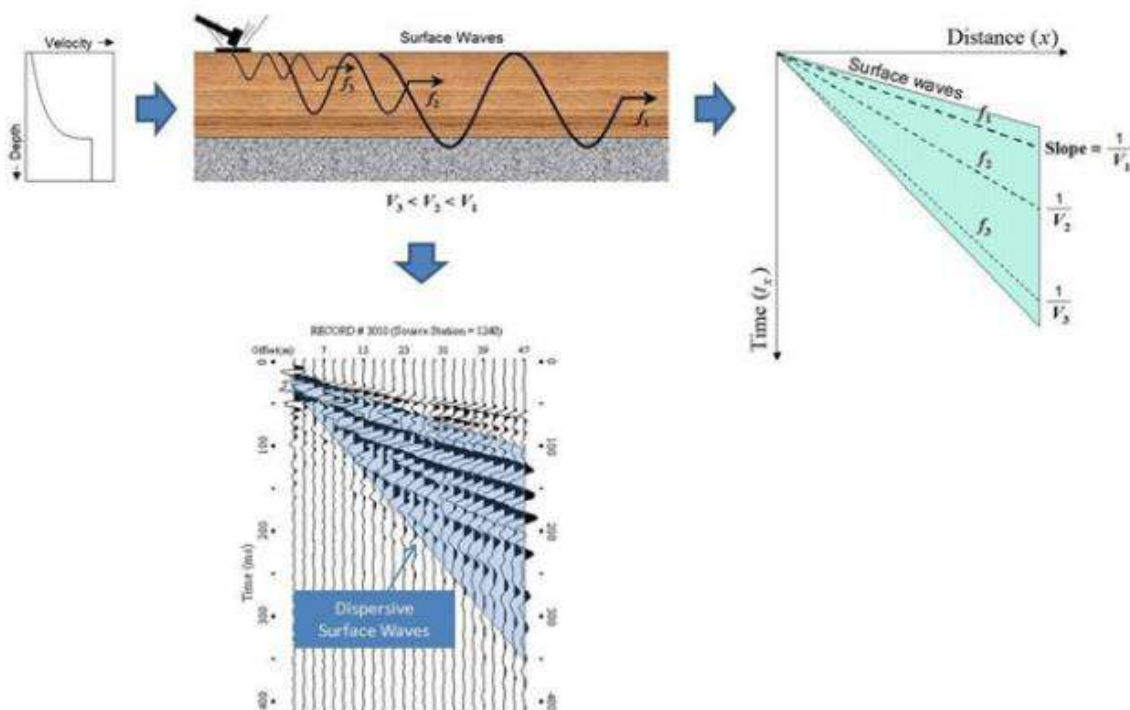
Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda, si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980).

La velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo (Fig. 2).

Nel metodo MASW proposto si usano le sole onde di Rayleigh e si trascurano gli effetti dovuti alle onde P e SV perché intervengono due aspetti che rendono il contributo delle onde di Rayleigh prevalente sul contributo delle onde P e S.

Il primo aspetto è che le onde Rayleigh trasportano circa i due terzi dell'energia generata dalla sorgente. Il secondo aspetto è che allontanandosi dalla sorgente le onde di Rayleigh subiscono un'attenuazione geometrica inferiore rispetto alle onde P e SV, perché le onde Rayleigh si propagano secondo fronti d'onda cilindrici, invece le onde P e SV si propagano secondo fronti d'onda sferici.

Fig. 2 - L'illustrazione mostra le proprietà di dispersione delle onde di superficie. Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale.



Le dimensioni del terreno interessato dalle opere in progetto, hanno consentito di acquisire dati lungo due stendimenti della lunghezza di 46 metri, perché sono stati utilizzati 16 ricevitori ad interasse costante di 2,00 mt. La battuta è stata realizzata a 10 metri dal primo geofono.

I geofoni utilizzati consentono di convertire in segnali elettrici gli spostamenti che si verificano nel terreno. Sono particolarmente adatti per essere utilizzati nei metodi che si basano sulle onde superficiali (MASW – REMI) perché ampliano lo spettro di frequenza verso il basso e consentono quindi profondità di indagine maggiori.

Foto n. 1 – n. 2 – Geofoni verticali utilizzati.



1.2 - ANALISI HVSR

L'indagine (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è stata eseguita utilizzando un sismografo triassiale SR04 versione GEOBOX per microtremori, della SARA electronic instruments s.r.l. di Perugia, costituito da un monoblocco in alluminio, all'interno del quale trovano posto sia i sensori che l'elettronica di conversione e sincronizzazione (Foto n. 1).

Foto n.4 – Sismografo GEOBOX, stazione singola di registrazione (analisi HVSR).



L'indagine HVSR è una tecnica di indagine di sismica passiva a stazione singola, non invasiva, finalizzata a determinare alcune caratteristiche dei depositi sedimentari superficiali e più in particolare allo studio delle frequenze di risonanza dei terreni, caratteristica molto importante per valutare gli effetti di sito in presenza di potenziali eventi sismici.

La prova HVSR o anche detta H/V (metodo Nakamura 1989) consiste nella misura dei microtremori ambientali nelle tre dimensioni spaziali (x,y,z) e la sua elaborazione consente di analizzare gli spettri di frequenza, restituendo il grafico del rapporto in ampiezza tra componenti orizzontali (H) e componente verticale (V). L'andamento del rapporto in frequenza tra componenti orizzontali e verticale (H/V) alle varie frequenze, evidenzia il valore della frequenza alla quale il moto del terreno viene amplificato per risonanza (frequenza fondamentale).

Figura n.5 – Relazione tra interfaccia resistente e Frequenza di sito.

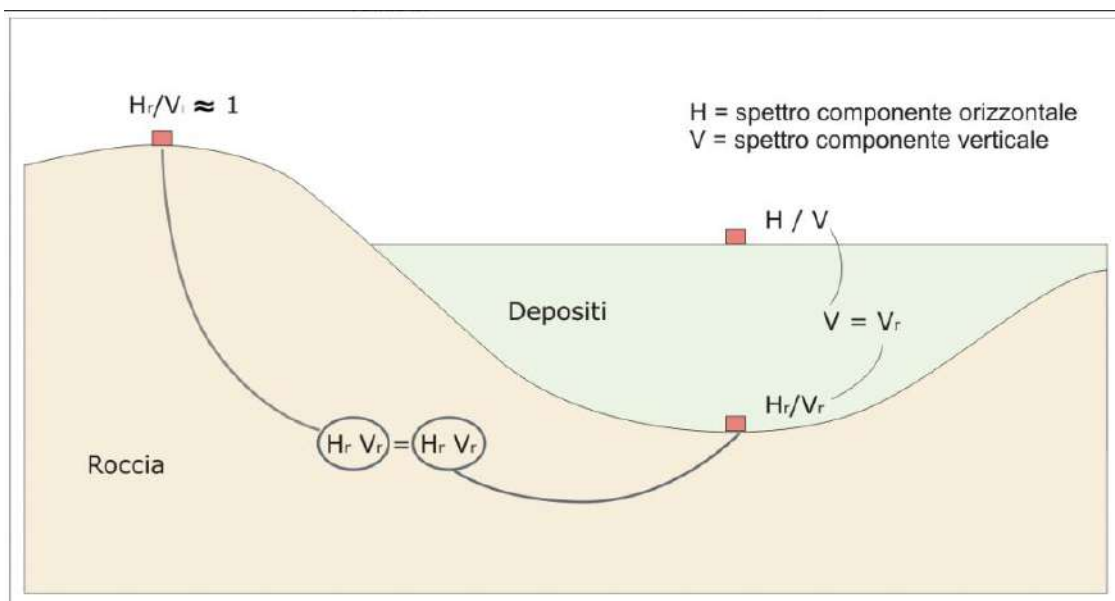
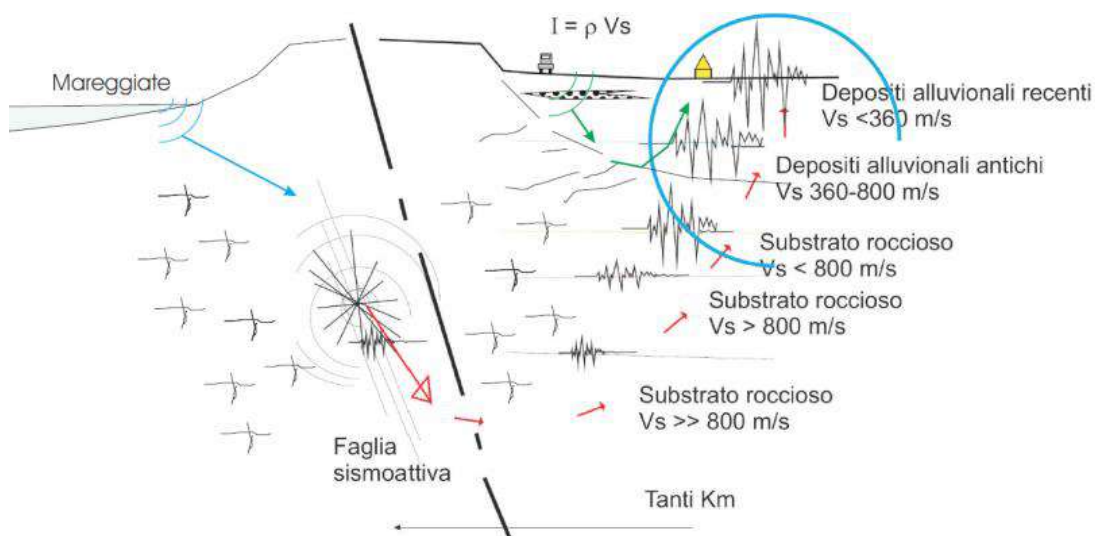


Figura n.4 - Un sismografo HVSR misura gli eventi naturali (moto ondoso, eventi sismici) e gli eventi antropici (transito veicolare sufficientemente lontano).



La tecnica del metodo HVSR si basa sui seguenti concetti: i microtremori sono composti da diversi tipi di onde: onde di superficie (R e L) e onde di volume; le ampiezze spettrali nel basamento roccioso delle componenti primarie sono circa uguali tra loro; la componente verticale del rumore ambientale non subisce amplificazione attraversando il deposito sedimentario.

L'analisi dei dati acquisiti viene elaborata con il software HVSR di Vitantonio Roma.

