

Progetto per la costruzione ed esercizio di un Impianto Agrivoltaico a terra
e relative Opere di Connessione e alla rete AT di Terna

Grifoni PV [FG02]
[22.855,68 kWp]

Regione Puglia, Provincia di Foggia,
Comune di Ascoli Satriano

Titolo Elaborato
RELAZIONE GEOLOGICA-IDRAULICA-GEOTECNICA

Valutazione di Impatto ambientale
(artt. 23 -24 -25 D.Lgs.152/2005)
Commissione Tecnica PNRR - PNIEC
(artt.17 D.Lgs. 77/2021)

PROPONENTE

GRIFONI PV SRL

Via Don Luigi Sturzo, 14 - 52100 Arezzo
P.IVA 02446730513
grifonipv@legalmail.it

PROGETTAZIONE



Solarys I.S. srl

Via Don Luigi Sturzo, 14 - 52100 Arezzo
P.IVA 02326770514
info@solarysnrg.it

Arch. Mariagela Pugliese

Ordine degli Architetti, Provincia di Venezia n.5124 sez A
mariangela.pugliese@solarysis.it

Ing. Andrea Coradeschi

Ordine degli Ingegneri, Provincia di Arezzo n.1741 sez. A
andrea.coradeschi@solarysis.it

CONTRIBUTI
SPECIALISTICI

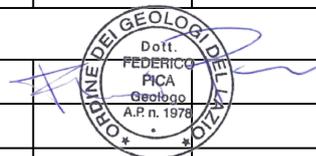


Ambiente s.p.a.

Via Frassina 21 - 54033 Carrara (MS)
P.IVA 00262540453
home@ambientesc.it

Scala	Formato	Codice Elaborato	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
-	A4	SOLARYS_VIA_REL_05	G.D.	F.P.	M.P.

Revisione	Data	Descrizione			
00	22/12/2023	PROGETTO DEFINITIVO			



Report di indagine geognostica e sismica

SOMMARIO

1. PREMESSA	3
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	4
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO.....	5
3.1 geologia dell'area.....	5
3.2 unita' litologiche.....	6
3.3 GEOMORFOLOGIA E IDROGRAFIA SUPERFICIALE	7
4. IDROGEOLOGIA	8
4.1 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	8
5. pai e PIANO GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI.....	9
6. AZIONE SISMICA (modello sismico del sito)	10
6.1 Pericolosità di riferimento per il territorio nazionale e regionale.....	10
6.2 Indagine sismica hvsr	12
6.2.1 STRUMENTAZIONE	13
6.2.2 ELABORAZIONE DEI DATI.....	14
6.3 Indagine sismica MASW	16
6.3.1 STRUMENTAZIONE	17
6.3.2 ELABORAZIONE DEI DATI.....	18
6.4 RISULTATI OTTENUTI	20
6.5 DETERMINAZIONE DELLA CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE	48
6.6 DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI BASE	49
6.7 DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA LOCALE	52
7. INDAGINE GEOGNOSTICA	55
7.1 Prove penetrometriche dinamiche dpsh (dynamic probe super heavy)	57
7.1.1 Tabulati di prova.....	60
8. LITOSTRATIGRAFIA.....	88
8.1 modello geotecnico di riferimento	89
9. VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE	93
10. TERRE E ROCCE DA SCAVO	94
11. CONCLUSIONI	96

Report di indagine geognostica e sismica

Indice delle Figure

Fig. 1. Immagine satellitare Google Earth rappresentante l'ubicazione e l'estensione dell'area di intervento...4	
Fig. 2. Estratto Foglio 175 "Cerignola" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 100.000 7	7
Fig. 3. Sismografo PASI – Gemini 2 13	13
Fig. 4. Estratto mappa interattiva della pericolosità sismica (prob. 10% in 50 anni, 50° percentile).....27	27

Indice delle Tabelle

Tabella. 1. Tabella riepilogativa dei valori di Vseq e categoria sismica di sottosuolo ottenuti.....48	48
Tabella. 2. Sintesi caratteristiche indagini geognostiche.....55	55

Indice degli allegati

Diagrammi prove penetrometriche dinamiche DPSH.

Indice delle tavole

Elab. B.1.10 – Carta Geologica in scala 1: 10.000;

Elab. B.1.11 – Carta del Reticolo Idrografico in scala 1: 10.000;

Elab. B.1.12 – Carta Vincolo Idrogeologico in scala 1: 10.000;

Elab. B.2.1 – Planimetria punti di indagine geologica in scala 1: 10.000.

1. PREMESSA

Su incarico della ditta Grifoni PV UNO s.r.l., proponente delle opere in progetto è stato redatto il presente report di indagine geognostica e sismica a corredo del “progetto per la costruzione ed esercizio di un Impianto Agrivoltaico a terra e relative opere di connessione alla rete AT di Terna” da eseguire su di un’area estesa circa 46.5 ettari nel Comune di Ascoli Satriano (FG).

La presente relazione, sintesi e compendio dei dati acquisiti durante il rilevamento geologico dell’area e quelli provenienti da indagini geognostiche e sismiche eseguite appositamente nell’area di intervento, è finalizzata alla definizione dell’assetto geologico, idrogeologico e sismico del sito, con particolare riguardo alla definizione delle caratteristiche litostratigrafiche ed alle proprietà fisico meccaniche dei terreni coinvolti dalle opere in progetto, per la valutazione della fattibilità dell’intervento sulla base del modello geologico, sismico e geotecnico preliminare dell’area, necessario alla successiva progettazione esecutiva delle nuove opere di fondazione e strutturali.

Per le notizie di carattere geologico generale è stato consultato il documento di pianificazione urbanistica comunale nonché la documentazione geologica generale disponibile in letteratura, integrata da rilievi eseguiti in campagna, basati sull’osservazione delle forme del territorio e delle litologie superficiali, correlati al passato geologico dell’area.

Lo studio è stato condotto in ottemperanza alla vigente normativa DM 17.01.2018 “Norme tecniche per le costruzioni” (Cap. 6 Progettazione geotecnica e Cap. 7 Progettazione per azioni sismiche).

Si precisa che il presente documento contiene sia la “Relazione geologica” che riporta le risultanze dello studio volto alla caratterizzazione e modellazione geologica del sito che il piano delle indagini geognostiche con la definizione del modello geotecnico di riferimento necessario per eseguire le verifiche preliminari finalizzate alla definizione della resistenza di progetto del terreno di fondazione sulla scorta delle azioni di carico previste e dei cedimenti attesi agli stati limite e di esercizio.

Report di indagine geognostica e sismica

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Le opere in progetto prevedono la realizzazione di nuovi campi fotovoltaici su di un'area che si estende per circa 46.5 ettari in comune di Ascoli Satriano, in provincia di Foggia, a sud-ovest del centro abitato cittadino, in area extraurbana a destinazione prevalentemente agricola.

In particolare, il territorio di Ascoli Satriano si sviluppa entro l'estera pianura alluvionale conosciuta come "Tavoliere della Puglia" e l'area di intervento da un punto di vista geomorfologico, si dispone debolmente ondulata tra le quote altimetriche di 320 e 270 m s.l.m. Da un punto di vista litologico l'area di intervento ricade nella sua porzione nord-orientale entro le sabbie e sabbie argillose a volte con livelli arenacei che costituiscono l'unità della Fossa Bradanica e nella sua porzione occidentale entro i depositi terrazzati Pleistocenici sull'alveo attuale dell'Ofanto con ghiaie e argille nerastre.

Geograficamente l'area è rappresentata nel Foglio 175 "Cerignola" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 100.000 e nel nuovo Foglio Geologico n. 434 "Candela" in scala 1: 50.000 con coordinate baricentriche dell'area (WGS 84): 41°9'54" latitudine N, 15°32'33" longitudine E.



Fig. 1 Immagine satellitare Google Earth rappresentante l'ubicazione e l'estensione dell'area di intervento

Report di indagine geognostica e sismica

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

3.1 GEOLOGIA DELL'AREA

Dal punto di vista geologico, il territorio oggetto del presente studio ricade all'interno dell'estesa pianura alluvionale nota come "Tavoliere di Puglia". Geologicamente il tavoliere rappresenta il settore settentrionale della Avanfossa bradanica, ossia il bacino di sedimentazione plio-pleistocenico della Catena appenninica meridionale compresa tra la Catena appenninica ad ovest e l'Avampaese Apulo ad est (Migliorini, 1937; Selli, 1962).

L'Appennino meridionale rappresenta il segmento orientato NW-SE di una catena arcuata che prosegue nelle Maghrebidi della Sicilia orientate E-W coincidente con l'andamento dei sistemi di sovrascorrimento. L'intero settore di catena è formato da strutture a pieghe e sovrascorrimenti costituito dalla sovrapposizione di diverse unità tettoniche che si sono originate, a partire dal Trias, in distinti domini paleogeografici del margine continentale passivo adriatico e dell'adiacente dominio oceanico della Neotetide (Gueguen et al. 1998).

A partire dal Pliocene, in seguito alla subduzione dell'avampaese apulo al di sotto delle falde appenniniche, l'avanfossa bradanica costituisce un'area bacinale a sedimentazione terrigena. Durante questo periodo in essa si accumulano depositi calcarenitici riferibili alla Formazione della Calcarenite di Gravina passanti verso l'alto e lateralmente ad una spessa successione siltoso-argilloso-sabbiosa riferibile alla Formazione delle argille subappennine (Valduga, 1973) o "Formazione dell'Ofanto" (Crostellì & Vezzani, 1964) o Argille di Montesecco (Boni et al., 1969). Al limite Pliocene superiore-Pleistocene inferiore, la migrazione verso NE del fronte appenninico, che formava un angolo aperto a SE con il margine interno della placca apula in subduzione (Casnedi, 1988), determina, nel settore settentrionale del bacino, la convergenza tra queste due grandi unità del sistema orogenico meridionale (Pieri et al., 1994; 1996). Questo motivo geodinamico segna l'inizio del colmamento del bacino con sedimentazione di mare poco profondo nell'area di convergenza, e la migrazione del depocentro dell'avanfossa verso NE. Verso la fine del Pleistocene inferiore, inoltre, l'area di avampaese apulo, insieme all'adiacente settore di avanfossa appenninica, è interessata da un sollevamento attribuito da alcuni autori a riaggiustamento isostatico o rebound (Ciaranfi et al., 1979; Patacca et al., 1990), da altri a buckling della placca adriatica (piegamento litosferico indotto dalla spinta relativa verso est del mantello astenosferico che agisce sul piano di subduzione al di sotto degli Appennini (Doglioni et al., 1994; 1996). Si realizza una superficializzazione, determinata da una rapida ma progressiva regressione verso la linea di costa adriatica, con la costituzione ed il progressivo ampliamento di un'area emersa verso oriente. L'inversione del regime geodinamico produce la formazione di depositi sabbioso-conglomeratici regressivi in facies di spiaggia, progressivamente più recenti verso oriente: tali depositi sono conservati in lembi solo nella zona dell'abitato di Ascoli Satriano, altrove i loro residui spessori sono stati asportati dall'erosione in seguito all'emersione dell'area. Infine, sui depositi di riempimento della Fossa bradanica, in particolare sulle argille marine (argille subappennine), si rinvergono in discontinuità depositi alluvionali terrazzati (Supersistema del Tavoliere di Puglia) (Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 50.000 Foglio 421 - "Ascoli Satriano").

Report di indagine geognostica e sismica

3.2 UNITA' LITOLOGICHE

Nel territorio comunale di Ascoli Satriano sono state riconosciute le seguenti unità litologiche:

UNITA' DELLA FOSSA BRADANICA (PLIO-QUATERNARIO)

I depositi afferenti a tale unità sono rappresentati da una successione terrigena Plio-quadernaria, comunemente indicata come ciclo della Fossa Bradanica. Nel presente lavoro sono state seguite le denominazioni formazionali della cartografia in scala 1:100.000. Tale successione è costituita dal basso verso l'alto dalle unità di seguito descritte:

- **Argille subappennine.** Costituiscono una potente successione prevalentemente argilloso-limosa abbastanza compatta, di colore grigio-azzurro a cui, soprattutto nella parte alta della formazione si intercalano livelli sabbiosi con spessori variabili dal centimetro al metro. Lo spessore è estremamente variabile e dove affiora non supera complessivamente i 100 m.
- **Sabbie marine e Conglomerati di Ascoli Satriano.** Sono rappresentati da una successione siltoso-sabbiosa che, nella parte superiore presenta facies sabbioso-conglomeratiche. Gli strati sabbiosi presentano una colorazione giallo-ocra, hanno contatti inferiori netti e stratificazione ben visibile. Il contatto con le facies conglomeratiche è rapido: i conglomerati sono grossolanamente stratificati e ben selezionati. Nella nuova cartografia geologica questi depositi sono attribuiti al Sintema di Cerignola che comprende i Conglomerati di Ortona e le Sabbie di Torre Quarto. Le sabbie marine secondo la cartografia geologica in scala 1:100.000 sono riferibili alla formazione delle Sabbie di Monte Marano; i conglomerati alla formazione del Conglomerato di Irsina.

SUPERSINTEMA DEL TAVOLIERE DELLA PUGLIA (PLEISTOCENE)

I depositi riferiti a quest'unità sono rappresentati da un complesso di sedimenti continentali di spessore massimo fino a qualche decina di metri e si trovano a varie altezze stratigrafiche a formare diverse superfici terrazzate. Tali depositi sono discordanti sulle argille subappennine e/o sui depositi marini e rappresentano i depositi alluvionali riferibili a tutti i corsi d'acqua che solcano il Tavoliere della Puglia. In particolare, nel territorio comunale di Ascoli Satriano sono stati rinvenuti:

- Depositi dei terrazzi alti circa 90-100 m sull'alveo attuale dell'Ofanto con ghiaie ed argille nerastre.
- Terrazzi medi dell'Ofanto e del Carapelle alti 15 m circa sull'alveo attuale, costituiti in prevalenza da ghiaie e sabbie localmente torbose.

Report di indagine geognostica e sismica

Da un punto di vista litologico l'area di intervento ricade nella sua porzione nord-orientale entro le sabbie e sabbie argillose a volte con livelli arenacei che costituiscono l'unità della Fossa Bradanica e nella sua porzione occidentale entro i depositi terrazzati Pleistocenici sull'alveo attuale dell'Ofanto con ghiaie e argille nerastre.