1.3 - STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

L'attrezzatura utilizzata per le indagini sismiche è costituita da un Sismografo digitale DoReMi della ditta SARA electronic instruments S.r.l. di Perugia con le caratteristiche tecniche riportate nella tabella.

Tabella. 1 – Caratteristiche tecniche.

Architettura

Classe strumentale:	sismografo multicanale per geofisica
Topologia:	rete differenziale RS485 half-duplex multipoint
Lunghezza massima della rete	1200 metri senza ripetitori (virtualmente illimitata con ripetitori)
Numero massimo di canali per tratta	255
Dimensioni dell'elemento	80x55x18 mm
Peso	250 g (un elemento con lunghezza cavo 5 metri)
Cavo	4 conduttori, 2 coppie ritorte, robotico resistente a torsioni, flesso-torsioni, abrasioni ed agenti chimici

Campionamento

Memoria:	64 kByte (>30000 campioni)
Frequenze in Hz:	200,300,400,500,800,1000,2000,3000,4000,8000,10000,20000
pari ad intervalli in ms di:	5, 3.33, 2.5, 2, 1.25, 1, 0.5, 0.33, 0.25, 0.125, 0.1, 0.05
Esempi di utilizzo della memoria:	ReMi: 500Hz, t-max 60 secondi MASW: 4000Hz, t-max 7.5 secondi Riflessione: 20000Hz, t-max 1.5 secondi

Dinamica del sistema

Risoluzione con guadagno 10x:	7.600 μ V
Risoluzione con guadagno 1000x:	0.076 μ V
Dinamica di base:	96dB (16 bit)
Dinamica massima del preamplificatore:	80dB
Signal to Noise Ratio RMS fra 0.5 e 30Hz:	>90dB
Full range a 10x:	0.5V p-p
Risoluzione RMS a 1000x e 4000SPS:	0.0000002V p-p
Dinamica totale teorica:	155dB
Dinamica totale senza postprocessing:	> 127dB (a qualsiasi frequenza di campionamento)
Dinamica totale in postprocessing:	>140dB

Alimentazione

Tensione di alimentazione:	10-15VdC
Consumo:	
Unità di testa:	20mA
Per Canale:	40mA
Consumo totale 12 canali:	510mA

Convertitore A/D

Tipologia:	SAR
Risoluzione:	16 bit
Dinamica:	96 dB

Preamplificatore

Tipologia:	ultra-low noise con ingresso differenziale
Filtri:	3Hz passa alto 1 polo, 200Hz passa basso 4 poli
Guadagni:	da 10x a 8000x
Reiezione di modo comune:	>80dB
Diافonia (crosstalk):	non applicabile (elementi singoli a trasmissione digitale)
Impedenza d'ingresso:	>100k Ω

CALIBRATION CERTIFICATE																							
sara electronic instruments SARA electronic instruments s.r.l. Via Mercuri 4, 06129 - PERUGIA - Italy www.sara.pg.it - info@sara.pg.it		Environmental seismic noise during test																					
Date of Calibration: 2012/05/10 Instrument type: Velocitymeter Instrument model: PF S SR04 GBX-20-GPS Serial Number: 0824 Manufacturing Date: MAG 2012		Temperature °C: Relative humidity %: X div: Y div:																					
Channel 1 - Z																							
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"> Eigenfrequency: 1.382 Hz Damping O.C.: 0.661 Generator Constant: 206.12346 V/m/s Calibration Frequency: 10 Hz Calibration Displacement: 0 m Damping: 0.701 Output Impedance: 6000 ohm Applied Shunt: 750000 ohm </td> <td style="width: 50%;"> Channel 2 - NS Eigenfrequency: 1.388 Hz Damping O.C.: 0.651 Generator Constant: 204.11763 V/m/s Calibration Frequency: 10 Hz Calibration Displacement: 0 m Damping: 0.701 Output Impedance: 6000 ohm Applied Shunt: 630000 ohm </td> </tr> </table>				Eigenfrequency: 1.382 Hz Damping O.C.: 0.661 Generator Constant: 206.12346 V/m/s Calibration Frequency: 10 Hz Calibration Displacement: 0 m Damping: 0.701 Output Impedance: 6000 ohm Applied Shunt: 750000 ohm	Channel 2 - NS Eigenfrequency: 1.388 Hz Damping O.C.: 0.651 Generator Constant: 204.11763 V/m/s Calibration Frequency: 10 Hz Calibration Displacement: 0 m Damping: 0.701 Output Impedance: 6000 ohm Applied Shunt: 630000 ohm																		
Eigenfrequency: 1.382 Hz Damping O.C.: 0.661 Generator Constant: 206.12346 V/m/s Calibration Frequency: 10 Hz Calibration Displacement: 0 m Damping: 0.701 Output Impedance: 6000 ohm Applied Shunt: 750000 ohm	Channel 2 - NS Eigenfrequency: 1.388 Hz Damping O.C.: 0.651 Generator Constant: 204.11763 V/m/s Calibration Frequency: 10 Hz Calibration Displacement: 0 m Damping: 0.701 Output Impedance: 6000 ohm Applied Shunt: 630000 ohm																						
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"> Channel 3 - EW Eigenfrequency: 1.377 Hz Damping O.C.: 0.642 Generator Constant: 207.34778 V/m/s Calibration Frequency: 10 Hz Calibration Displacement: 0 m Damping: 0.702 Output Impedance: 6000 ohm Applied Shunt: 620000 ohm </td> <td style="width: 50%;"> Measurement uncertainties <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>±/</td> <td>0.1 Hz</td> </tr> <tr> <td>±/</td> <td>5 %</td> </tr> <tr> <td>±/</td> <td>1 %</td> </tr> <tr> <td>±/</td> <td>0.1 Hz</td> </tr> <tr> <td>±/</td> <td>0.000002 m</td> </tr> <tr> <td>±/</td> <td>5 %</td> </tr> <tr> <td>±/</td> <td>5 %</td> </tr> <tr> <td>±/</td> <td>5 %</td> </tr> <tr> <td>±/</td> <td>1 %</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>				Channel 3 - EW Eigenfrequency: 1.377 Hz Damping O.C.: 0.642 Generator Constant: 207.34778 V/m/s Calibration Frequency: 10 Hz Calibration Displacement: 0 m Damping: 0.702 Output Impedance: 6000 ohm Applied Shunt: 620000 ohm	Measurement uncertainties <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>±/</td> <td>0.1 Hz</td> </tr> <tr> <td>±/</td> <td>5 %</td> </tr> <tr> <td>±/</td> <td>1 %</td> </tr> <tr> <td>±/</td> <td>0.1 Hz</td> </tr> <tr> <td>±/</td> <td>0.000002 m</td> </tr> <tr> <td>±/</td> <td>5 %</td> </tr> <tr> <td>±/</td> <td>5 %</td> </tr> <tr> <td>±/</td> <td>5 %</td> </tr> <tr> <td>±/</td> <td>1 %</td> </tr> </table>	±/	0.1 Hz	±/	5 %	±/	1 %	±/	0.1 Hz	±/	0.000002 m	±/	5 %	±/	5 %	±/	5 %	±/	1 %
Channel 3 - EW Eigenfrequency: 1.377 Hz Damping O.C.: 0.642 Generator Constant: 207.34778 V/m/s Calibration Frequency: 10 Hz Calibration Displacement: 0 m Damping: 0.702 Output Impedance: 6000 ohm Applied Shunt: 620000 ohm	Measurement uncertainties <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>±/</td> <td>0.1 Hz</td> </tr> <tr> <td>±/</td> <td>5 %</td> </tr> <tr> <td>±/</td> <td>1 %</td> </tr> <tr> <td>±/</td> <td>0.1 Hz</td> </tr> <tr> <td>±/</td> <td>0.000002 m</td> </tr> <tr> <td>±/</td> <td>5 %</td> </tr> <tr> <td>±/</td> <td>5 %</td> </tr> <tr> <td>±/</td> <td>5 %</td> </tr> <tr> <td>±/</td> <td>1 %</td> </tr> </table>	±/	0.1 Hz	±/	5 %	±/	1 %	±/	0.1 Hz	±/	0.000002 m	±/	5 %	±/	5 %	±/	5 %	±/	1 %				
±/	0.1 Hz																						
±/	5 %																						
±/	1 %																						
±/	0.1 Hz																						
±/	0.000002 m																						
±/	5 %																						
±/	5 %																						
±/	5 %																						
±/	1 %																						
Test Equipment																							
Shaking Table: SARA V.1 Voltmeter: Agilent UT252A Signal digitizer: SADC20 Scope meter: SEISMOCAL V.1.0 Last equipment test:																							
Technician: _____ Approved by: _____																							
sara electronic instruments s.r.l. Via Mercuri 4 06129 - PERUGIA - Italy partita IVA 00380570549																							

Risultati delle analisi
MASW1 ZVFdx3m10

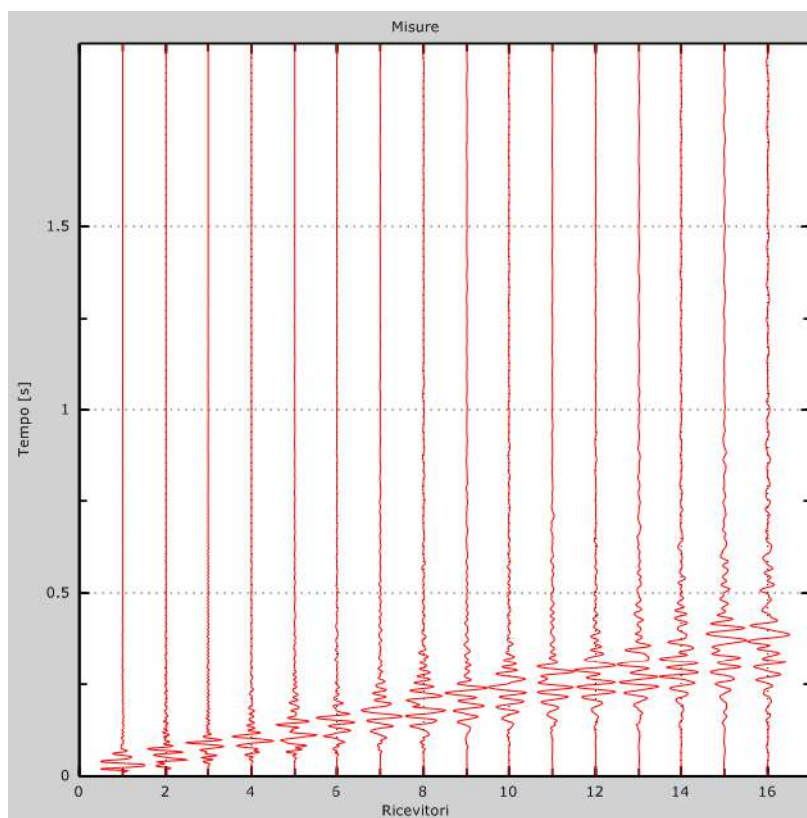
Data: 28/07/2021

Redatto da MASW
(c) Vitantonio Roma. All rights reserved.