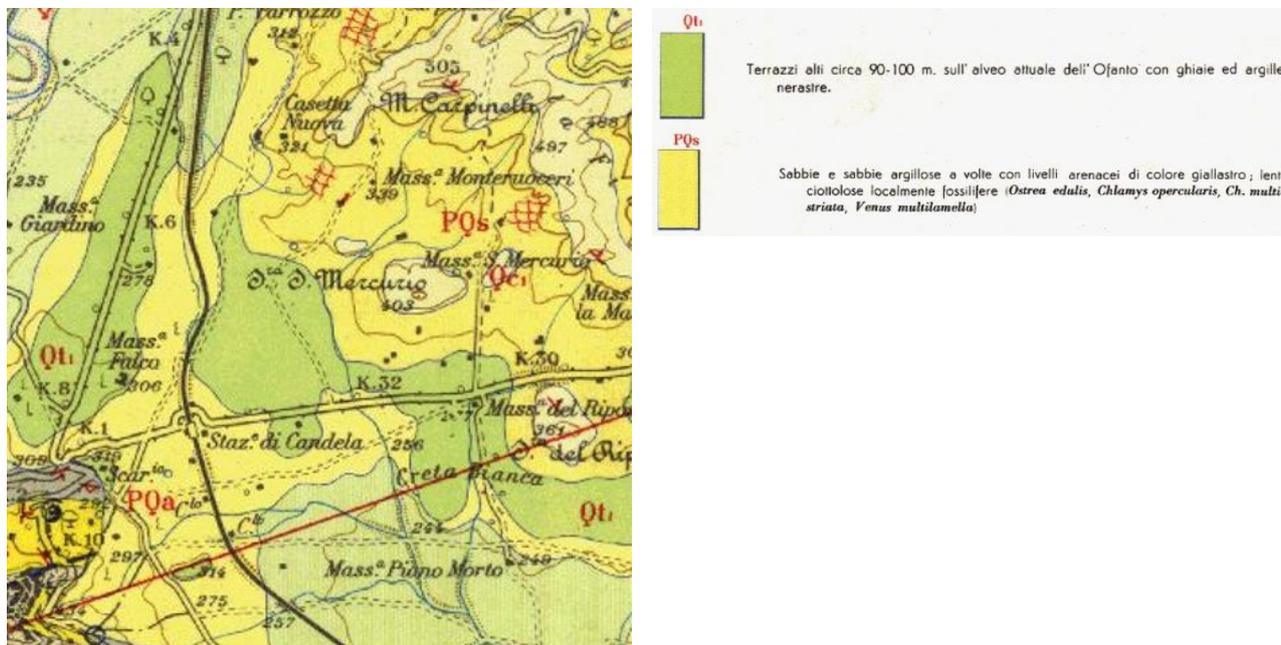


Fig. 2 Estratto Foglio 175 "Cerignola" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 100.000

3.3 GEOMORFOLOGIA E IDROGRAFIA SUPERFICIALE

Dal punto di vista morfologico, come detto precedentemente, l'area di progetto ricade nella piana del Tavoliere di Puglia. L'area nel complesso si presenta debolmente digradante verso NE, incisa da una serie di corsi d'acqua ad andamento SW-NE. Questo paesaggio a debole energia del rilievo compreso fra le valli del Fiume Ofanto e del Torrente Carapelle, fa parte di una vasta superficie che si estende da Ascoli Satriano fino al Golfo di Manfredonia. I corsi d'acqua hanno portato alla formazione di una serie di superfici terrazzate ubicate a quote decrescenti e a debole inclinazione verso NE. I terrazzi sono interpretabili come relitti di antichi depositi alluvionali, riferibili a sistemi di conoide alluvionale e corsi d'acqua di tipo braided. La loro configurazione morfologica è caratterizzata da una progressiva diminuzione di quota dal più antico a quello attuale e testimoniano la progressiva incisione dei corsi d'acqua a recapito adriatico successiva all'emersione dell'area dal Pleistocene medio. I depositi che costituiscono la base dei terrazzi alluvionali poggiano in discordanza angolare sui depositi marini prevalentemente siltosi plio-quadernari che costituiscono la Fossa Bradanica.

L'area su cui verrà realizzato l'impianto fotovoltaico, da un punto di vista geomorfologico, si dispone debolmente ondulata tra le quote altimetriche di 320 e 270 m s.l.m. Essa ricade nella sua porzione nord-orientale entro le sabbie e sabbie argillose a volte con livelli arenacei che costituiscono l'unità della Fossa Bradanica e nella sua porzione occidentale entro i depositi terrazzati Pleistocenici sull'alveo attuale dell'Ofanto.

Report di indagine geognostica e sismica

La continuità laterale di tale ampio terrazzo alluvionale impostato sul top dei Conglomerati di Ordona è interrotta dall'incisione di un reticolo minore tributario del Fiume Ofanto.

Le caratteristiche topografiche del sito e l'analisi di foto aeree e di aereofotogrammetrie (scala 1:10.000 della Cassa del Mezzogiorno e 1: 25.000 dell'I.G.M.) permettono di escludere che il sito in studio possa essere interessato da fenomeni di dissesto in atto. Per quanto riguarda le prescrizioni dettate dal PAI (Piano di Assetto Idrogeologico) e del PGRA (Piano Gestione Rischio Alluvioni) l'area di studio non ricade in aree a pericolosità idraulica ma analizzando le tavole della Pericolosità Geomorfologica del PAI, parte dell'area di intervento è ricompresa nelle aree a pericolosità geomorfologica media e moderata (PG1).

I corsi d'acqua principali nel territorio comunale sono il Torrente Carapelle, che corre da SW a NE ed il Fiume Ofanto, che corre in direzione SW-NE. Il Torrente Carapelle solca con andamento meandriforme una valle pianeggiante con bassa pendenza. L'alveo del Fiume Ofanto compare solo marginalmente con un breve tratto a morfologia meandriforme. La rete idrografica è completata da una serie di corsi d'acqua minori, localmente denominati "marane", che rappresentano incisioni povere d'acqua con deflusso ormai effimero. I solchi erosivi sono percorsi soltanto da acque di precipitazione meteorica con portate molto variabili, in funzione dell'intensità e della durata stessa delle precipitazioni alimentatrici.

4. IDROGEOLOGIA

4.1 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Le caratteristiche idrogeologiche del territorio sono condizionate dalla natura litologica delle formazioni presenti, dal loro grado di permeabilità ed infine dalle pendenze del rilievo. Nell'area del tavoliere, sulla base di dati bibliografici, è possibile distinguere dall'alto verso il basso, escludendo l'acquifero carsico fessurato, due unità acquifere:

- L'acquifero poroso superficiale
- L'acquifero poroso profondo.

Nel caso in esame **l'acquifero poroso superficiale** corrisponde agli interstrati sabbioso-ghiaiosi dei depositi marini e continentali di età Pleistocene superiore-Olocene che ricoprono con una certa continuità areale le sottostanti Argille Subappennine che rappresentano la base della circolazione idrica superficiale vista la loro impermeabilità. In tale acquifero, che interessa sostanzialmente l'area delle superfici terrazzate è potenzialmente presente una debole falda che circola in condizioni freatiche. Essa, in relazione al tipo di deposizione lenticolare dei sedimenti, alla giustapposizione di litotipi a diversa permeabilità ed alle soluzioni di continuità esistenti tra i vari corpi, può individuarsi su più livelli idraulicamente interconnessi. A scala regionale l'andamento delle curve isopieze segue quello della topografia, rivelando una generale diminuzione delle quote

piezometriche da SW verso NE, con gradienti di norma inferiori a 0,5 % (Tadolini et al., 1989).

In considerazione dei modesti spessori in gioco tali acquiferi risentono di forti oscillazioni dovute ai diversi apporti meteorici stagionali; nelle aree più prossime ai corsi d'acqua è possibile altresì ipotizzare un regime di

Report di indagine geognostica e sismica

scambio idrico con alimentazione della falda, da parte del corso d'acqua, durante i periodi di massima piena, che tende localmente ad invertirsi nei periodi di magra.

L'acquifero poroso profondo è costituito dai diversi livelli sabbiosi intercalati nella formazione plio-pleistocenica delle "Argille grigio-azzurre". I livelli acquiferi sono costituiti da corpi discontinui di forma lenticolare, localizzati a profondità superiori ai 150 m dal piano campagna, il cui spessore non supera le poche decine di metri. La falda è ovunque in pressione e presenta quasi sempre caratteri di artesianità. La produttività dei livelli idrici, pur essendo variabile da luogo a luogo, risulta sempre molto bassa con portate di pochi litri al secondo.

Durante la campagna di indagini geognostiche eseguita appositamente in situ, non è stato intercettato il livello statico della falda superficiale per le massime profondità indagate (10.0 m da p.c.).

5. PAI E PIANO GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI

Il **Piano per l'Assetto Idrogeologico (o PAI)** è uno strumento fondamentale della politica di assetto territoriale delineata dalla legge 183/89, essa getta le basi per una riorganizzazione normativa ed operativa nella difesa del suolo. Finalità della legge è di superare la fase degli interventi emergenziali per avviare una fase di valutazione del rischio idrogeologico con l'imposizione di vincoli e l'attivazione di programmi d'intervento volti ad eliminare o mitigare il rischio. Il PAI della Regione Puglia si pone come obiettivo immediato la redazione di un quadro conoscitivo generale dell'intero territorio di competenza dell'Autorità di Bacino, in termini di inquadramento delle caratteristiche morfologiche, geologiche ed idrologiche. Nel contempo viene effettuata un'analisi storica degli eventi critici (frane e alluvioni) che consente di individuare le aree soggette a dissesto idrogeologico, per le quali è già possibile una prima valutazione del rischio.

Il **piano gestione rischio alluvioni (o PGRA)** è lo strumento fondamentale previsto dalla legge – decreto legislativo 23 febbraio 2010 n. 49 in attuazione della direttiva 2007/60/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 23 Ottobre 2007 – per individuare e programmare le azioni necessarie a ridurre le conseguenze negative delle alluvioni per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali. Il piano deve essere in grado di organizzare nei vari aspetti, in tempo di pace, la gestione di possibili eventi alluvionali per poterli meglio governare nella fase parossistica. È quindi un piano con evidenti risvolti all'azione di Protezione Civile che si sviluppa fino a fondersi con le correlate azioni di pianificazione nell'uso del territorio già attualmente rappresentate dal PAI.

In particolare, l'art. 6 della Direttiva Alluvioni 2007/60/CE (Floods Directive – FD) stabilisce che gli Stati Membri (Member States – MS) predispongano, a livello di distretto idrografico o unità di gestione, mappe di pericolosità da alluvione e mappe del rischio di alluvioni, nella scala più appropriata per le aree a rischio potenziale significativo di alluvione (APSEFR) individuate ai sensi dell'art. 5, paragrafo 1.

Il territorio comunale di Ascoli Satriano ricade nel **Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale**, analizzando le Carte della Pericolosità e del Rischio Idraulico sia del PAI che del PGRA l'area di intervento non è ricompresa in aree a pericolosità idraulica. **Tuttavia, analizzando le tavole della Pericolosità**

Report di indagine geognostica e sismica

Geomorfologica del PAI, parte dell'area di intervento è ricompresa nelle aree a pericolosità geomorfologica media e moderata (PG1). Vedi elaborato B.1.12 allegato alla presente relazione.

6. AZIONE SISMICA (MODELLO SISMICO DEL SITO)

L'azione sismica di progetto si definisce a partire dalla "**Pericolosità Sismica di base**", che rappresenta in senso probabilistico, lo scuotimento atteso in un dato sito, in un dato intervallo di tempo (finestra temporale).

La Pericolosità Sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero (field free) su sito di riferimento rigido, con superficie topografica orizzontale (di categoria A), con prefissate probabilità di eccedenza P_{v_r} , nel periodo di riferimento V_r .

Le forme spettrali sono definite per ciascuna probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{v_r} , a partire dai seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

6.1 PERICOLOSITÀ DI RIFERIMENTO PER IL TERRITORIO NAZIONALE E REGIONALE

- Ordinanza del P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003 che emana i "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche (G.U. n.105 del 08/05/2003).
- Ordinanza del P.C.M. n° 3519 del 28/04/2006 che emana i "criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone (G.U. n.108 del 11/05/2006)".

L'emanazione di successive ordinanze (Ordinanza di protezione civile n° 3379 del 05/11/2004, Ordinanza del P.C.M. n° 3431 del 03/05/2005, Ordinanza del P.C.M. n° 3452 del 01/08/2005, legge n. 31/08 del 28/02/2008), hanno preceduto la definitiva obbligatorietà all'applicazione del D.M. 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche sulle costruzioni" (cap. 3.2 Azione sismica) per la valutazione della "pericolosità sismica di base" del sito interessato da nuove opere di costruzione ad oggi sostituito dal Decreto 17/01/2018 "**Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni**".

NORMATIVA SISMICA REGIONALE:

- **D.G.R. n. 153 del 2 marzo 2004.** L.R. 20/00 - O.P.C.M. 3274/03 – Individuazione delle zone sismiche del territorio regionale e delle tipologie di edifici ed opere strategici e rilevanti - Approvazione del programma temporale e delle indicazioni per le verifiche tecniche da effettuarsi sugli stessi.
- **L.R. n° 5 del 28 marzo 2019.** Modifiche alla legge regionale 30 novembre 200, n. 17 (Conferimento di funzioni e compiti amministrativi in materia di tutela ambientale) e istituzione del Sistema informativo dell'edilizia sismica della Puglia, nonché modifiche alle leggi regionali 30 luglio 2009, n. 14 (Misure straordinarie e urgenti a sostegno dell'attività edilizia e per il miglioramento della qualità

Report di indagine geognostica e sismica

del patrimonio edilizio residenziale) e 17 dicembre 2018, n. 59 (Modifiche ed integrazioni alla legge regionale 30 luglio 2009, n. 14);

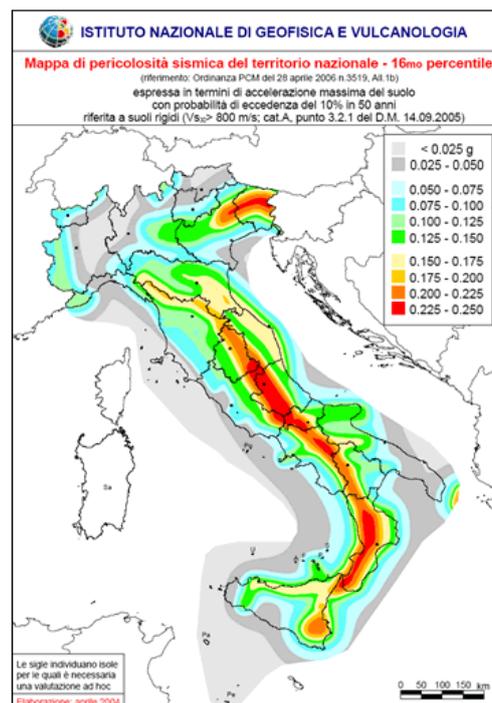
- **Deliberazione G.R. Puglia n° 1663 del 29 novembre 2022.** D.P.R. 6 giugno 2001 n. 380 e D.M. 30 aprile 2020. Atto di indirizzo e semplificazione amministrativa in materia di costruzioni in zone sismiche.

La norma nazionale prevede di definire l'accelerazione sismica al suolo, sulla base di una mappatura del territorio italiano a cura dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia), riportante le accelerazioni massime attese al suolo.

La porzione di territorio in cui ricade l'area in studio è definita a **alta sismicità** ovvero:

Il comune di Ascoli Satriano è classificato in zona sismica 1

Si riporta la tabella che individua ciascuna zona secondo i valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.



Zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a_g/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [a_g/g]
1	> 0.25	0.35
2	0.15 – 0.25	0.25
3	0.05 – 0.15	0.15
4	< 0.05	0.05

Data l'estensione dell'area sono state eseguite le seguenti indagini sismiche in sito: **n. 6 indagini sismiche passive tramite metodologia HVSR** e **n. 5 profili di sismica multicanale** con acquisizione delle onde di superficie ed elaborazione dati mediante **metodologia MASW**.

Report di indagine geognostica e sismica

6.2 INDAGINE SISMICA HVSR

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Successivamente, come ulteriore sviluppo, permette la stima del parametro normativo V_{seq} attraverso un processo di inversione del problema iniziale.

Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

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

Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce. Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee. Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

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

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

L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo

Report di indagine geognostica e sismica

sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio. Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è possibile valutarne il parametro normativo V_{seq} .

6.2.1 STRUMENTAZIONE

Il sistema di acquisizione è costituito da un sismografo tridimensionale Pasi mod. Gemini-2 per acquisizione dati HVSR: un unico contenitore waterproof con integrato una terna di geofoni a bassa frequenza da 2Hz accuratamente accoppiati con elevate caratteristiche e un potente acquisitore dati 24 bit reali.

Tramite l'interfaccia USB e il relativo software di acquisizione dati sarà il vostro PC a trasformarsi in uno strumento per la memorizzazione e la successiva analisi dei dati dalle prestazioni straordinarie.

Lo strumento è in grado di acquisire simultaneamente sui 3 canali. La gestione del sismografo avviene tramite software proprietario installato su laptop, tramite il quale è possibile gestire tutte le operazioni di campagna attraverso le seguenti fasi:

- impostazione numero di canali e metodologia di indagine;
- impostazione frequenza e lunghezza di campionamento;
- selezione entità dell'amplificazione del segnale per ogni canale;
- impostazione filtri delle frequenze indesiderate;
- visualizzazione in tempo reale del segnale su tutti i geofoni attivi;
- visualizzazione del sismogramma con misura dei tempi di arrivo;
- memorizzazione di tutti i dati relativi all'acquisizione.



Fig. 4 Sismografo Pasi Gemini 2.

Report di indagine geognostica e sismica

6.2.2 ELABORAZIONE DEI DATI

L'elaborazione è stata effettuata con un software dedicato in grado di gestire le fasi di preparazione, analisi, modellizzazione e restituzione finale. La fase iniziale consiste in un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata.

Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.

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

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier.

Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone.

Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia.

Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.

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

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

Va ricordato che il diagramma 1D mostra una suddivisione sismo-stratigrafica ricostruita sul differente comportamento sismico dei materiali investigati. È quindi possibile che variazioni di velocità non corrispondano necessariamente a passaggi litologici netti.

Report di indagine geognostica e sismica



Report di indagine geognostica e sismica

6.3 INDAGINE SISMICA MASW

La MASW (Multichannel Analysis of Seismic Waves) è una metodologia di indagine geofisica che consente l'individuazione di frequenza, ampiezza, lunghezza d'onda e velocità di propagazione delle onde sismiche superficiali (principalmente onde di Rayleigh) generate artificialmente. L'analisi delle onde superficiali permette la determinazione delle velocità delle onde di taglio verticali (V_s) nei terreni al di sotto dello stendimento sismico.

L'indagine è realizzata disponendo lungo una linea retta, a intervalli regolari, una serie di geofoni collegati ad un sismografo. Una fonte puntuale di energia, quale mazza battente su piastra metallica o cannoncino sismico, produce treni d'onda che attraversano il terreno con percorsi, velocità e frequenze variabili. Il passaggio del treno d'onda sollecita la massa inerziale presente nel geofono, l'impulso così prodotto viene convertito in segnale elettrico e acquisito dal sismografo. Il risultato è un sismogramma che contiene molteplici informazioni quali tempo di arrivo ai geofoni rispetto all'istante di energizzazione, frequenze e relative ampiezze dei treni d'onda.

La successiva elaborazione consente di ottenere un diagramma 1D (profondità/velocità onde di taglio) tramite modellizzazione ed elaborazione matematica con algoritmi capaci di minimizzare le differenze tra i modelli elaborati e i dati di partenza. Il diagramma, riferibile al centro della linea sismica, rappresenta un valor medio della sezione di terreno interessata all'indagine di lunghezza circa corrispondente a quella della linea sismica e profondità variabile principalmente in funzione delle caratteristiche dei materiali attraversati e della geometria dello stendimento.

Il metodo MASW sfrutta le caratteristiche di propagazione delle onde di Rayleigh per ricavare le equivalenti velocità delle onde di taglio (V_s), essendo le onde di Rayleigh prodotte dall'interazione delle onde di taglio verticali e delle onde di volume (V_p).

Le onde di Rayleigh si propagano secondo fronti d'onda cilindrici, producendo un movimento ellittico delle particelle durante il transito. Con i metodi di energizzazione usuali i due terzi dell'energia prodotta viene trasportata dalle onde di Rayleigh a fronte di meno di un terzo suddiviso tra le rimanenti tipologie di onde. Inoltre, le onde di Rayleigh sono meno sensibili delle onde P e S alla dispersione in funzione della distanza e con un'attenuazione geometrica inferiore.

Onde di Rayleigh ad alte frequenze e piccole lunghezze d'onda trasportano informazioni relative agli strati più superficiali mentre quelle a basse frequenze e lunghezze d'onda maggiori interessano anche gli strati più profondi. In pratica il metodo MASW di tipo attivo opera in intervalli di frequenze comprese tra 5 e 70 Hz circa, permettendo di indagare una profondità massima variabile, in funzione delle caratteristiche dei terreni interessati, tra 30 e 50 metri. La geometria della linea sismica ha influenza sui dati e quindi sul risultato finale; infatti, la massima lunghezza d'onda acquisibile è circa corrispondente alla lunghezza dello stendimento; mentre la distanza tra i geofoni, solitamente compresa tra 1 e 3 metri, definisce la minima lunghezza d'onda individuabile evitando fenomeni di aliasing. Nella campagna di indagine del lavoro in oggetto è stato eseguito uno stendimento di 24 geofoni, con spaziatura tra i geofoni di 1 metro per una lunghezza della linea sismica di 23 metri.

Report di indagine geognostica e sismica

L'energizzazione è stata eseguita a 1, 3 e 5 metri dal primo e dall'ultimo geofono. Per ridurre il rumore di fondo e migliorare la qualità complessiva dei sismogrammi sono stati sommati più tiri.

Gli stendimenti sono stati ubicati in base alle indicazioni della committenza e all'obiettivo dell'indagine.

Il sito di indagine è collocato in area poco urbanizzata non caratterizzata da significative fonti di rumore antropico in grado di interferire con il segnale sismico.

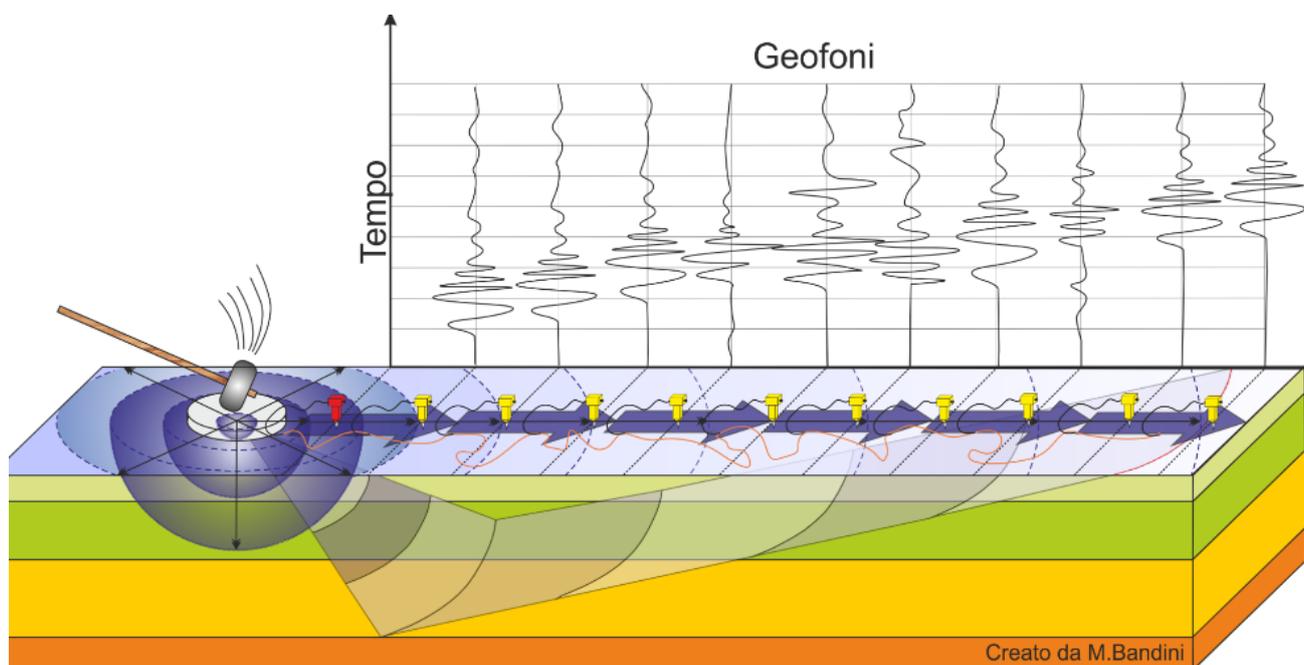
6.3.1 STRUMENTAZIONE

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un sismografo multicanale "PASI GEA 24", dotato di 12 geofoni verticali Oyo Geospace con frequenza propria di 4,5 Hz, collegati allo strumento tramite cavi elettrici schermati.

Lo strumento è in grado di gestire l'acquisizione simultanea su 24 canali e di rilevare l'istante di energizzazione (tempo zero) tramite geofono starter. È inoltre equipaggiato di software proprietario in grado di gestire tutte le operazioni di campagna attraverso le seguenti fasi:

- impostazione numero di canali e metodologia di indagine;
- impostazione frequenza e lunghezza di campionamento;
- selezione entità dell'amplificazione del segnale per ogni canale;
- impostazione filtri delle frequenze indesiderate;
- visualizzazione sismogramma con misura dei tempi di arrivo;
- esecuzione operazioni di somma e sottrazione di ulteriori sismogrammi;
- memorizzazione di tutti i dati relativi all'acquisizione.

Per l'energizzazione è stata utilizzata una mazza del peso di 8 kg e una piastra di battuta di alluminio.



6.3.2 ELABORAZIONE DEI DATI

L'elaborazione è stata effettuata con un software dedicato (*WinMasw Lite*) in grado di gestire le fasi di preparazione, analisi, modellizzazione e restituzione finale.

La fase iniziale consiste nel filtraggio del segnale sismico per eliminare il "rumore" ed eventuali frequenze indesiderate. Il software permette di visualizzare il sismogramma nel dominio spazio-tempo e visualizzando i grafici frequenza-ampiezza anche per le singole tracce. Sono disponibili varie modalità di gestione del segnale, le cui principali sono i filtri "passa basso", "passa alto", "passa banda", "taglia banda", il "muting", l'ACG e i filtri tipo F-K ("fan cut", "fun pass", "horizontal e vertical cut").

La fase successiva consiste nel calcolo della curva di dispersione, visualizzata tramite diagramma frequenza-numero d'onda con appropriata scala cromatica dell'ampiezza.

Il diagramma permette di visualizzare anche l'intervallo di lunghezza d'onda acquisito e il rapporto segnale-disturbo, utile per valutare la qualità dei dati. Utilizzando la curva di dispersione si procede ad individuare la curva della velocità di fase apparente tramite metodo manuale o semi-automatico.

La fase di inversione prevede una modellizzazione monodimensionale che consente di determinare un profilo di velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità. L'elaborazione avviene tramite l'applicazione di un procedimento calcolo e un algoritmo di inversione (Xia et al. 1999a), che gestisce i parametri velocità di taglio (V_s) e spessore degli strati. Altri parametri previsti dal modello sono il coefficiente di poisson e la velocità delle onde di volume (V_p) che, assieme a spessore degli sismostrati e relative V_s , possono venire modificati anche manualmente. Tramite interazioni successive si ottiene un modello geofisico in grado di far coincidere con la migliore approssimazione possibile (errore quadratico medio inferiore al 5-10%) la curva di dispersione elaborata nella fase precedente e quella modellizzata.

In conclusione, viene restituito un diagramma (1D) delle velocità delle onde di taglio (V_s) in funzione della profondità (vedi capitolo 4), con relativa tabella, calcolo delle V_{seq} e correlazione al tipo di terreno, come da normativa. Va ricordato che il diagramma 1D mostra una suddivisione sismostratigrafica ricostruita sul differente comportamento sismico dei materiali investigati. È quindi possibile che variazioni di velocità non corrispondano necessariamente a passaggi litologici netti.

Report di indagine geognostica e sismica



Report di indagine geognostica e sismica

6.4 RISULTATI OTTENUTI

Di seguito si riportano i risultati delle indagini eseguite entro l'area oggetto di intervento. L'ubicazione delle indagini è riportata in TAV 4.

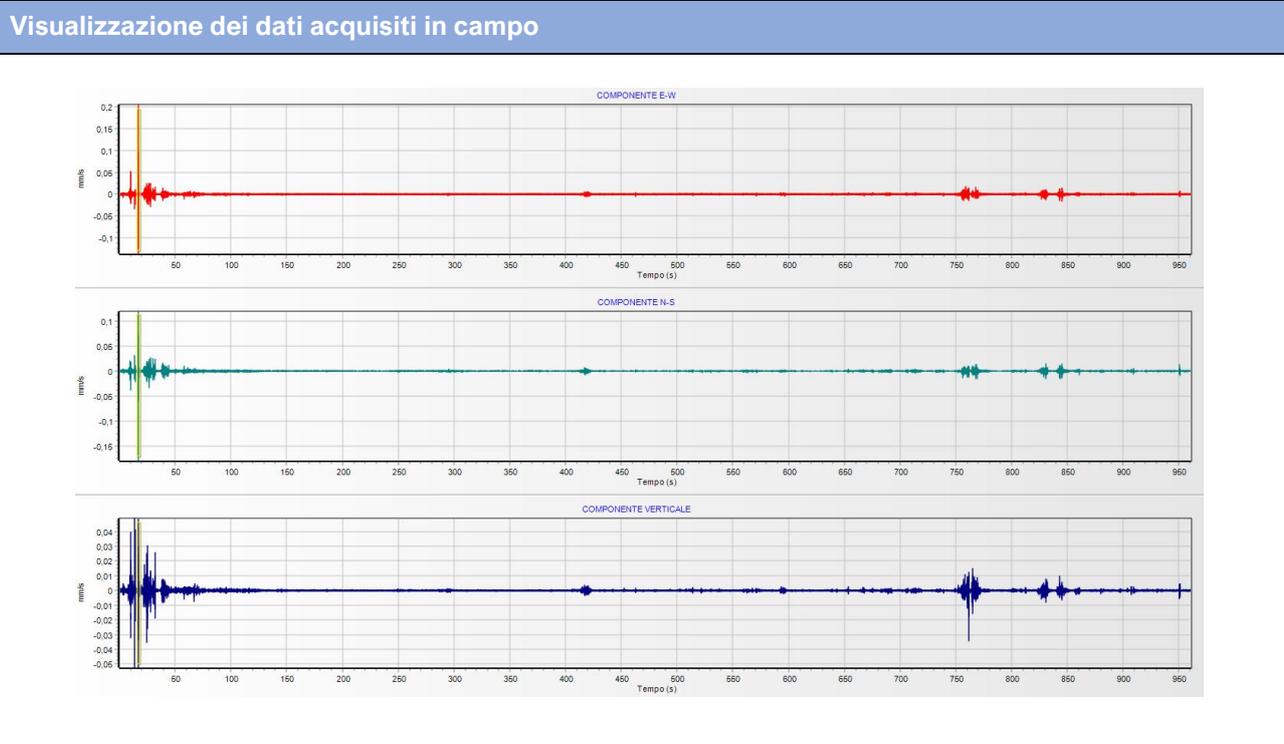
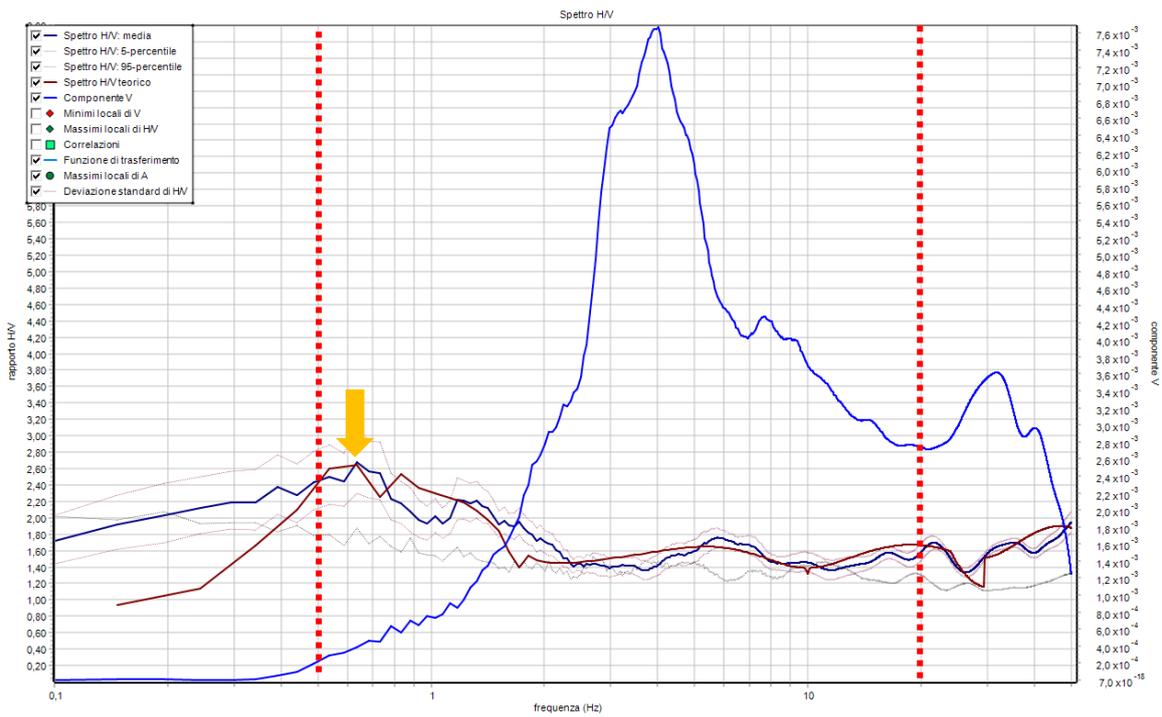
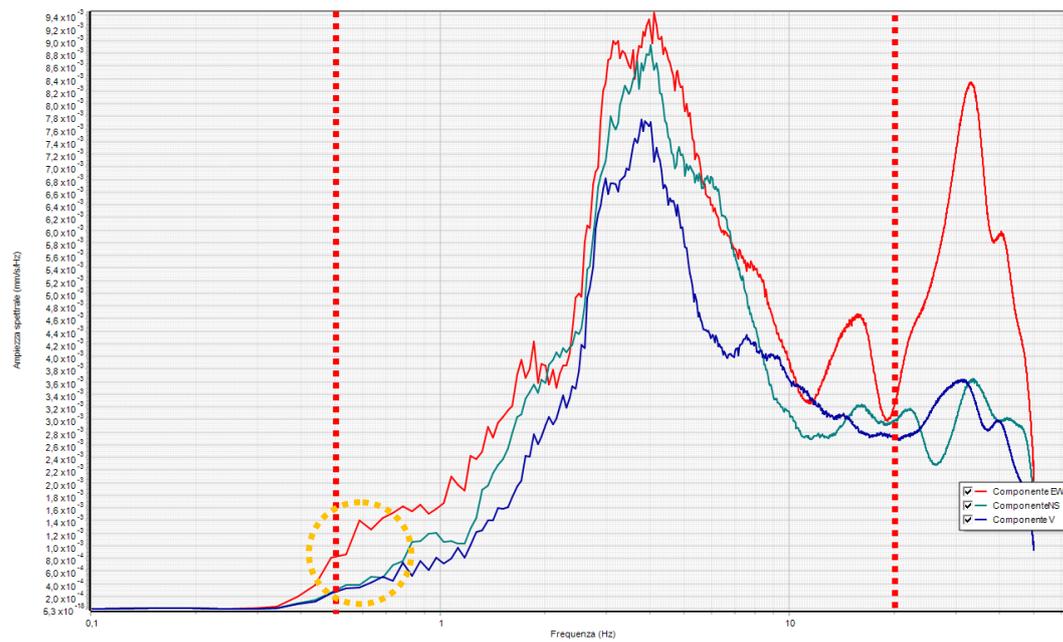
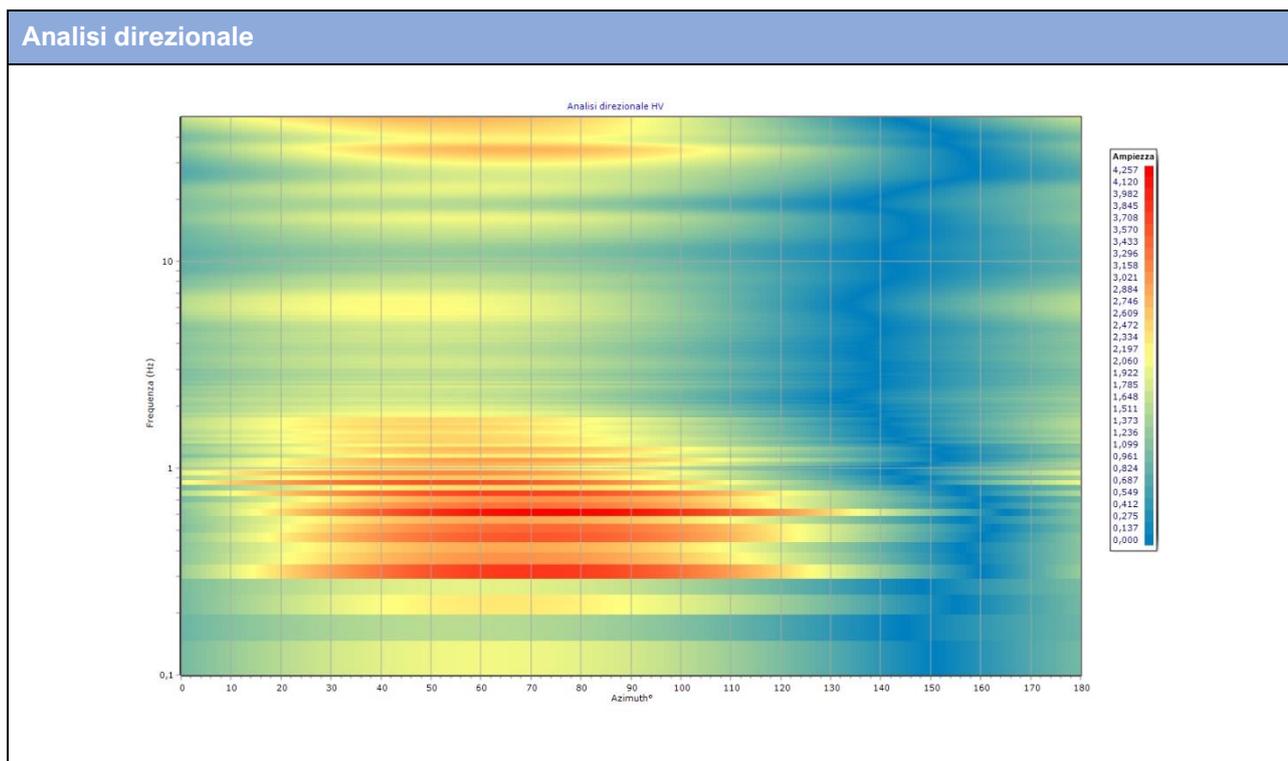
1. HVSR 1

Diagramma della curva di dispersione





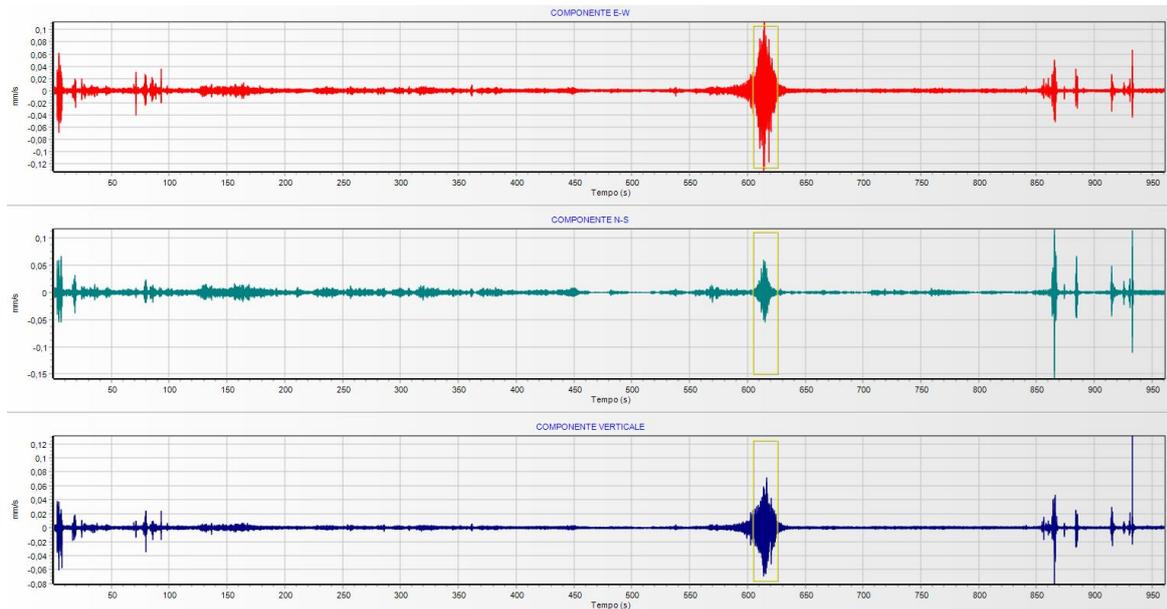
La curva H/V sintetica è stata modellata in modo da sovrapporsi ai picchi stratigrafici misurati, essa non va mai osservata da sola ma sempre congiuntamente agli spettri delle singole componenti da cui essa deriva. Questo permette di discernere agevolmente i picchi di natura stratigrafica da quelli generati da fonti di disturbo di natura antropica (motori elettrici, ecc.). In condizioni normali le componenti spettrali NS, EW e Z (verticale) hanno ampiezze simili. Alla frequenza di risonanza si genera spesso un picco H/V legato ad un minimo locale della componente spettrale verticale che determina una forma “a occhio” o “a ogiva”. **Dall’analisi della curva HVSR, eseguita tra 0.5 Hz e 20 Hz (frequenze di interesse ingegneristico) è stato evidenziato un picco statisticamente significativo della curva H/V alla frequenza di 0.63 Hz.**

Profilo stratigrafico di riferimento		
Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/s)
-0.33	0.33	72
-1.91	1.58	162
-3.72	1.81	263
-7.27	3.55	250
-10.55	3.28	297
-30.96	20.41	401

Report di indagine geognostica e sismica

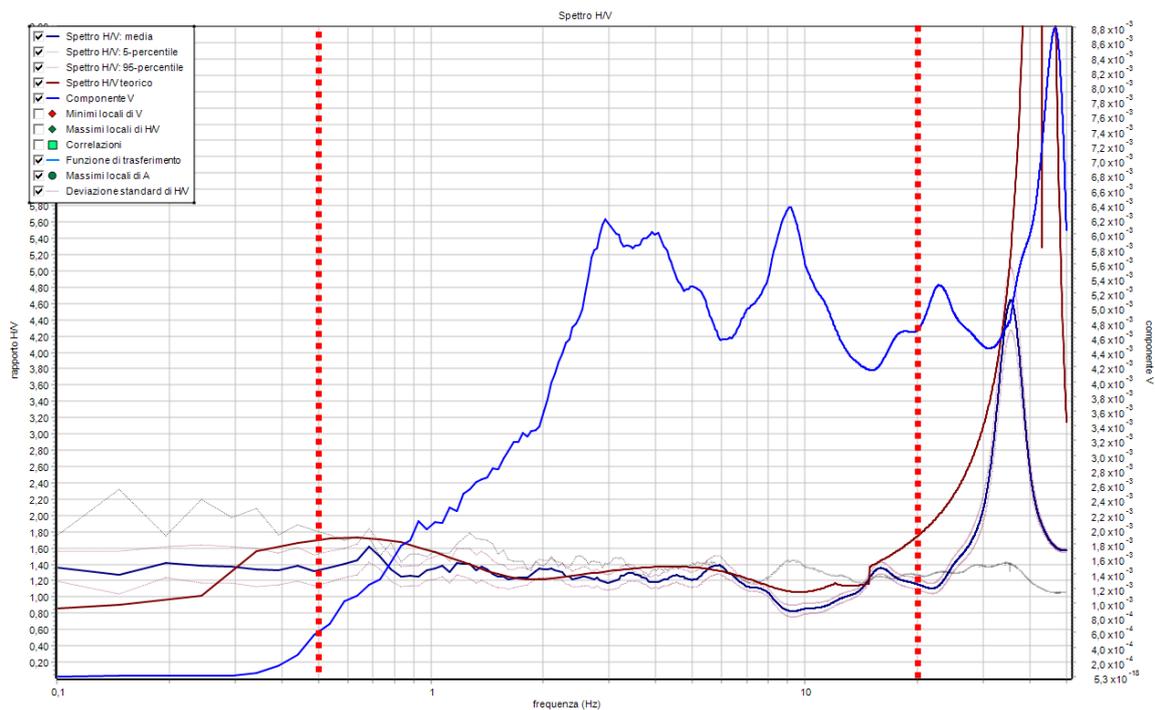
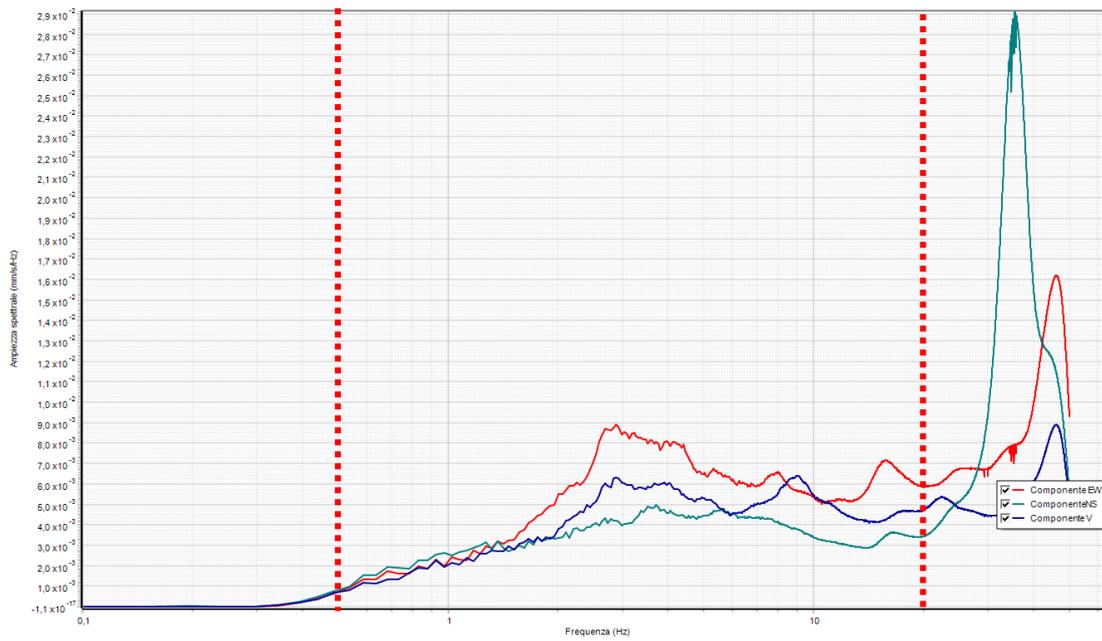
2. HVSR 2

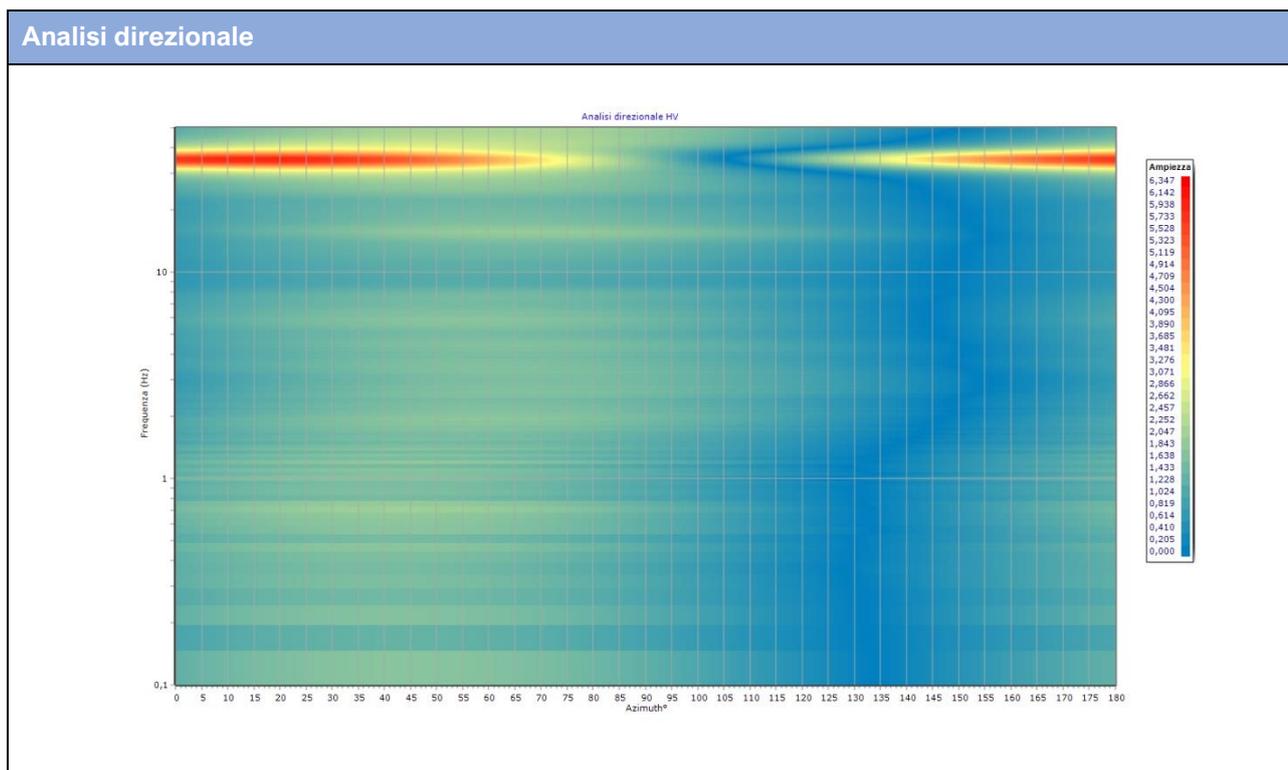
Visualizzazione dei dati acquisiti in campo



Report di indagine geognostica e sismica

Diagramma della curva di dispersione





La curva H/V sintetica è stata modellata in modo da sovrapporsi ai picchi stratigrafici misurati, essa non va mai osservata da sola ma sempre congiuntamente agli spettri delle singole componenti da cui essa deriva. Questo permette di discernere agevolmente i picchi di natura stratigrafica da quelli generati da fonti di disturbo di natura antropica (motori elettrici, ecc.). In condizioni normali le componenti spettrali NS, EW e Z (verticale) hanno ampiezze simili. Alla frequenza di risonanza si genera spesso un picco H/V legato ad un minimo locale della componente spettrale verticale che determina una forma “a occhio” o “a ogiva”.