1 - Dati sperimentali

C:\MASW1_ZVFdx2m10\Lariano\2021-07-28_09-53-58_01000_00200_012_Acquis.drm
 Numero di ricevitori16
 Distanza tra i sensori:3m
 Numero di campioni temporali..... 2000
 Passo temporale di acquisizione..... 1ms
 L'intervallo considerato per l'analisi comincia a 0ms
 L'intervallo considerato per l'analisi termina a 1999ms
 I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

Figura 1: Tracce sperimentali



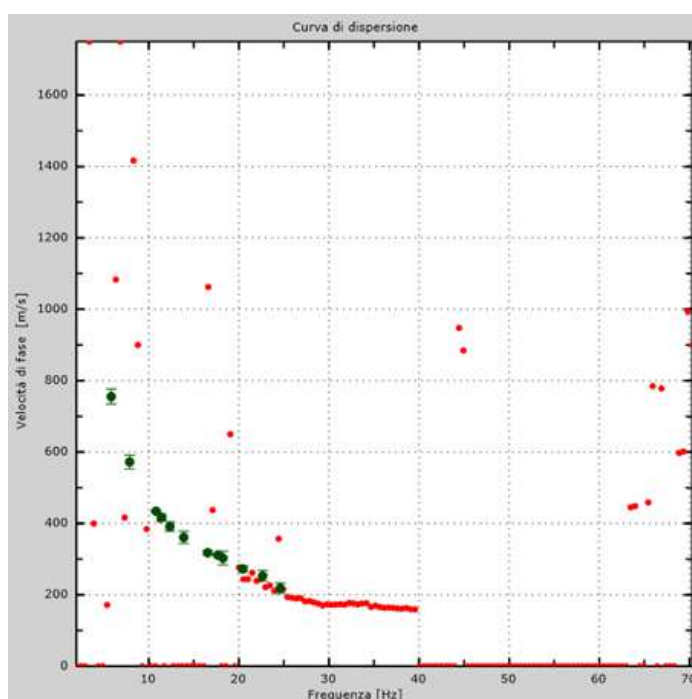
2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale 70Hz
 Frequenza iniziale 2Hz

Tabella 1: Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
5.83534	755.608	734.049	777.167
7.88549	572.353	552.95	591.757
10.807	434.374	432.218	436.53
11.422	417.126	408.502	425.75
12.3446	391.255	378.319	404.19
13.8822	361.072	343.824	378.319
16.5474	317.953	311.485	324.421
17.675	311.485	307.173	315.797
18.2388	302.862	283.458	322.265
20.4427	272.678	264.055	281.302
22.6466	253.275	238.183	268.367
24.5943	218.78	203.688	233.872

Figura 2: Curva di dispersione



3 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio) 5
 Spaziatura ricevitori [m].....3m
 Numero ricevitori16
 Numero modi 5
 Numero iterazioni 1
 Massimo errore [%]2.000000e-001
 Evita forti contrasti di rigidezza tra 2 strati consecutivi

Tabella n. 3 – Sismostrati.

Vs (m/sec)	142	165	186	230	784
Spessore (m)	1,50	2,60	4,00	12,50	semispazio

4 - Risultati finali

Piano di riferimento z=0 [m] 0
V_{s30} [m/s] 262
 Il sito appartiene alle classi A, B, C, D, E o S1. Il sito non è suscettibile di liquefazione e non è argilla sensitiva. Le caratteristiche meccaniche degli strati migliorano gradualmente con la profondità.
Tipo di suoloC

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

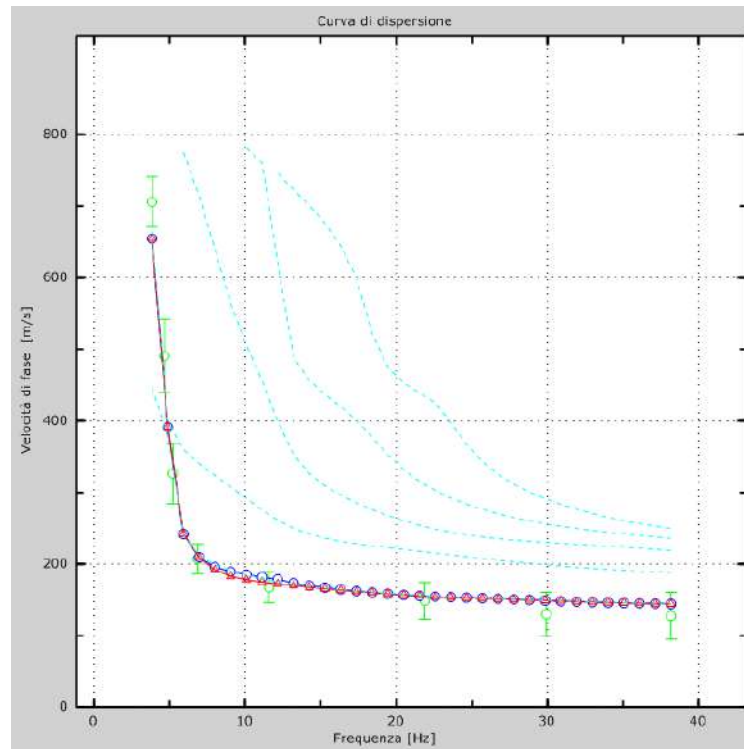
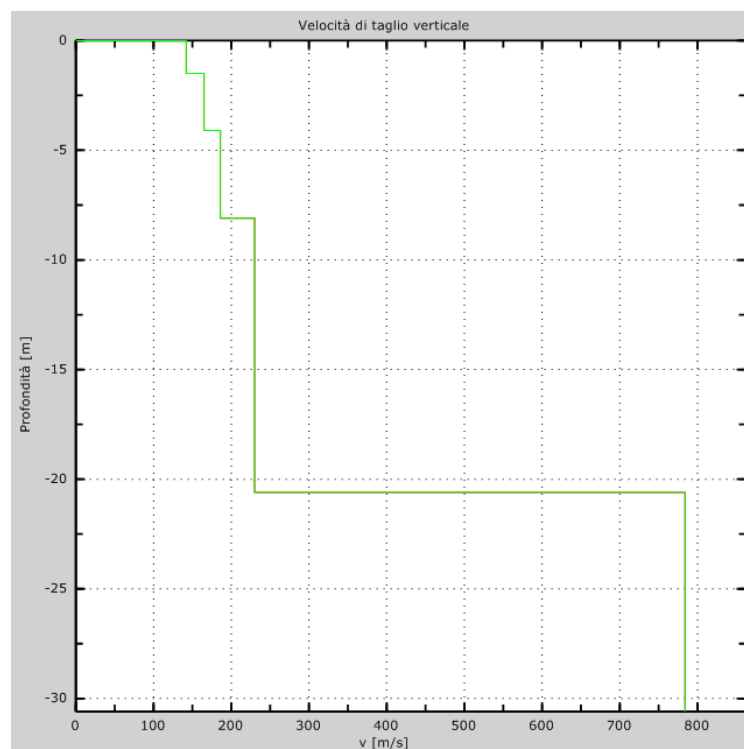


Figura 4: Velocità



**Risultati delle analisi
MASW2 ZVFdx3m10**

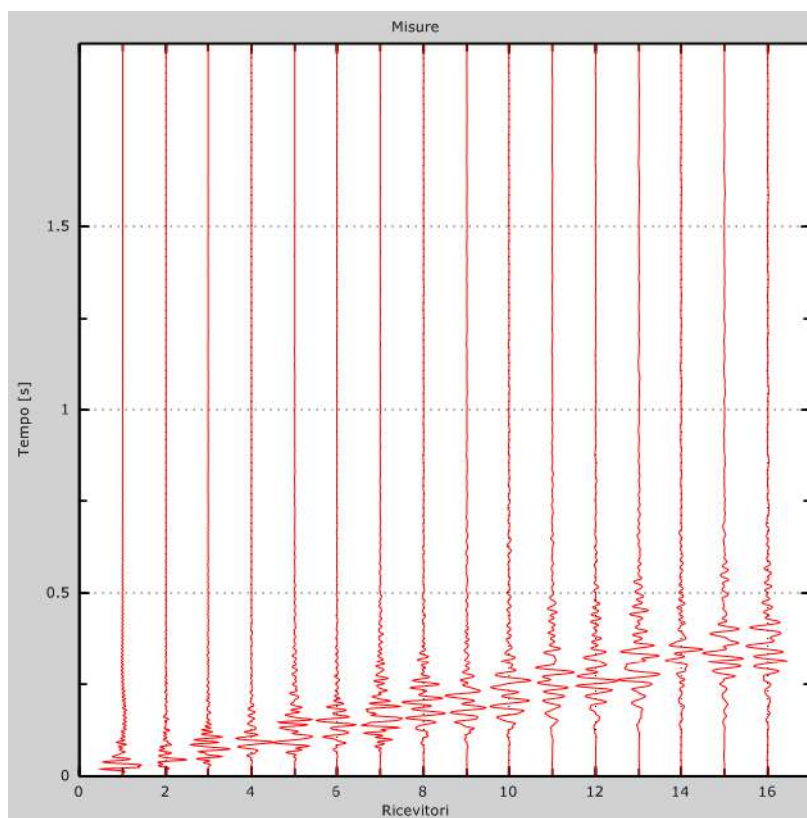
Data: 28/07/2021

Redatto da MASW
(c) Vitantonio Roma. All rights reserved.