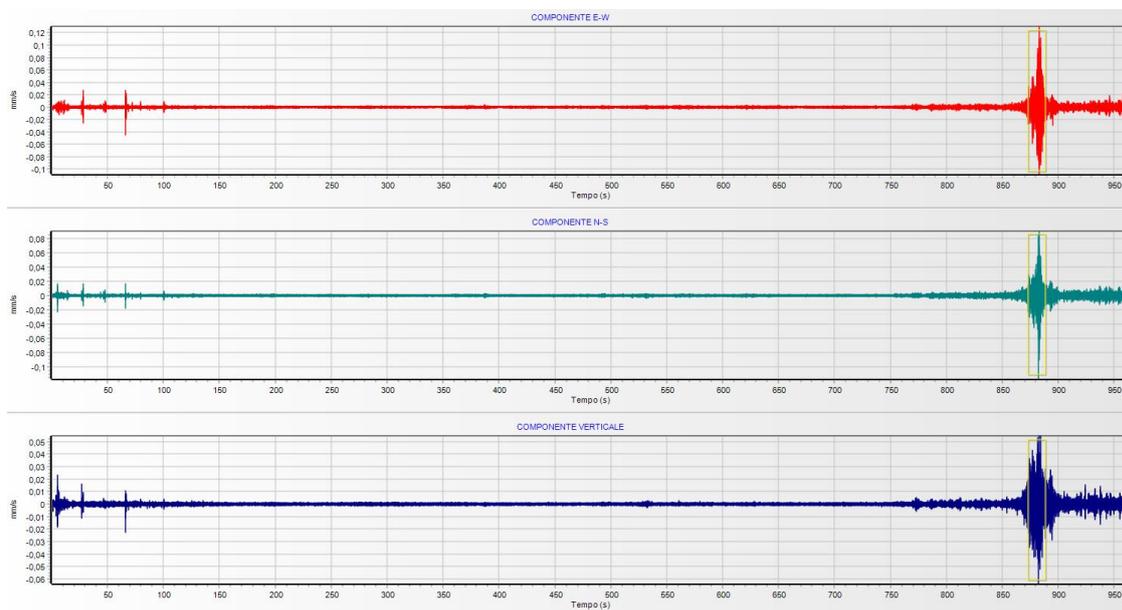
Dall’analisi della curva HVSR, eseguita tra 0.5 Hz e 20 Hz (frequenze di interesse ingegneristico) non è stato evidenziato alcun picco statisticamente significativo della curva H/V.

Profilo stratigrafico di riferimento		
Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/s)
-0.46	0.46	70
-2.96	2.50	213
-8.25	5.29	219
-19.3	11.05	338
-26.13	6.83	302
-33.98	7.85	341

Report di indagine geognostica e sismica

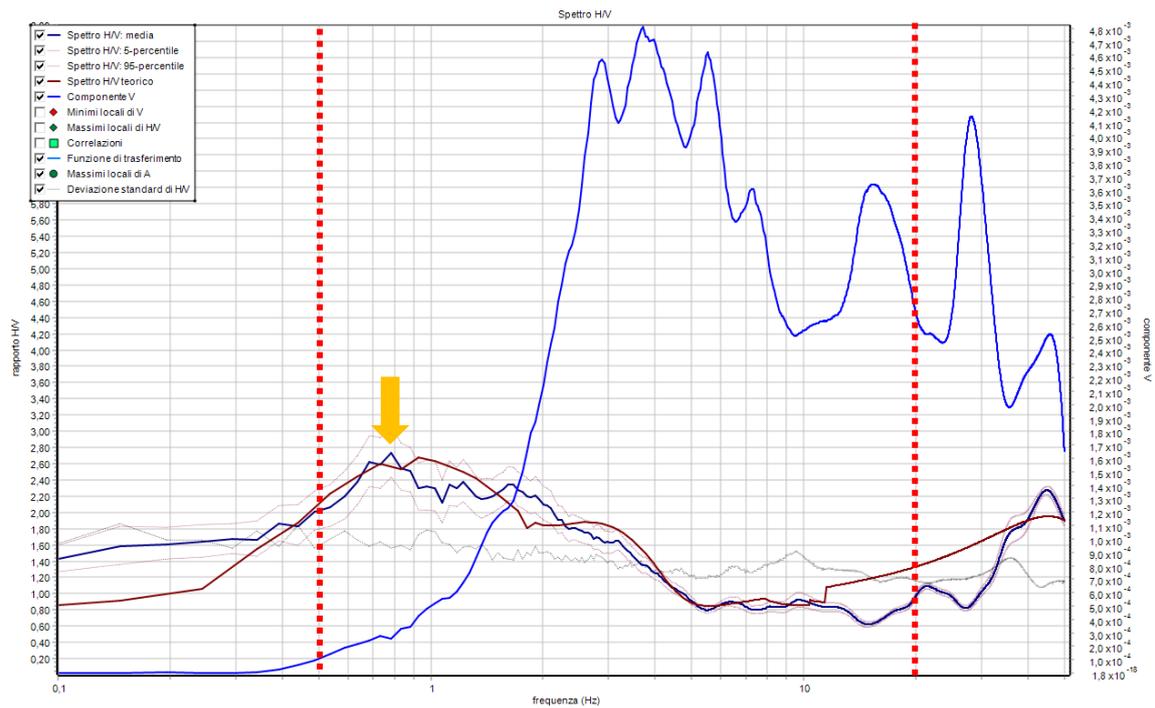
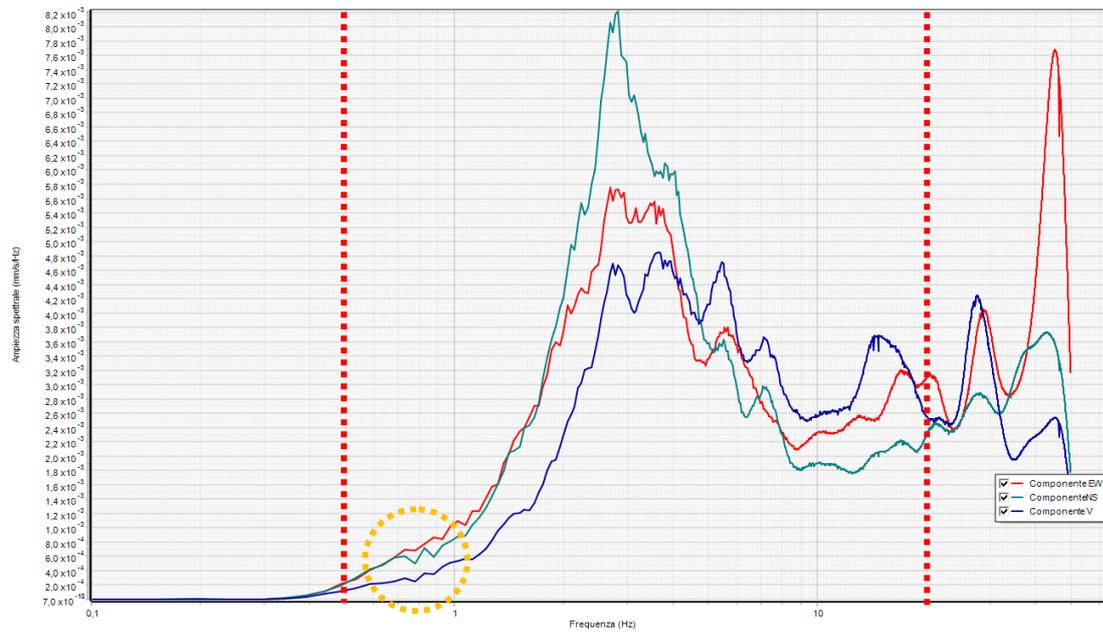
3. HVSR 3

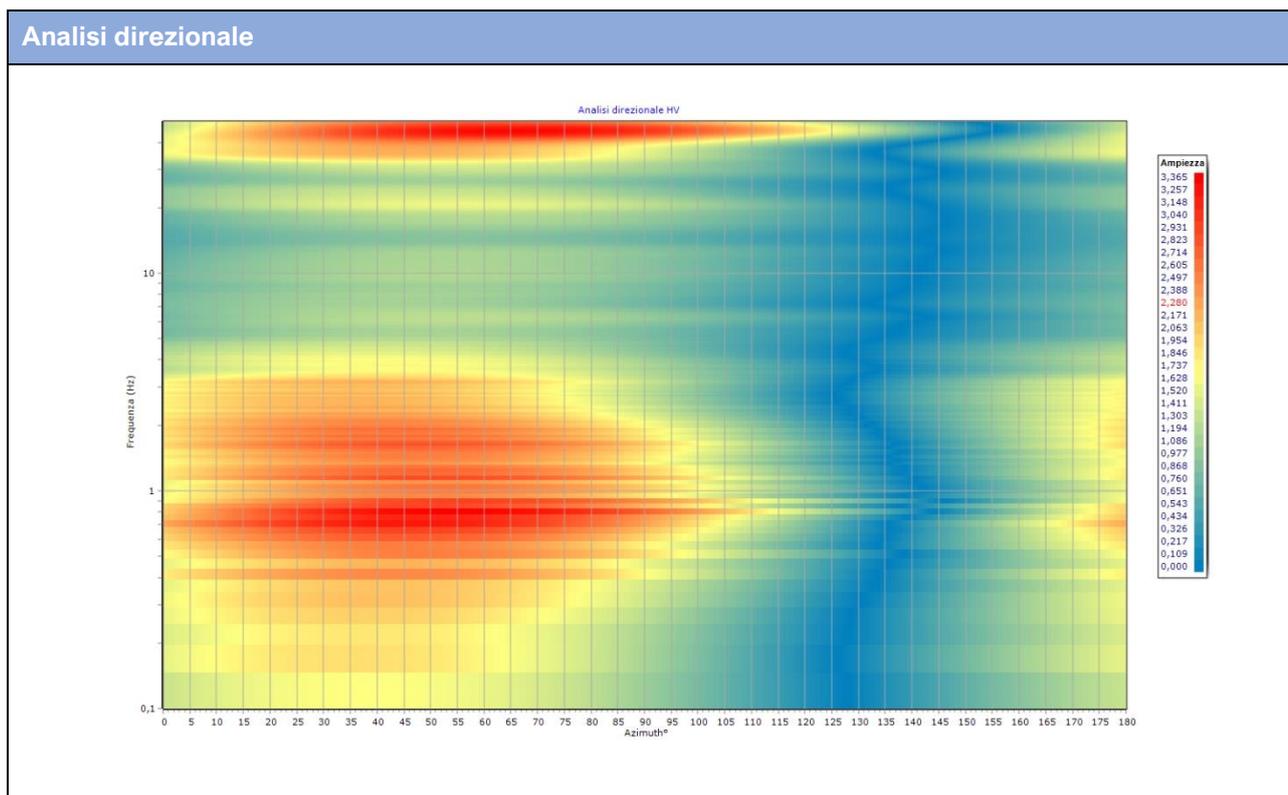
Visualizzazione dei dati acquisiti in campo



Report di indagine geognostica e sismica

Diagramma della curva di dispersione





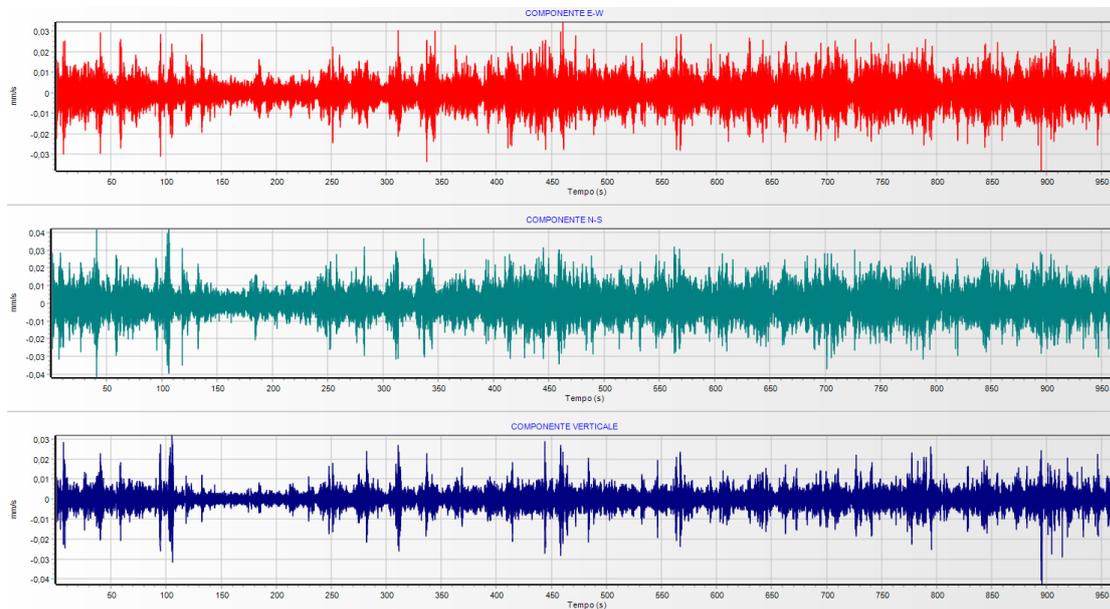
La curva H/V sintetica è stata modellata in modo da sovrapporsi ai picchi stratigrafici misurati, essa non va mai osservata da sola ma sempre congiuntamente agli spettri delle singole componenti da cui essa deriva. Questo permette di discernere agevolmente i picchi di natura stratigrafica da quelli generati da fonti di disturbo di natura antropica (motori elettrici, ecc.). In condizioni normali le componenti spettrali NS, EW e Z (verticale) hanno ampiezze simili. Alla frequenza di risonanza si genera spesso un picco H/V legato ad un minimo locale della componente spettrale verticale che determina una forma “a occhio” o “a ogiva”. **Dall’analisi della curva HVSR, eseguita tra 0.5 Hz e 20 Hz (frequenze di interesse ingegneristico) è stato evidenziato un picco statisticamente significativo della curva H/V alla frequenza di 0.78 Hz.**

Profilo stratigrafico di riferimento		
Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/s)
-0.35	0.35	71
-1.09	0.74	168
-1.90	0.81	152
-4.22	2.32	161
-6.33	2.11	166
-8.71	2.38	165
-16.86	8.15	220
-68.81	51.95	348

Report di indagine geognostica e sismica

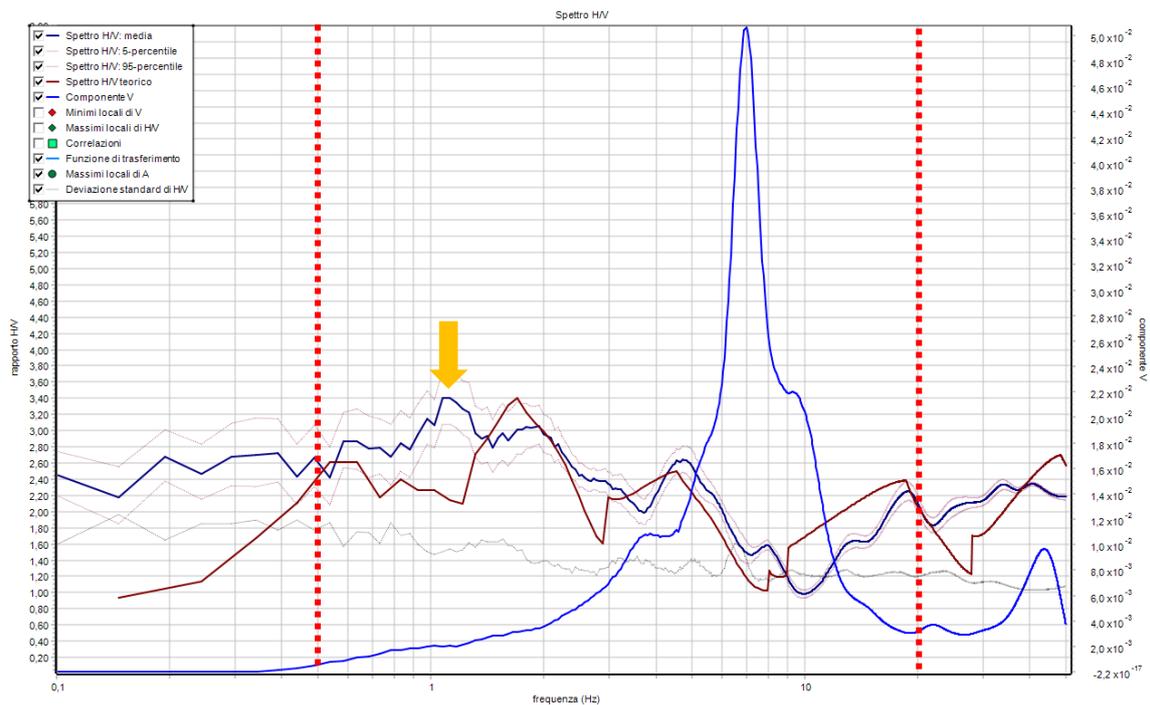
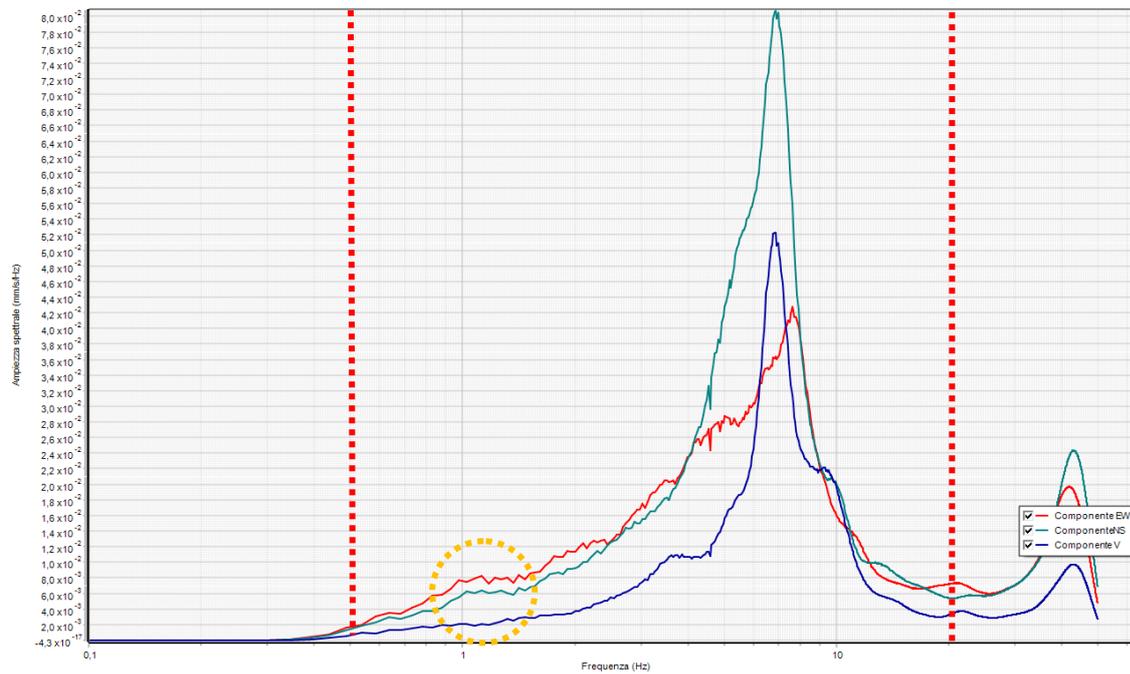
4. **HVSR 4**

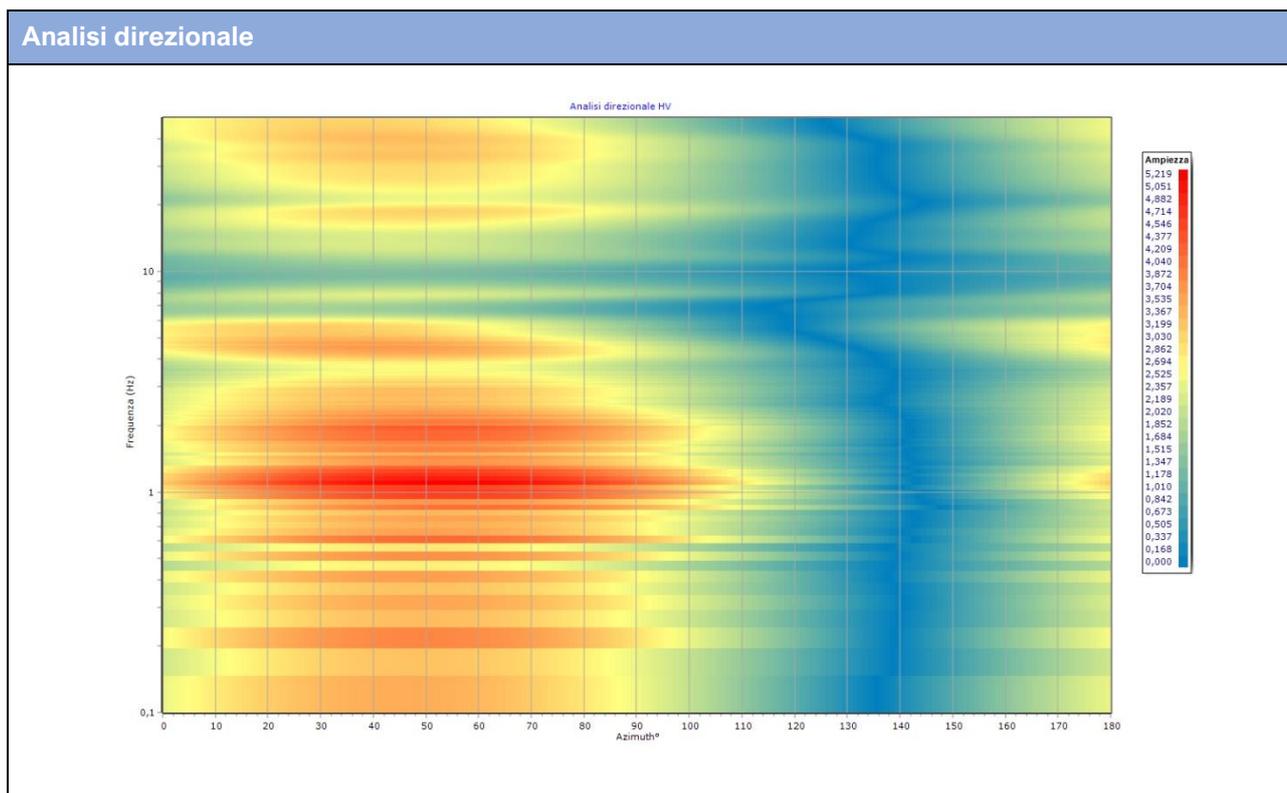
Visualizzazione dei dati acquisiti in campo



Report di indagine geognostica e sismica

Diagramma della curva di dispersione





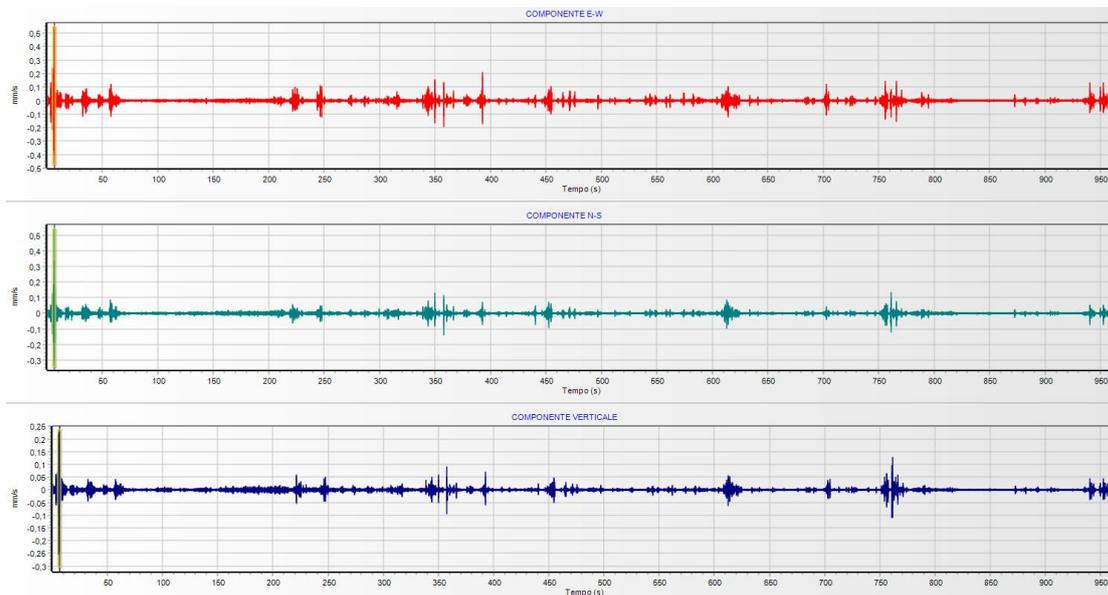
La curva H/V sintetica è stata modellata in modo da sovrapporsi ai picchi stratigrafici misurati, essa non va mai osservata da sola ma sempre congiuntamente agli spettri delle singole componenti da cui essa deriva. Questo permette di discernere agevolmente i picchi di natura stratigrafica da quelli generati da fonti di disturbo di natura antropica (motori elettrici, ecc.). In condizioni normali le componenti spettrali NS, EW e Z (verticale) hanno ampiezze simili. Alla frequenza di risonanza si genera spesso un picco H/V legato ad un minimo locale della componente spettrale verticale che determina una forma “a occhio” o “a ogiva”. **Dall’analisi della curva HVSR, eseguita tra 0.5 Hz e 20 Hz (frequenze di interesse ingegneristico) è stato evidenziato un picco statisticamente significativo della curva H/V alla frequenza di 1.12 Hz.**

Profilo stratigrafico di riferimento		
Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/s)
-0.35	0.35	69
-2.19	1.84	173
-5.77	3.58	325
-9.89	4.12	338
-17.81	7.92	355
-94.18	76.37	500

Report di indagine geognostica e sismica

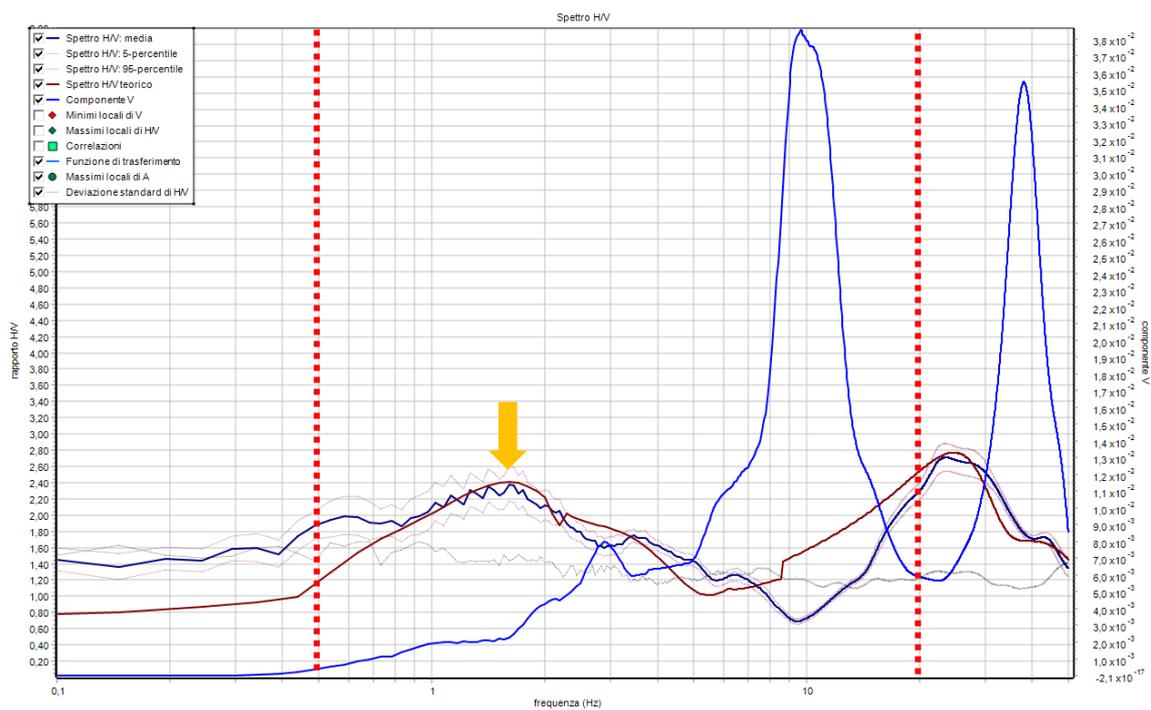
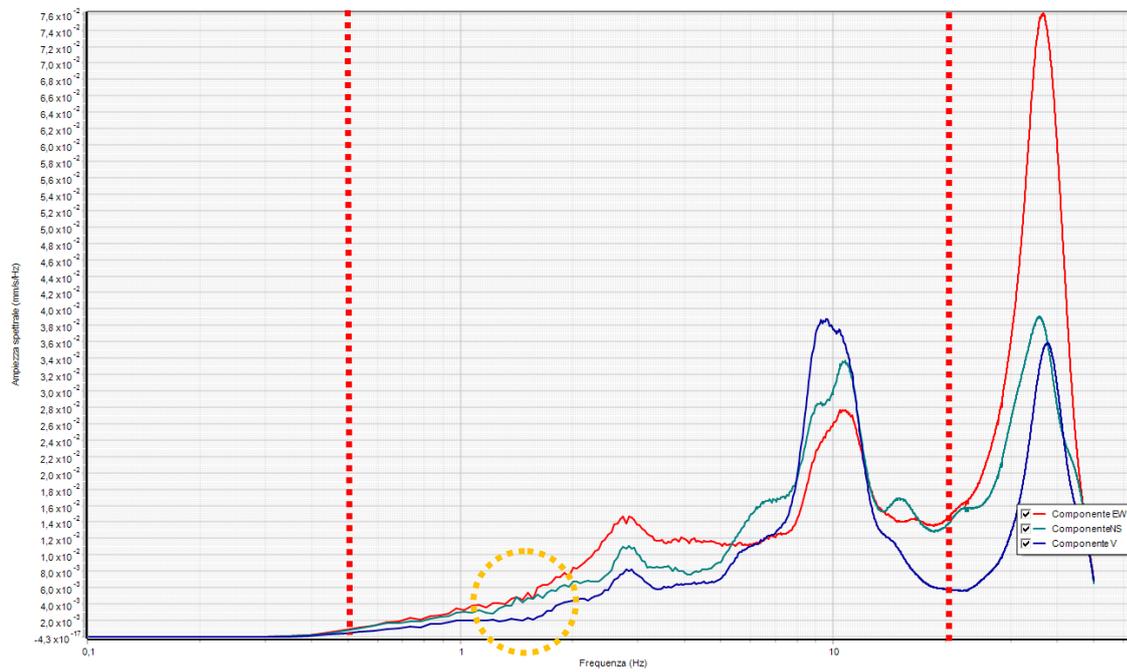
5. HVSR 5