1 - Dati sperimentali

C:\MASW1_ZVFdx3m10\Lariano\2021-07-28_10-15-07_01000_00200_012_Acquis.drm
 Numero di ricevitori16
 Distanza tra i sensori:3 m
 Numero di campioni temporali..... 2000
 Passo temporale di acquisizione..... 1ms
 L'intervallo considerato per l'analisi comincia a 0ms
 L'intervallo considerato per l'analisi termina a 1999ms
 I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

Figura 1: Tracce sperimentali



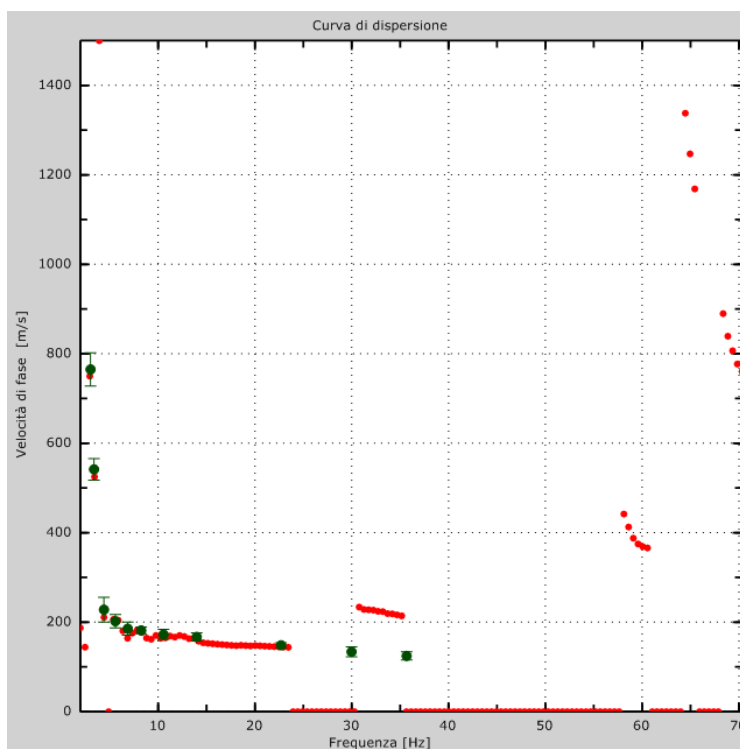
2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale 70Hz
 Frequenza iniziale 2Hz

Tabella 1: Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
3.01637	764.99	728.077	801.903
3.37515	541.664	517.67	565.658
4.40023	227.9	200.215	255.585
5.57907	202.06	187.295	216.826
6.86041	185.449	170.684	200.215
8.24427	181.758	174.375	189.141
10.5507	172.53	161.456	183.604
13.9847	166.993	157.764	176.221
22.6979	148.536	142.999	154.073
29.9759	133.771	122.697	144.845
35.6651	124.542	115.314	133.771

Figura 2: Curva di dispersione



3 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio) 4
 Spaziatura ricevitori [m].....3m
 Numero ricevitori.....16
 Numero modi 5
 Numero iterazioni 1
 Massimo errore [%].....2.000000e-001
 Evita forti contrasti di rigidità tra 2 strati consecutivi

Tabella n. 3 – Sismostrati.

Vs (m/sec)	138	166	192	206	850
Spessore (m)	1,80	4,20	9,00	7,00	semispazio

4 - Risultati finali

Piano di riferimento z=0 [m] 0
 Vs30 [m/s]..... **232**
 Il sito appartiene alle classi A, B, C, D, E o S1. Il sito non è suscettibile di liquefazione e non è argilla sensitiva. Le caratteristiche meccaniche degli strati migliorano gradualmente con la profondità.
Tipo di suolo**C**

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

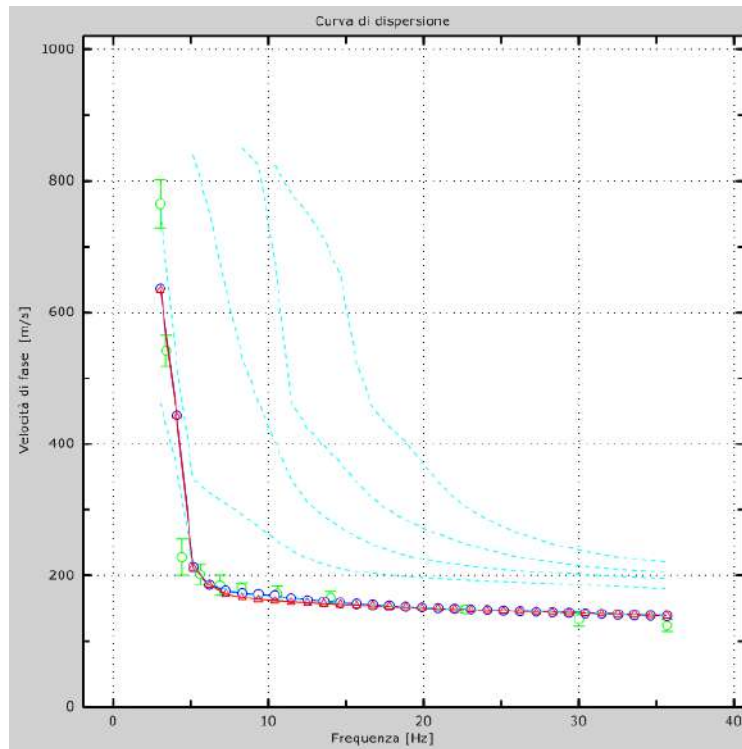
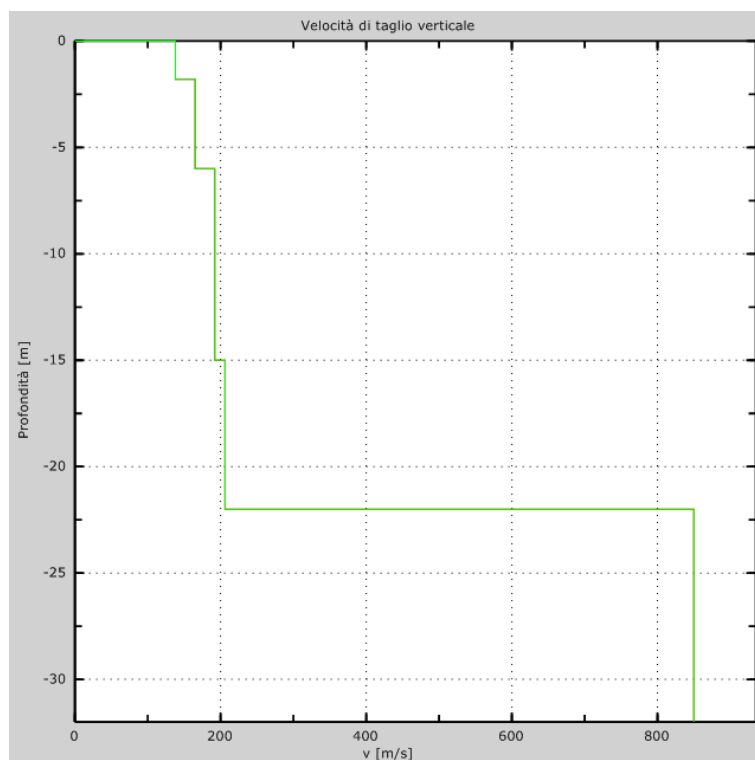


Figura 4: Velocità



Risultati delle analisi HVSR

Prova HVSR_1

Data: 28/07/2021

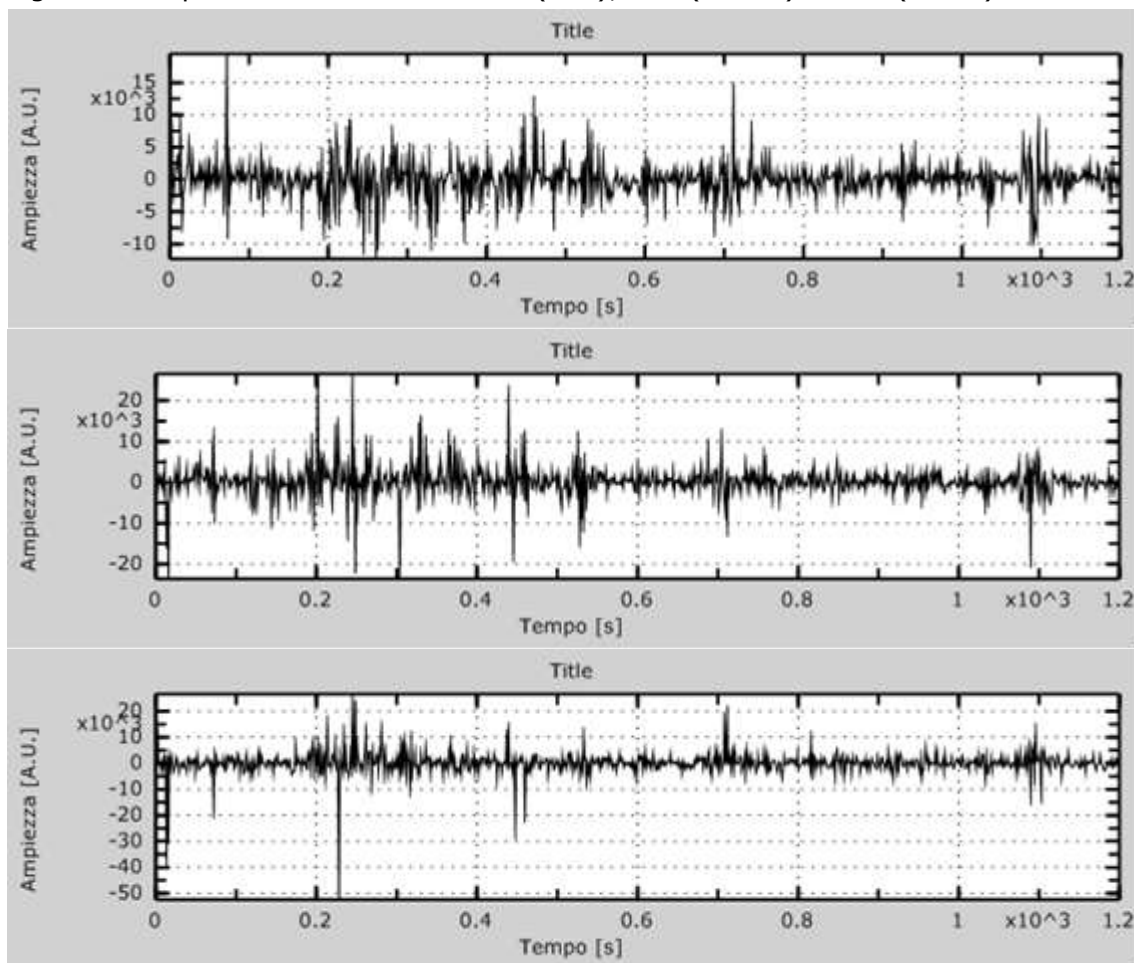
Redatto da MASW
(c) Vitantonio Roma. All rights reserved.