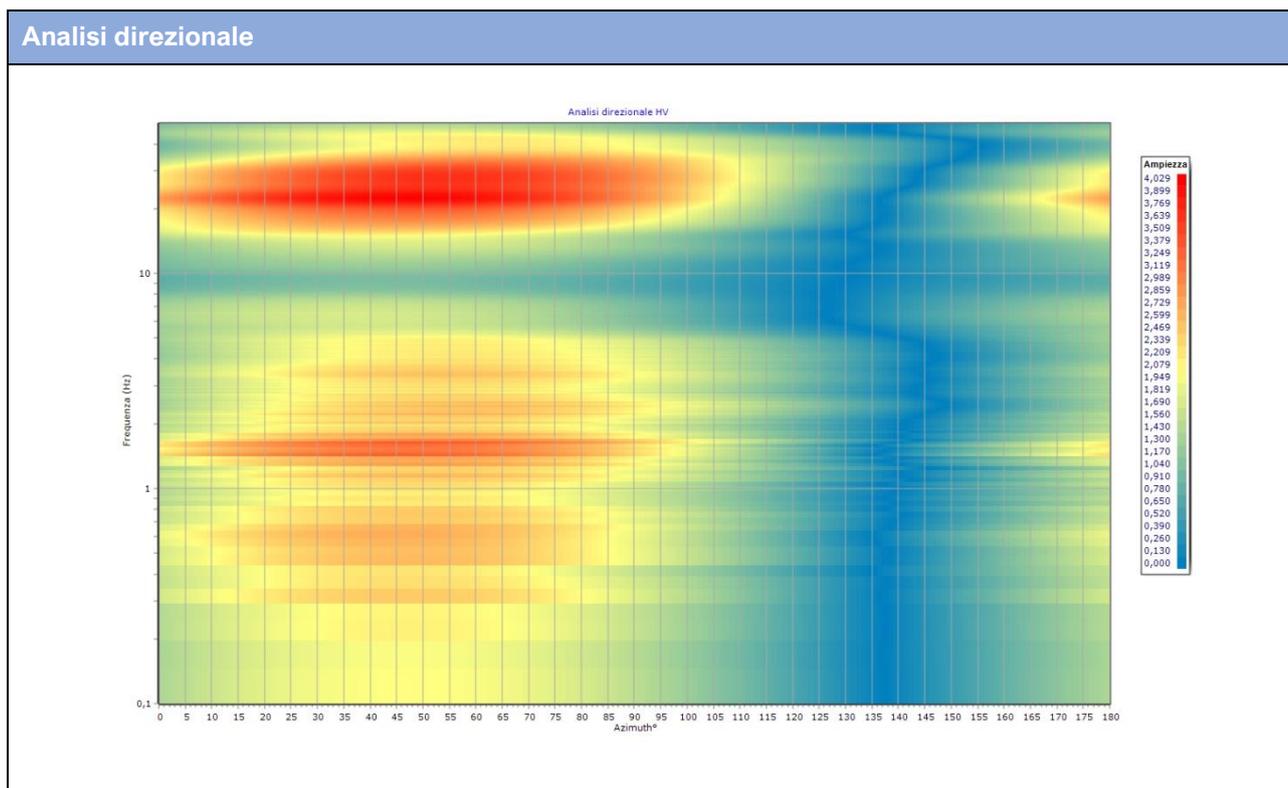
Visualizzazione dei dati acquisiti in campo



Report di indagine geognostica e sismica

Diagramma della curva di dispersione





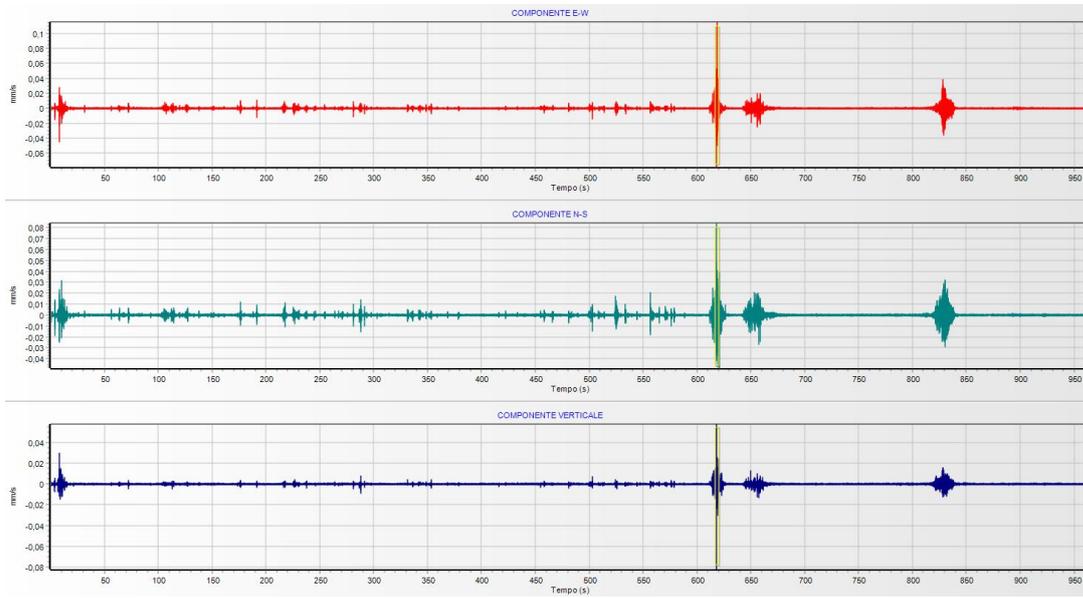
La curva H/V sintetica è stata modellata in modo da sovrapporsi ai picchi stratigrafici misurati, essa non va mai osservata da sola ma sempre congiuntamente agli spettri delle singole componenti da cui essa deriva. Questo permette di discernere agevolmente i picchi di natura stratigrafica da quelli generati da fonti di disturbo di natura antropica (motori elettrici, ecc.). In condizioni normali le componenti spettrali NS, EW e Z (verticale) hanno ampiezze simili. Alla frequenza di risonanza si genera spesso un picco H/V legato ad un minimo locale della componente spettrale verticale che determina una forma “a occhio” o “a ogiva”. **Dall’analisi della curva HVSR, eseguita tra 0.5 Hz e 20 Hz (frequenze di interesse ingegneristico) è stato evidenziato un picco statisticamente significativo della curva H/V alla frequenza di 1.61 Hz.**

Profilo stratigrafico di riferimento		
Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/s)
-0.35	0.35	71
-1.56	1.21	149
-10.41	8.85	279
-19.68	9.27	276
-82.85	63.17	526

Report di indagine geognostica e sismica

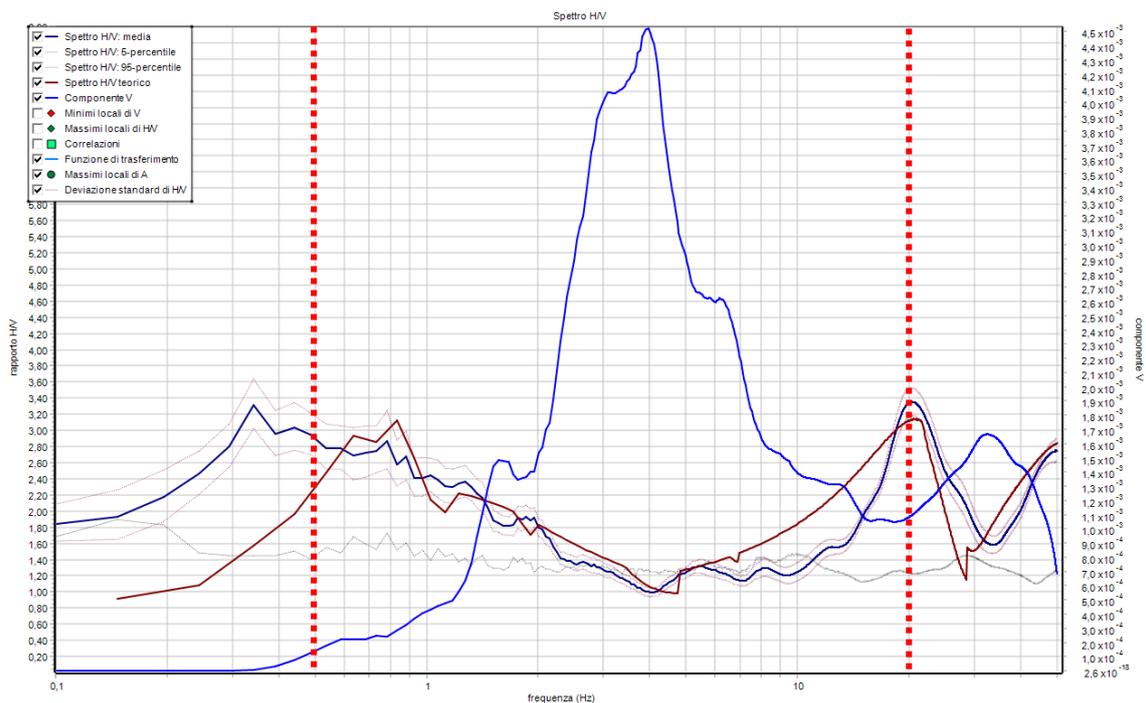
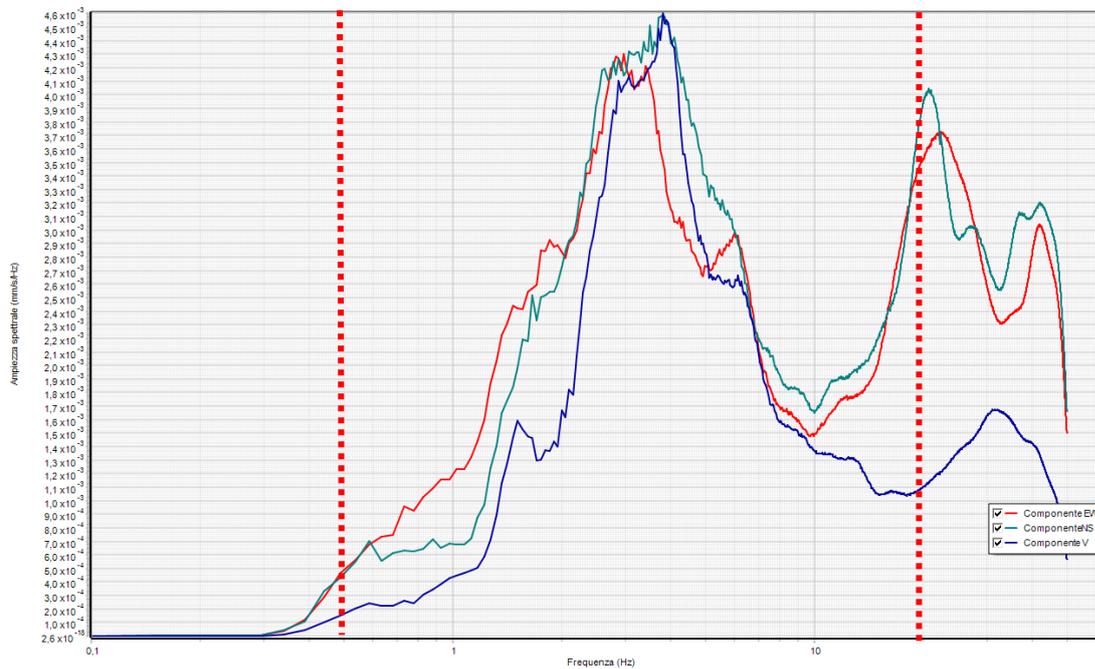
6. HVSR 6

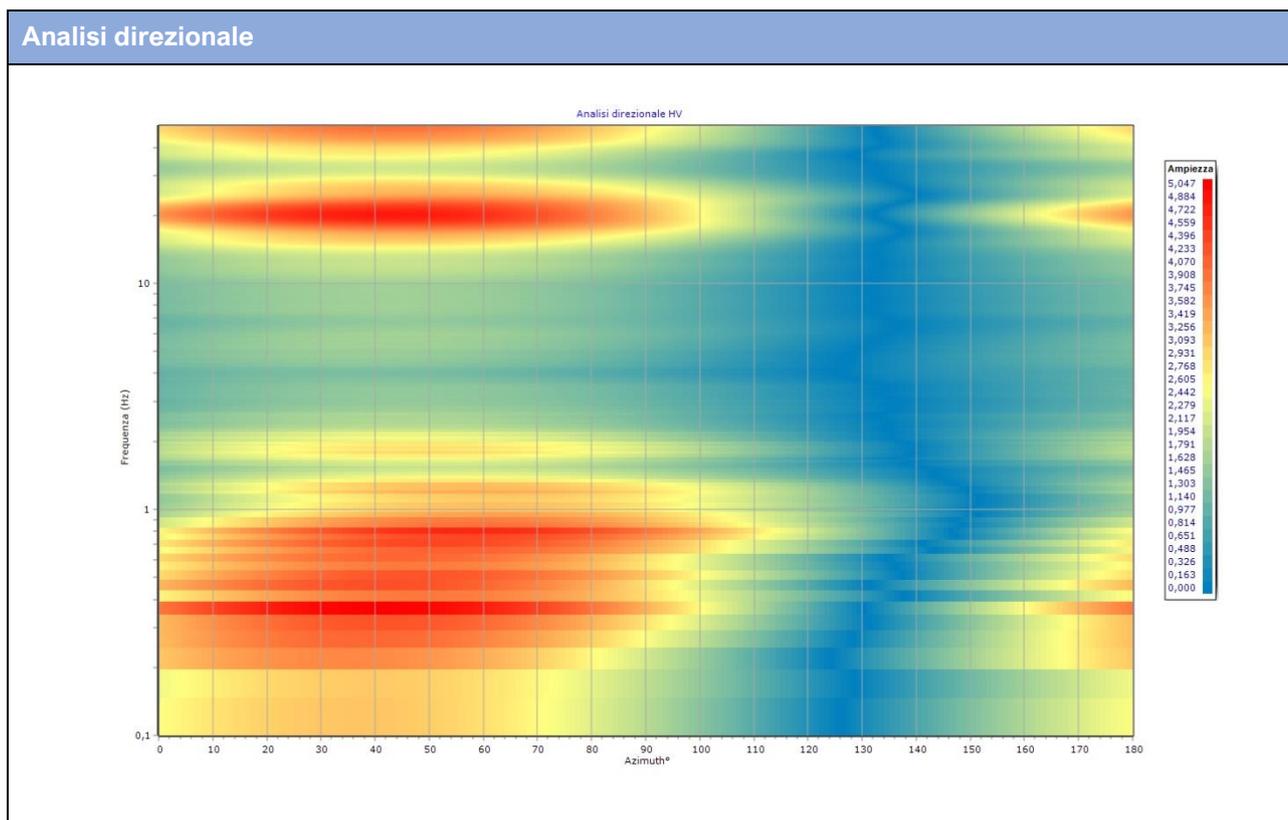
Visualizzazione dei dati acquisiti in campo



Report di indagine geognostica e sismica

Diagramma della curva di dispersione





La curva H/V sintetica è stata modellata in modo da sovrapporsi ai picchi stratigrafici misurati, essa non va mai osservata da sola ma sempre congiuntamente agli spettri delle singole componenti da cui essa deriva. Questo permette di discernere agevolmente i picchi di natura stratigrafica da quelli generati da fonti di disturbo di natura antropica (motori elettrici, ecc.). In condizioni normali le componenti spettrali NS, EW e Z (verticale) hanno ampiezze simili. Alla frequenza di risonanza si genera spesso un picco H/V legato ad un minimo locale della componente spettrale verticale che determina una forma “a occhio” o “a ogiva”. **Dall’analisi della curva HVSR, eseguita tra 0.5 Hz e 20 Hz (frequenze di interesse ingegneristico) non è stato evidenziato alcun picco statisticamente significativo della curva H/V.**