1 - Dati misurati

File 1

Nome:C:\HVS\R\Lariano\MT_20210728_194905.SAF
 Passo temporale: 2.5ms
 Numero di campioni:480000
 Istante finale:1200s
 Numero di sotto-intervalli:20

Fig. 1: Dati sperimentali in direzione Z (alto), N-S (centro) e E-W (basso).

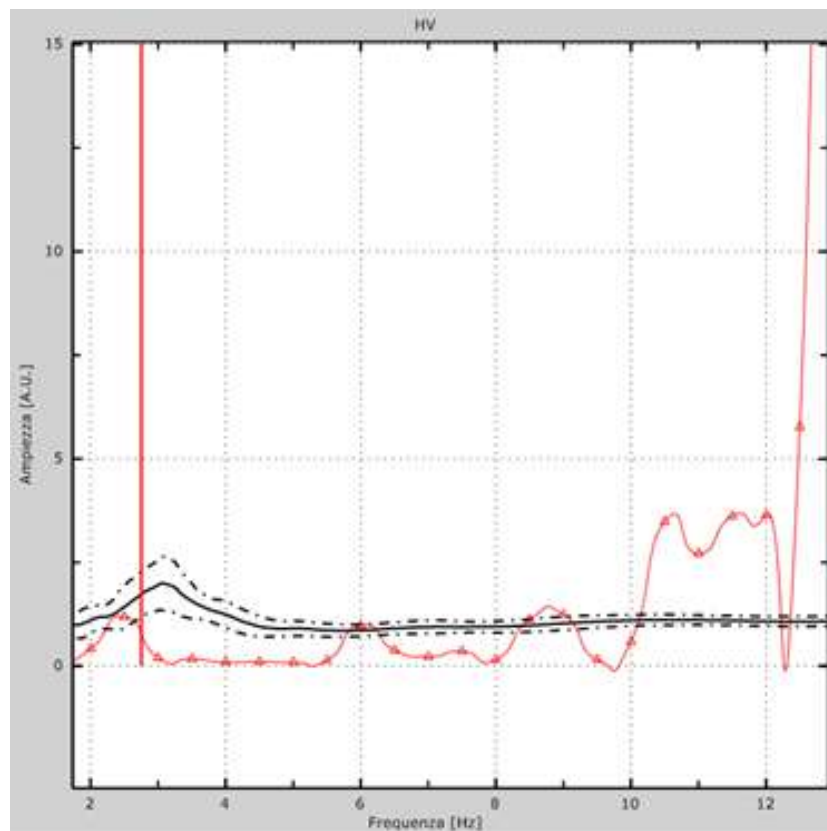


2 - Parametri

Finestra temporale: 60s
 Frequenza massima: 20Hz
 Numero di campioni:50
 Passo in frequenza: 0.4Hz

3 - Curva HVSR

Fig. 2: Curva HVSR; Curva H/V sperimentale (nero); Curve H/V sperimentali calcolate sulle singole finestre (altri colori).



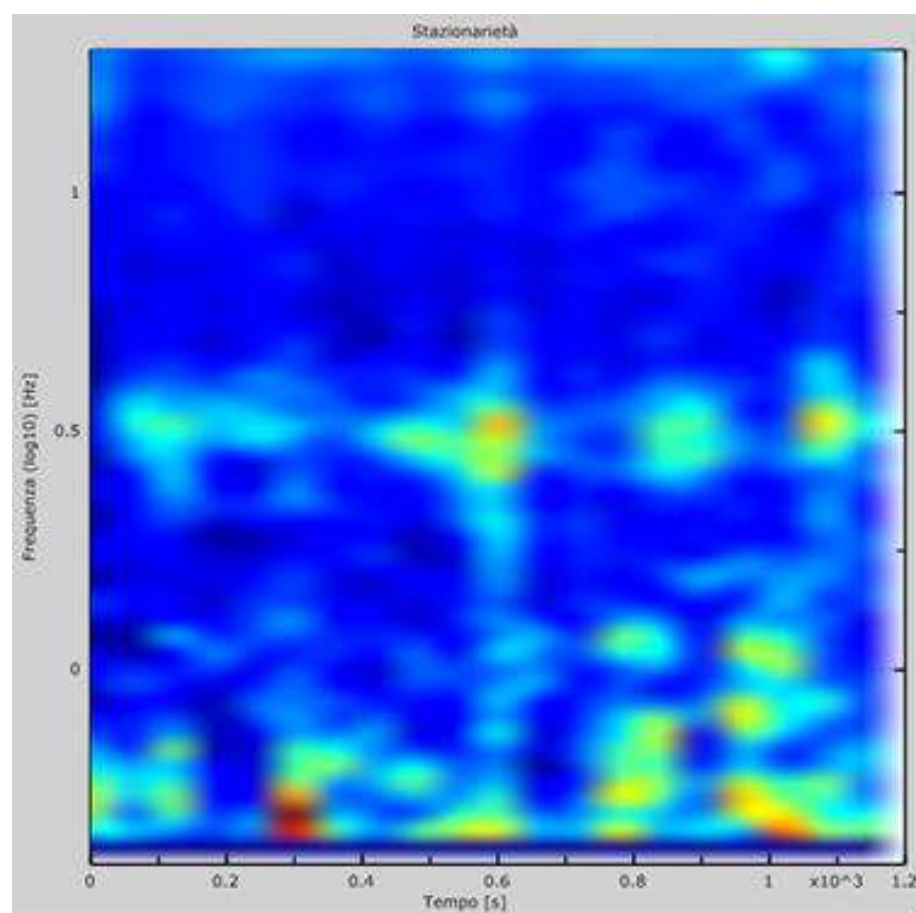
4 - Conclusioni

Frequenza del picco della curva H/V sperimentale [Hz] 3
 Frequenza del picco della curva H/V numerica [Hz] 2,7
 Errore relativo tra le due frequenze di picco [%] 10.00

Tabella 2: Criteri di ammissibilità (vedasi manuale)

Criterio 1	OK
Criterio 2	OK
Criterio 3	OK
Criterio 4	NO
Criterio 5	OK
Criterio 6	NO
Criterio 7	NO

Fig. 3: Stazionarietà

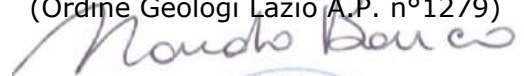


RELAZIONE GEOFISICA

RISULTATI DELLA PROVA DOWN-HOLE

Data, 28/07/2021

Dott. Geol. Nando Bauco
(Ordine Geologi Lazio A.P. n°1279)



1. INDAGINE GEOFISICA DIRETTA

1.1 PROVA DOWN-HOLE NEL FORO DI SONDAGGIO

Dopo aver condizionato il foro di sondaggio S1 con le opere necessario per garantire il giusto accoppiamento tra il tubo di rivestimento ed il profilo verticale di terreno incassante, è stata eseguita la prova Down-Hole, finalizzata alla determinazione dei profili delle onde sismiche di compressione, P, e di taglio, S, con la profondità.

Foto n.1 – Realizzazione prova DOWN-HOLE



Foto n.2 – Attrezzatura prova down-hole in dotazione della Società EdilTest



La prova Down-Hole consiste nel produrre sulla superficie del terreno una perturbazione mediante una sorgente meccanica e nel misurare il tempo d'arrivo delle

onde dirette, P ed S, alle varie profondità all'interno di un foro opportunamente predisposto.

L'attrezzatura per prove down-hole in dotazione dello Studio Associato di Geologia Tecnica si compone di un sensore Down Hole SS-BH-5C della SARA, comunemente chiamato sensore Down hole, è un sistema a 5 canali modulare, utilizzabile con il nostro sismografo DoReMi.

Il sensore fig.1 è estremamente pratico, il suo sistema di bloccaggio ad azionamento elettrico e il sistema di alimentazione interno, gli danno la possibilità di gestire acquisizioni molto lunghe in campagna.

L'utilizzo di 4 sensori orizzontali rende il sistema molto più facile da gestire, dato che non è importante l'orientamento del sensore in foro. La sua massima profondità è di 50m, rendendo questo sensore utilizzabile anche per acquisizioni profonde.

La possibilità di poter unire un secondo corpo sensore, permette di poter eseguire acquisizioni multiple a diverse profondità.

Il sensore SS-BH-5C può essere utilizzato per le varie acquisizioni in foro (Down hole / Cross hole) sia a corpo singolo che a doppio corpo.

Fig. 1 - Sensore Down Hole SS-BH-5C della SARA





GEOFONO DA FORO SSBH-5C



Semplicità

Il sensore SSBH è estremamente pratico con il suo sistema di bloccaggio ad azionamento elettrico (deviatore-interruttore blocca-sblocca). Due spie poste sul pannello di comando indicano se sensore è libero o bloccato. L'uso di quattro sensori orizzontali garantisce la lettura dei primi arrivi in ogni condizione.

La batteria al piombo-gel, di tipo standard commerciale, integrata nell'avvolgi-cavo riduce gli ingombri e i collegamenti durante l'esecuzione della prova. Il circuito di controllo dell'azionamento elettrico e l'azionamento garantiscono lunghi periodi di autonomia.

In dotazione vengono forniti: il dispositivo per la carica della batteria, un cavo di alimentazione supplementare, un geofono starter orizzontale specifico per l'energizzazione in onde SH ed una corda di sicurezza.

Precisione

Il sensore SSBH utilizza elementi di alta stabilità e prodotti da aziende leader nel settore. L'assemblaggio nei nostri contenitori lavorati con macchine a controllo numerico garantiscono il perfetto posizionamento angolare dei sensori orizzontali e l'assoluta ortogonalità di quello verticale.

Sicurezza

Il sistema di bloccaggio è studiato per funzionare in ambienti gravosi e con pozzi allagati anche con acqua torbida o fango. E' possibile applicare al sensore una corda di recupero di emergenza e il sistema di bloccaggio è dotato di punti di rottura programmata per minimizzare i danni al sensore in caso di recupero forzato.



Il sensore SSBH è un sensore specifico per misure temporanee in foro come DownHole, CrossHole, etc.

Costituito da una robusta struttura in acciaio inox può essere equipaggiato con sensori da 4.5, 8 o 10Hz.

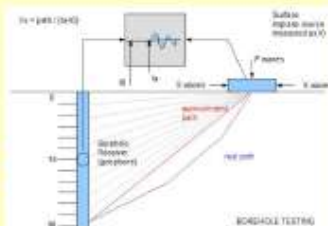
E' utilizzabile con qualsiasi sismografo predisposto per la lettura di segnali elettrodinamici inclusi ovviamente tutti i nostri sismografi e quindi particolarmente indicato con il sistema DoReMi.

Applicazioni

Il sensore trova la sua applicazione principale per la caratterizzazione dei suoli come, ad esempio, per la determinazione delle Vs30.

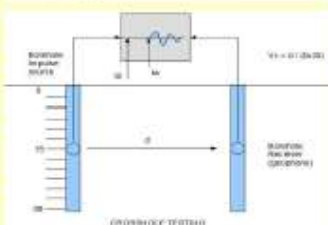
Downhole

Energizzando dalla superficie si può risalire alla velocità di propagazione delle onde (sia P che S) e quindi valutare le caratteristiche geofisiche del suolo nel punto di misura.



Crosshole

Utilizzando una apposita sorgente di impulsi meccanici da porre alla medesima quota all'interno di un foro parallelo si possono eseguire misure di crosshole, cioè di misura diretta delle velocità alle varie quote e ciò rappresenta la misura più precisa e diretta della velocità delle onde elastiche nel sottosuolo.



Il sensore può essere personalizzato con tool di orientamento ad aste rigide, con elementi di raccordo per due corpi sensore per misurare i tempi differenziali di arrivo delle onde (sensore a doppio corpo).



Caratteristiche tecniche

Numero canali:	5 (standard), 3 o altro (a richiesta)
Configurazione:	2, ad H (0°, 45°, 90°, 135°)
Non ortogonalità:	< 0.1%
Livellamento:	non previsto
Frequenza naturale:	10Hz (+/- 5%) (4.5Hz o 8 Hz a richiesta)
Damping:	0.707
Massa inerziale:	24 g
Sensibilità nominale:	27 V/m/s - (per il 4.5Hz disponibile a 80V/m/s)
Tilt massimo:	Verticale: 10° Orizzontale: 5°
Movimento massa:	0.2mm
Dimensioni:	1080x50mm
Min - Max diametro:	65mm - 80mm
Peso sensore:	4.5 kg
Peso complessivo:	18 Kg
Lunghezza cavo:	standard 50 metri
Connettore:	Cannon JC series 10 poli
Integrazione possibile con:	DoReMi, SR04, SL06, SL07
Sistema di bloccaggio:	elettrico
Alimentazione:	12V batteria
Conformità:	CE

SARA Electronic Instruments s.r.l. si riserva il diritto di apportare in qualsiasi momento modifiche o cambiamenti alle caratteristiche dei prodotti (variazioni di prezzo incluse) senza alcun preavviso.

SARA electronic instruments s.r.l. cap.soc. 100.000,00€ I.V.

06129 - Perugia - Via A.Mercuri, 4 - ITALY

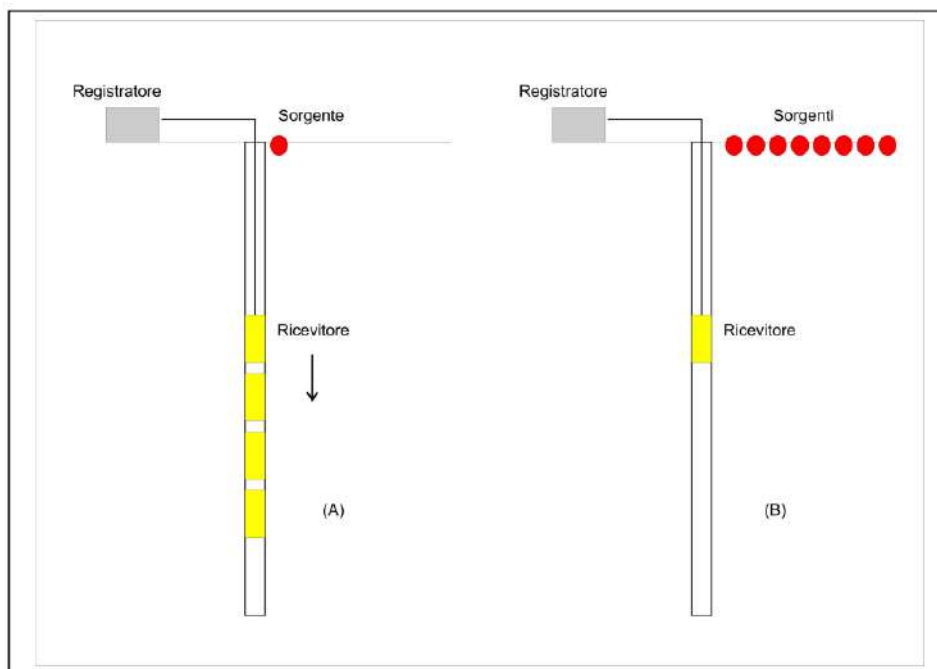
Tel. +39 075 5051014 - Fax +39 075 5006315

Reg. Trib. Perugia N-5718 - C.C.I.A.A. 109884 - C.F. e P.Iva 00380320549 - N.Reg.RAEE: IT08020000001128

PROCEDURE DI INTERPRETAZIONE DELLE MISURE

Nella tecnica di indagine Down-Hole, (DH) si installa in superficie una sorgente ad impulsi verticali e/o orizzontali e nel foro di misura con uno o più ricevitori a distanza nota ed opportunamente orientati, il tempo di arrivo delle varie fasi P od S mediante diverse tecniche di analisi (figura 1A).

Figura 1 – Schema di acquisizione nell'indagine Down-Hole



È possibile spostare la sorgente dalla verticale del foro di 3-5 metri per attenuare l'effetto delle onde di tubo (figura 1B).

L'impulso alla sorgente produce lungo la direzione di propagazione verticale prevalentemente onde longitudinali P se la battuta è effettuata verticalmente sulla piastra mentre produce impulsi prevalentemente orizzontali e quindi onde di taglio polarizzate orizzontalmente (le cosiddette onde SH) se vengono effettuate battute parallele al terreno di superficie.

L'arrivo è registrato dai geofoni, alle diverse profondità in cui sono posizionati.

I geofoni vengono bloccati nel foro mediante sistemi ad aria compressa o idraulici.

La velocità delle onde P, ovvero il rapporto tra il tempo di arrivo delle onde al geofono e la distanza di che separa la sorgente dal ricevitore, si rileva mediante il picking del primo arrivo.

Quindi la misurazione dei tempi di arrivo delle onde P è relativamente semplice.

Per le onde di taglio (SH), invece, la situazione è abbastanza diversa in quanto essendo più lente delle onde di compressione P, la loro rilevazione deve essere fatta mediante l'ausilio di procedure che prevedono già dalla fase di acquisizione particolari accorgimenti. Le procedure di interpretazione convenzionali permettono di determinare la velocità delle onde di taglio V_s dalla conoscenza della lunghezza e del tempo di percorrenza del percorso sorgente-ricevitore o del percorso tra coppie di ricevitori. In generale, le onde di taglio viaggiano attraverso strati di terreno di diversa rigidità. Il tempo di viaggio misurato è quello necessario per attraversare l'insieme dei diversi strati, ognuno caratterizzato dalla propria velocità di propagazione. A rigore anche la

lunghezza del percorso di propagazione è influenzata dalla presenza di strati con rigidità diversa.

ELABORAZIONE DEI DATI

L'elaborazione dei dati, per la determinazione delle velocità delle onde P ed S, deve essere condotta o con il metodo delle dromocrone o quello delle velocità medie per intervallo di profondità, a partire dall'analisi visuale e dallo studio dei correlogrammi nei casi di più difficile interpretazione.

Per ogni registrazione si effettuano un minimo tre battute per ciascuna profondità e per ciascun tipo di energizzazione, e questo sia per aumentare il rapporto S/N ma anche per minimizzare eventuale errore di localizzazione dei primi arrivi. Bisogna poi effettuare dei test per verificare gli eventuali ritardi o anticipi indotti dal sistema trigger (causati da un'impresione di chiusura dello starter nel sistema trigger) durante le fasi di energizzazione sulle fasi P ed S, e per tale motivo è utile inserire durante l'acquisizione dati dei geofoni esterni, di cui uno a componente verticale ed uno a componente orizzontale.

Nella fase di acquisizione oltre a registrare il segnale ad intervalli di 1-2 o più metri a partire dal piano campagna e fino a fondo foro, la procedura per ulteriore verifica di bontà del segnale, deve prevedere la registrazione di dati anche in fase di risalita dal fondo foro del geofono con intervalli di profondità magari doppi rispetto ai precedenti.

ELABORAZIONE DEL SEGNALE

L'elaborazione sostanzialmente si è concretizzata nelle seguenti fasi:

- valutazione visuale in campagna ed analisi di Fourier per valutare la presenza di eventuale rumore coerente nei dati;
- valutazione della necessità di applicare un filtro passa banda oppure di aumentare il numero di energizzazione per aumentare il rapporto S/N;
- equalizzazione spettrale dinamica per l'equiparazione energetica di battuta se non c'è controllo sull'energia di impatto;
- studio polarizzazione dell'onda SH mediante la tecnica dell'inversione di fase delle onde SH;
- visualizzazione delle cross-correlazioni e delle coppie di registrazioni corrispondenti, per la determinazione degli arrivi delle onde SH.

PARAMETRI DI ACQUISIZIONE UTILIZZATI PER LE PROVE DH

SISMOGRAFO: 24 canali a 24 bit per canale

SORGENTE: massa battente 10 Kg

GEOFONO: 5D a 10 Hz (5D una componente verticale, quattro componenti orizzontali disposte a 45°) con dispositivo di bloccaggio al foro mediante pistoncini ad aria compressa

TRIGGER: Chiusura di circuito tramite blaster e controllo dei ritardi o anticipi mediante geofoni esterni Intervallo di campionamento: 0.250 ms; Finestra temporale di acquisizione: 1 s

DISTANZA INTERGEOFONICA: 2.00 m

DISTANZA BOCCA POZZO: 2.00 m

STACK (numero di colpi in sommatoria sincrona): variabile da 3

Per correggere il tempo di arrivo dell'effetto dovuto dall'eccentricità della sorgente rispetto al bocca-pozzo si può applicare con buona approssimazione e per certi valori di profondità la seguente formula:

$$T_{corr} = \frac{z}{r} t_{oss}$$

dove z è la profondità del geofono nel foro, r è la distanza geofono-sorgente e t_{oss} è il tempo letto sui sismogrammi.

PROVA DOWN HOLE DH01

profondità	N. registrazione	Spessore	Tempi P	Prof.	VP	VP media	Tempi S	Prof.	VS	VS media
			TP	H	VP	VPm	TS	H	VS	VS m
m		m	(msec)	(m)	(m/s)	(m/s)	(msec)	(m)	(m/s)	(m/s)
2	1	2	5,80	2	189	189,0	10,50	2	221	221,0
4	2	2	10,00	4	205	196,7	21,32	4	225	223,0
6	3	2	12,50	6	215	202,4	30,15	6	228	224,6
8	4	2	16,54	8	221	206,8	42,80	8	245	229,4
10	5	2	20,15	10	230	211,0	52,12	10	265	235,7
12	6	2	25,41	12	245	216,0	61,25	12	270	240,8
14	7	2	28,54	14	289	224,1	70,12	14	287	246,5
16	8	2	32,56	16	305	231,8	76,12	16	294	251,6
18	9	2	35,14	18	315	238,8	82,50	18	300	256,2
20	10	2	38,00	20	368	247,5	89,12	20	310	260,7
22	11	2	40,12	22	379	255,6	92,15	22	325	265,5
24	12	2	41,21	24	398	263,4	95,12	24	345	270,7
26	13	2	42,15	26	400	270,5	98,74	26	362	276,0
28	14	2	44,25	28	425	277,7	99,10	28	384	281,7
30	15	2	45,12	30	450	285,0	100,02	30	405	287,5

Vp – Velocità delle onde P nell'intervallo di profondità indicato (m/s)

Vs – Velocità delle onde S nell'intervallo di profondità indicato (m/s)

Tp – tempo cumulativo dei diversi intervalli con la profondità delle onde P (ms)

Ts – tempo cumulativo dei diversi intervalli con la profondità delle onde S (ms)

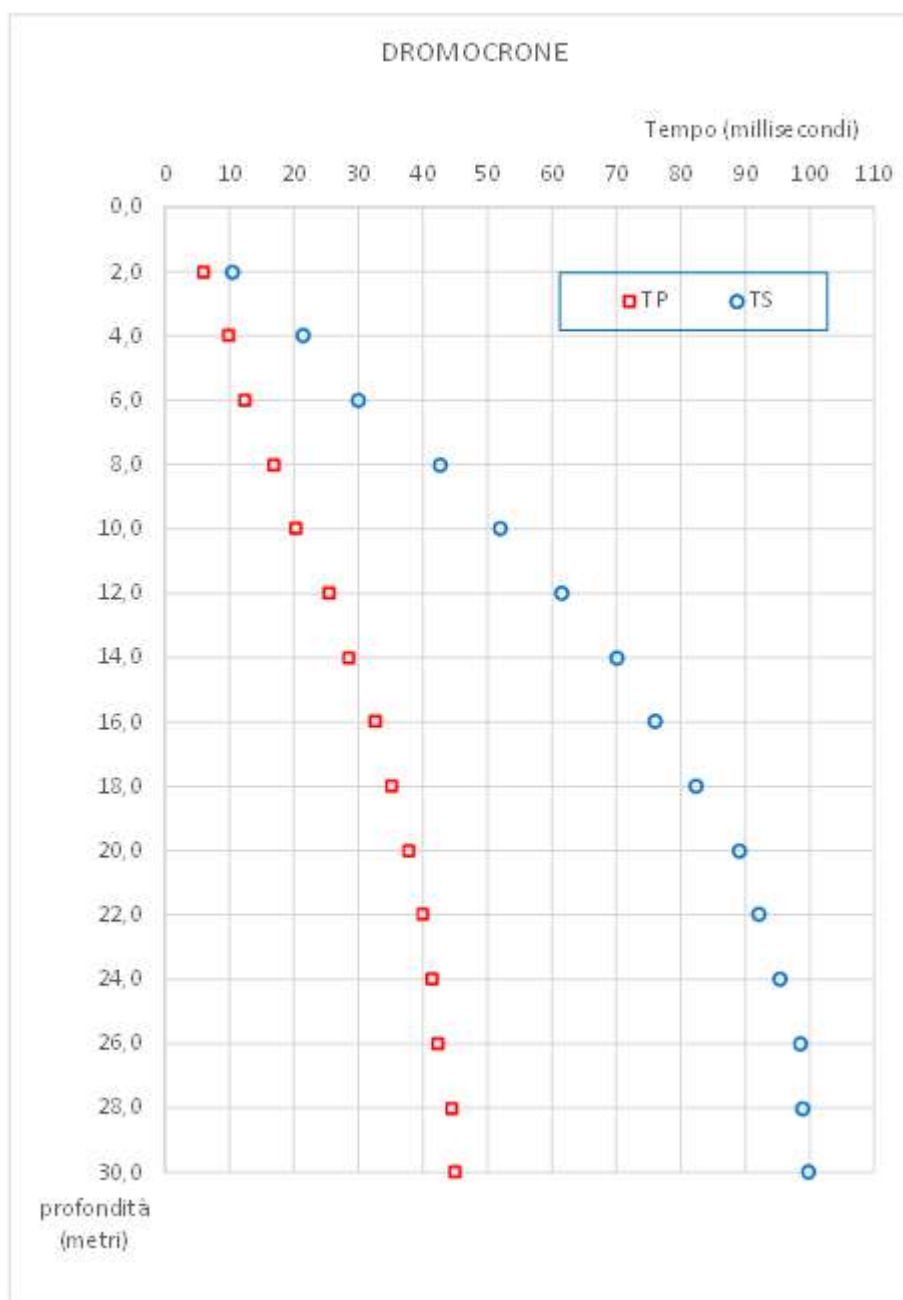
Da cui si calcola:

$$Vs_{30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{Vs_i}}$$

$$Vs_{30} = 406 \text{ m/s}$$

In base al valore della Vs30 ottenuto per il sito, viene associato la categoria di suolo di fondazione di tipo C ovvero: "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < Cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)".

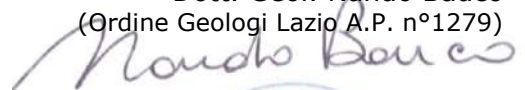
DROMOCRONE



**ELABORAZIONE
PROVE PENETROMETRICHE DPSH**

Data, 28/07/2021

Dott. Geol. Nando Bauco
(Ordine Geologi Lazio A.P. n°1279)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE DPSH

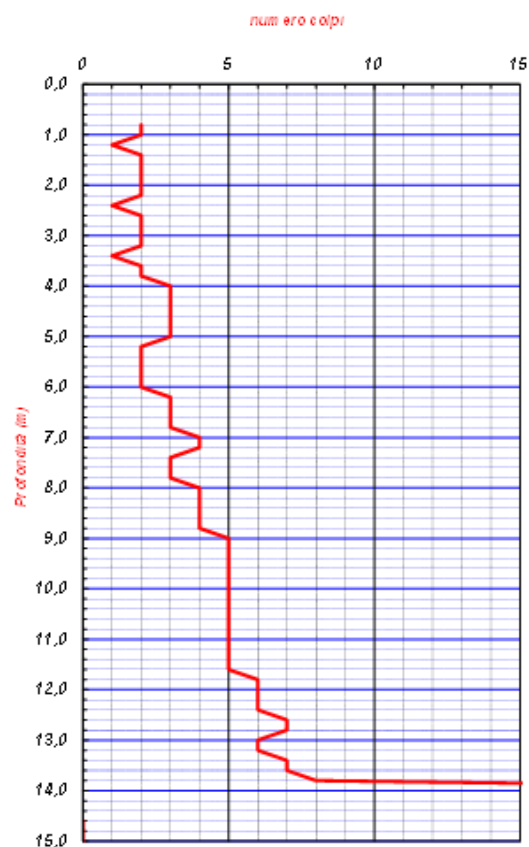
1

Data: 28/07/2021

Prova: N.1

OGGETTO: Progetto interventi di mitigazione del rischio idrogeologico con azioni di regimentazione delle acque in Piazza San Eurosia nel Comune di Lariano (Rm).

Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi
0,20		8,40	4		
0,40		8,60	4		
0,60		8,80	5		
0,80	2	9,00	5		
1,00	2	9,20	5		
1,20	1	9,40	5		
1,40	2	9,60	5		
1,60	2	9,80	5		
1,80	2	10,00	5		
2,00	2	10,20	5		
2,20	2	10,40	5		
2,40	1	10,60	5		
2,60	2	10,80	5		
2,80	2	11,00	5		
3,00	2	11,20	5		
3,20	2	11,40	5		
3,40	1	11,60	6		
3,60	2	11,80	6		
3,80	2	12,00	6		
4,00	3	12,20	6		
4,20	3	12,40	7		
4,40	3	12,60	7		
4,60	3	12,80	6		
4,80	3	13,00	6		
5,00	3	13,20	7		
5,20	2	13,40	7		
5,40	2	13,60	8		
5,60	2	13,80	35		
5,80	2	14,00			
6,00	2				
6,20	3				
6,40	3				
6,60	3				
6,80	3				
7,00	4				
7,20	4				
7,40	3				
7,60	3				
7,80	3				
8,00	4				
8,20	4				



num. colpi. = numero di colpi

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE DPSH							1
Data: 28/07/2021 Prova: N.1							
OGGETTO: Progetto interventi di mitigazione del rischio idrogeologico con azioni di regimentazione delle acque in Piazza San Eurosia nel Comune di Lariano (Rm).							
Prof.	Num. colpi	Φ	C	Cu	Eed	D.R.	γ_n
m	N ₂₀	°	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²		daN/m ³
0,20							
0,40							
0,60							
0,80	2	24	0,06	0,18	14,20	32,33	1650
1,00	2	24	0,06	0,18	14,20	31,66	1650
1,20	1	21	0,06	0,18	7,10	21,94	1650
1,40	2	24	0,06	0,19	14,20	30,44	1650
1,60	2	24	0,06	0,19	14,20	29,88	1650
1,80	2	24	0,07	0,20	14,20	29,35	1650
2,00	2	23	0,07	0,20	14,20	28,85	1650
2,20	2	23	0,07	0,22	14,20	28,37	1650
2,40	1	21	0,07	0,22	7,10	19,74	1650
2,60	2	23	0,08	0,23	14,20	27,48	1650
2,80	2	23	0,08	0,23	14,20	27,07	1650
3,00	2	23	0,08	0,24	14,20	26,67	1650
3,20	2	23	0,08	0,24	14,20	26,29	1650
3,40	1	21	0,08	0,24	7,10	18,33	1650
3,60	2	23	0,08	0,24	14,20	25,58	1650
3,80	2	23	0,08	0,25	14,20	25,24	1650
4,00	3	25	0,09	0,26	21,30	30,52	1650
4,20	3	25	0,09	0,26	21,30	30,14	1650
4,40	3	25	0,09	0,26	21,30	29,78	1650
4,60	3	25	0,09	0,26	21,30	29,43	1650
4,80	3	25	0,09	0,26	21,30	29,08	1650
5,00	3	25	0,09	0,26	21,30	28,76	1650
5,20	2	23	0,09	0,26	14,20	23,22	1650
5,40	2	23	0,09	0,26	14,20	22,97	1650
5,60	2	23	0,09	0,26	14,20	22,72	1650
5,80	2	23	0,09	0,26	14,20	22,49	1650
6,00	2	23	0,09	0,26	14,20	22,26	1800
6,20	3	25	0,09	0,26	21,30	26,99	1800
6,40	3	25	0,09	0,26	21,30	26,73	1800
6,60	3	25	0,09	0,26	21,30	26,47	1800
6,80	3	25	0,09	0,26	21,30	26,22	1800
7,00	4	26	0,09	0,26	28,40	30	1800
7,20	4	26	0,09	0,26	28,40	29,73	1800
7,40	3	25	0,09	0,26	21,30	25,52	1800
7,60	3	25	0,09	0,26	21,30	25,29	1800
7,80	3	25	0,09	0,26	21,30	25,08	1800
8,00	4	26	0,09	0,26	28,40	28,71	1800
8,20	4	26	0,09	0,26	28,40	28,47	1800
8,40	4	26	0,09	0,26	28,40	28,24	1800
8,60	4	26	0,09	0,26	28,40	28,01	1800
8,80	5	27	0,09	0,26	35,50	31,07	1800
9,00	5	26	0,09	0,26	35,50	30,83	1800
9,20	5	26	0,09	0,26	35,50	30,59	1800
9,40	5	26	0,09	0,26	35,50	30,36	1800

9,60	5	26	0,09	0,26	35,50	30,14	1800
9,80	5	26	0,09	0,26	35,50	29,91	1800
10,00	5	26	0,09	0,26	35,50	29,70	1800
10,20	5	26	0,09	0,26	35,50	29,49	1800
10,40	5	26	0,09	0,26	35,50	29,28	1800
10,60	5	26	0,09	0,26	35,50	29,08	1800
10,80	5	26	0,09	0,26	35,50	28,88	1800
11,00	5	26	0,09	0,26	35,50	28,68	1800
11,20	5	26	0,09	0,26	35,50	28,49	1800
11,40	5	26	0,09	0,26	35,50	28,31	1800
11,60	6	27	0,09	0,26	42,60	30,81	1800
11,80	6	27	0,09	0,26	42,60	30,61	1800
12,00	6	27	0,09	0,26	42,60	30,42	1800
12,20	6	27	0,09	0,26	42,60	30,23	1800
12,40	7	28	0,09	0,26	49,70	32,45	1800
12,60	7	28	0,09	0,26	49,70	32,25	1800
12,80	6	21	0,00	0,00	42,60	29,50	1800
13,00	6	27	0,09	0,26	49,70	31,68	1800
13,20	7	27	0,09	0,26	49,70	31,50	1800
13,40	7	27	0,09	0,26	56,80	33,48	1800
13,60	8	28	0,09	0,26	248,50	69,63	2000
13,80	35	34	0,09	0,26	248,50	69,63	2000

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE DPSH

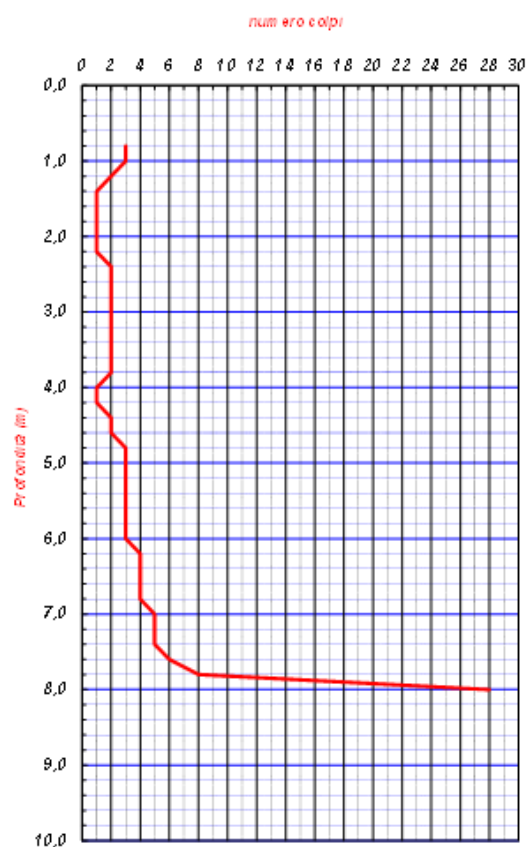
2

Data: 28/07/2021

Prova: N.2

OGGETTO: Progetto interventi di mitigazione del rischio idrogeologico con azioni di regimentazione delle acque in Piazza San Eurosia nel Comune di Lariano (Rm).

Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi
0,20		8,40			
0,40		8,60			
0,60		8,80			
0,80	3	9,00			
1,00	3	9,20			
1,20	2	9,40			
1,40	1	9,60			
1,60	1	9,80			
1,80	1	10,00			
2,00	1	10,20			
2,20	1	10,40			
2,40	2	10,60			
2,60	2	10,80			
2,80	2	11,00			
3,00	2	11,20			
3,20	2	11,40			
3,40	2	11,60			
3,60	2	11,80			
3,80	2	12,00			
4,00	1	12,20			
4,20	1	12,40			
4,40	2	12,60			
4,60	2	12,80			
4,80	3	13,00			
5,00	3	13,20			
5,20	3	13,40			
5,40	3	13,60			
5,60	3	13,80			
5,80	3	14,00			
6,00	3				
6,20	4				
6,40	4				
6,60	4				
6,80	4				
7,00	5				
7,20	5				
7,40	5				
7,60	6				
7,80	8				
8,00	28				
8,20					



num. colpi. = numero di colpi

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE DPSH							2
Data: 28/07/2021 Prova: N.2							
OGGETTO: Progetto interventi di mitigazione del rischio idrogeologico con azioni di regimentazione delle acque in Piazza San Eurosia nel Comune di Lariano (Rm).							
Prof.	Num. colpi	Φ	C	Cu	Eed	D.R.	γ_n
m	N ₂₀	°	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²		daN/m ³
0,20							
0,40							
0,60							
0,80	3	25	0,06	0,18	21,30	39,59	1650
1,00	3	25	0,06	0,18	21,30	38,77	1650
1,20	2	24	0,06	0,18	14,20	31,03	1650
1,40	1	21	0,06	0,19	7,10	21,52	1650
1,60	1	21	0,06	0,19	7,10	21,13	1650
1,80	1	21	0,07	0,20	7,10	20,75	1650
2,00	1	21	0,07	0,20	7,10	20,40	1650
2,20	1	21	0,07	0,22	7,10	20,06	1650
2,40	2	23	0,07	0,22	14,20	27,91	1650
2,60	2	23	0,08	0,23	14,20	27,48	1650
2,80	2	23	0,08	0,23	14,20	27,07	1650
3,00	2	23	0,08	0,24	14,20	26,67	1650
3,20	2	23	0,08	0,24	14,20	26,29	1650
3,40	2	23	0,08	0,24	14,20	25,93	1650
3,60	2	23	0,08	0,24	14,20	25,58	1650
3,80	2	23	0,08	0,25	14,20	25,24	1650
4,00	1	21	0,09	0,26	7,10	17,62	1650
4,20	1	21	0,09	0,26	7,10	17,4	1650
4,40	2	23	0,09	0,26	14,20	24,31	1650
4,60	2	23	0,09	0,26	14,20	24,03	1650
4,80	3	25	0,09	0,26	21,30	29,08	1650
5,00	3	25	0,09	0,26	21,30	28,76	1650
5,20	3	25	0,09	0,26	21,30	28,44	1650
5,40	3	25	0,09	0,26	21,30	28,13	1650
5,60	3	25	0,09	0,26	21,30	27,83	1650
5,80	3	25	0,09	0,26	21,30	27,54	1650
6,00	3	25	0,09	0,26	21,30	27,26	1800
6,20	4	26	0,09	0,26	28,40	31,17	1800
6,40	4	26	0,09	0,26	28,40	30,86	1800
6,60	4	26	0,09	0,26	28,40	30,57	1800
6,80	4	26	0,09	0,26	28,40	30,28	1800
7,00	5	27	0,09	0,26	35,50	33,54	1800
7,20	5	27	0,09	0,26	35,50	33,24	1800
7,40	5	27	0,09	0,26	35,50	32,94	1800
7,60	6	27	0,09	0,26	42,60	35,77	1800
7,80	8	28	0,09	0,26	56,80	40,95	1800
8,00	28	33	0,09	0,26	198,80	75,96	1800
8,20							
8,40							
8,60							
8,80							
9,00							
9,20							
9,40							