Profilo stratigrafico di riferimento		
Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/s)
-0.34	0.34	68
-2.21	1.87	173
-7.64	5.43	362
-11.57	3.93	380
-17.07	5.50	371
-35.88	18.81	413

Report di indagine geognostica e sismica

7. MASW 1

Visualizzazione del sismogramma acquisito

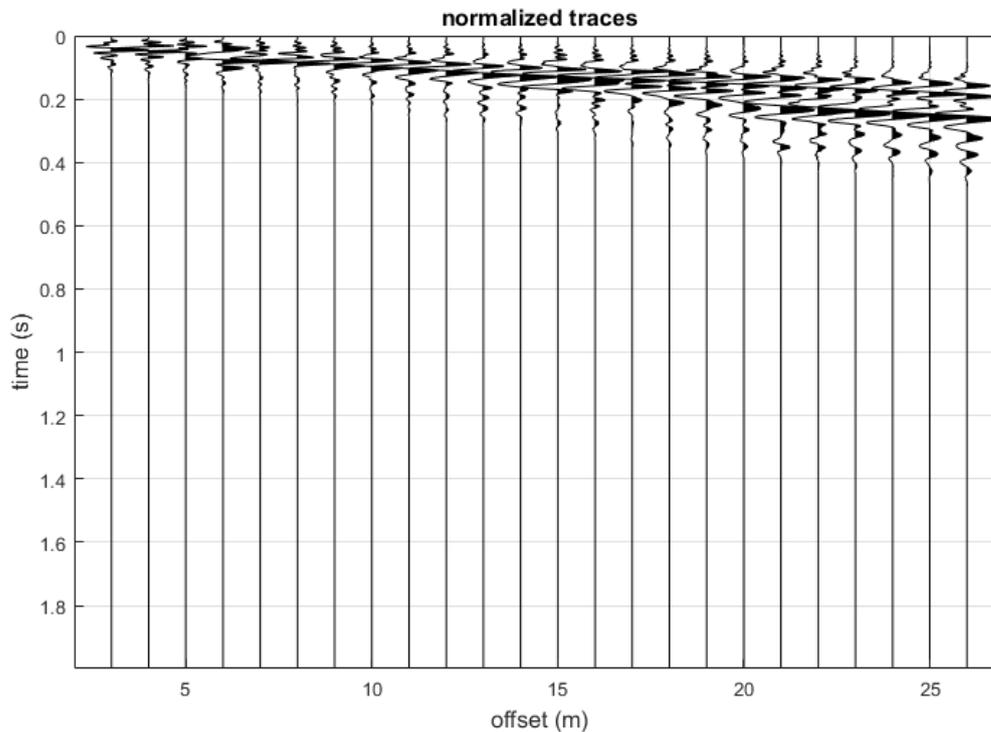
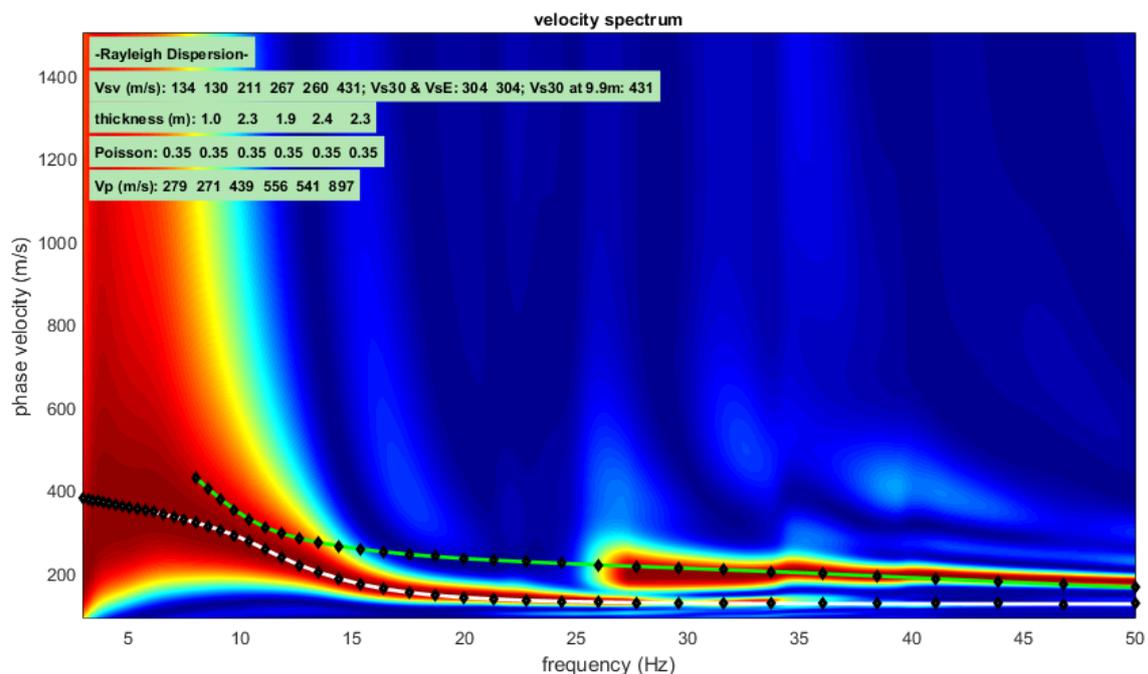


Diagramma frequenza-numero d'onda – modellazione dei dati acquisiti mediante individuazione del modo fondamentale che compone lo spettro di velocità delle onde di Reyleigh



Report di indagine geognostica e sismica

Modello stratigrafico di riferimento		
Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/s)
-1.0	1.0	134
-3.3	2.3	130
-5.2	1.9	211
-7.6	2.4	267
-9.9	2.3	260
-30.0	20.0	431

8. **MASW 2**

Visualizzazione del sismogramma acquisito

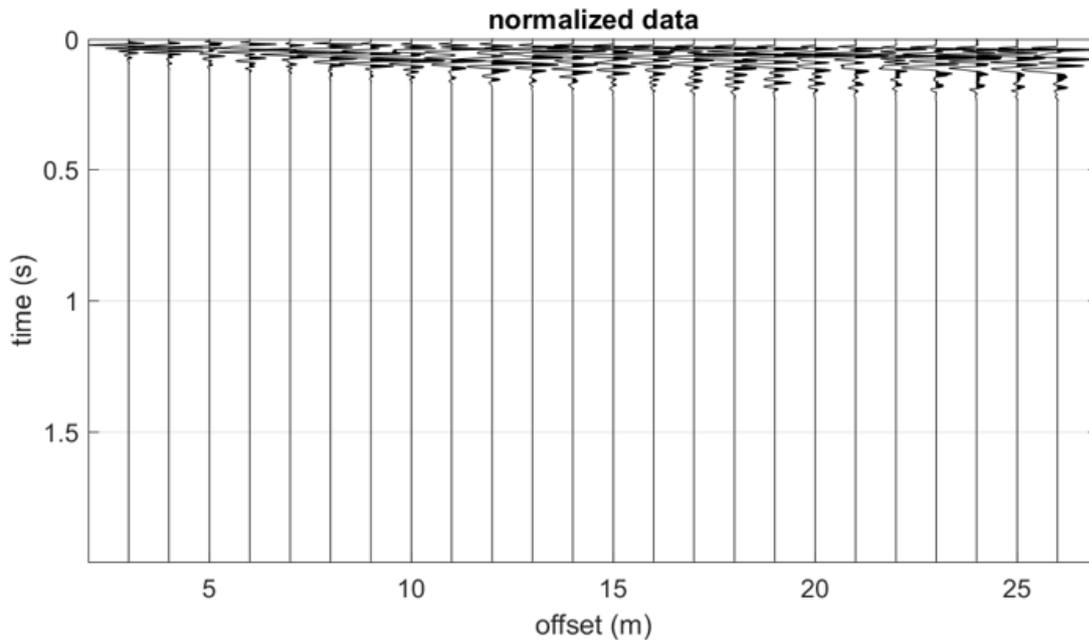
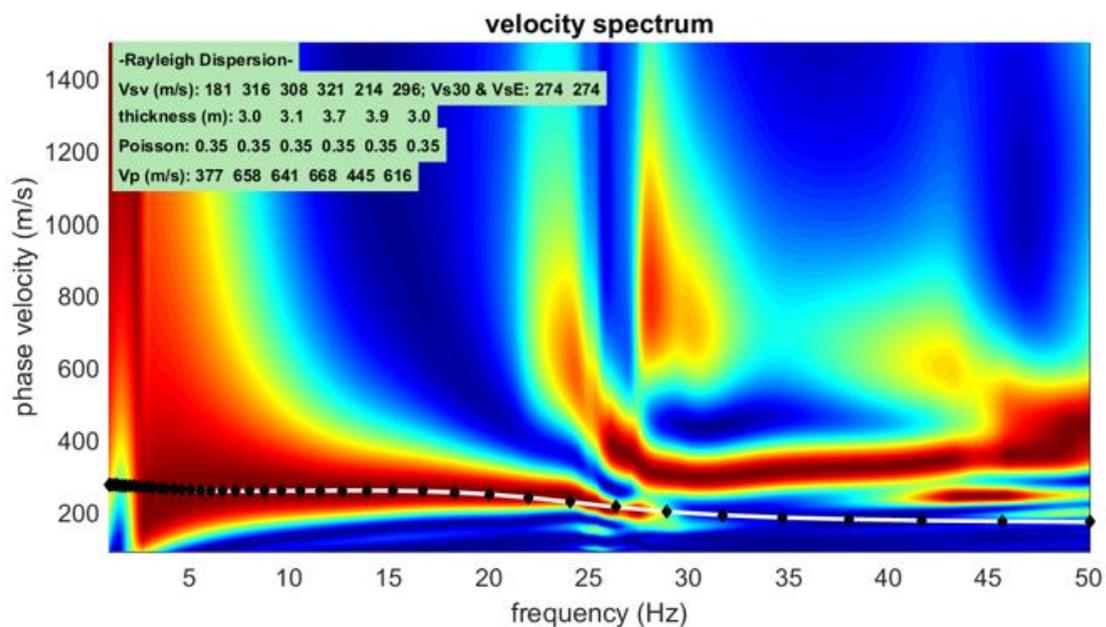


Diagramma frequenza-numero d'onda – modellazione dei dati acquisiti mediante individuazione del modo fondamentale che compone lo spettro di velocità delle onde di Reyleigh



Report di indagine geognostica e sismica

Modello stratigrafico di riferimento		
Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/s)
-3.0	3.0	181
-6.1	3.1	316
-9.8	3.7	308
-13.7	3.9	321
-16.7	3.0	214
-30.0	13.0	296

9. **MASW 3**

Visualizzazione del sismogramma acquisito

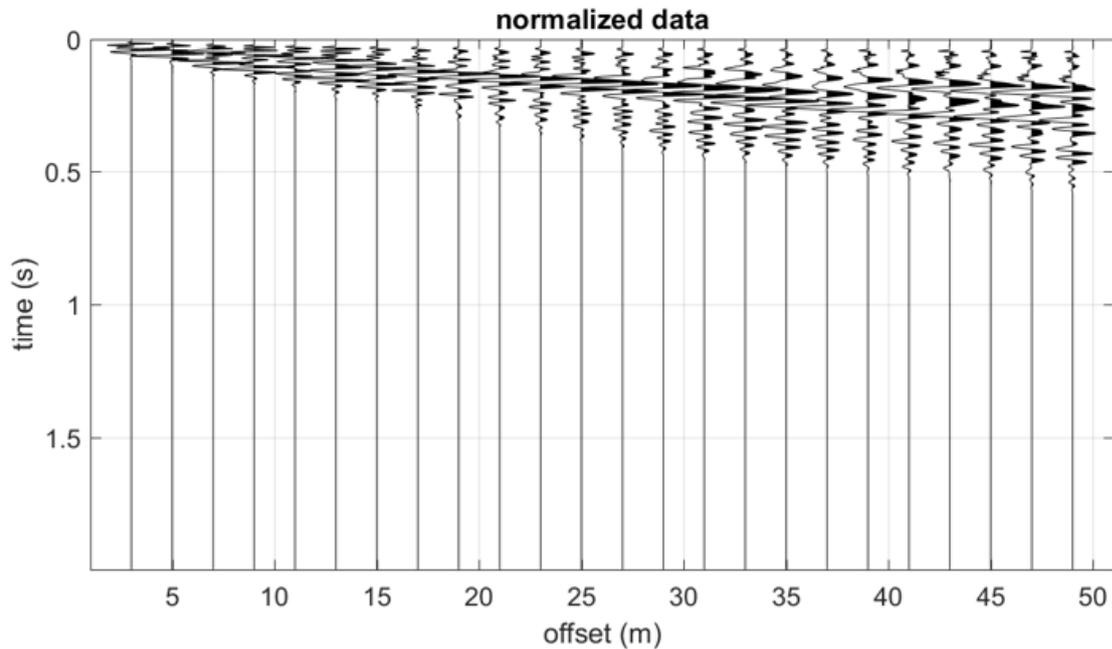
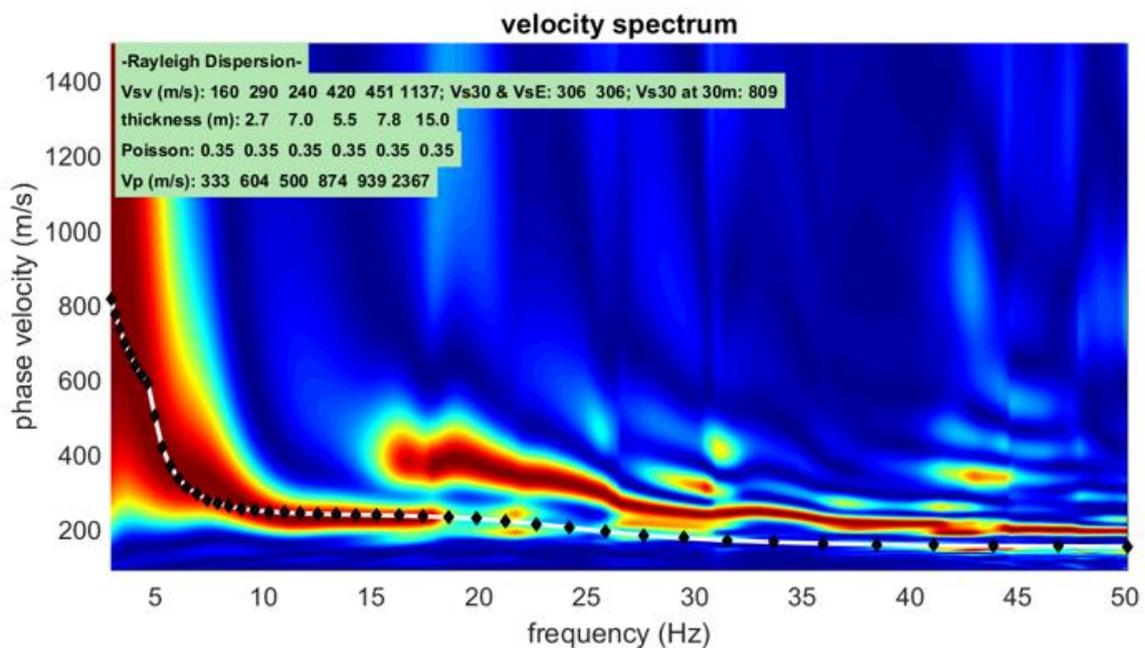


Diagramma frequenza-numero d'onda – modellazione dei dati acquisiti mediante individuazione del modo fondamentale che compone lo spettro di velocità delle onde di Reyleigh



Report di indagine geognostica e sismica

Modello stratigrafico di riferimento		
Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/s)
-2.7	2.7	160
-9.7	7.0	290
-15.2	5.5	240
-23.0	7.8	420
-38.0	15.0	451
-44.0	6.0	1137

10. MASW 4

Visualizzazione del sismogramma acquisito

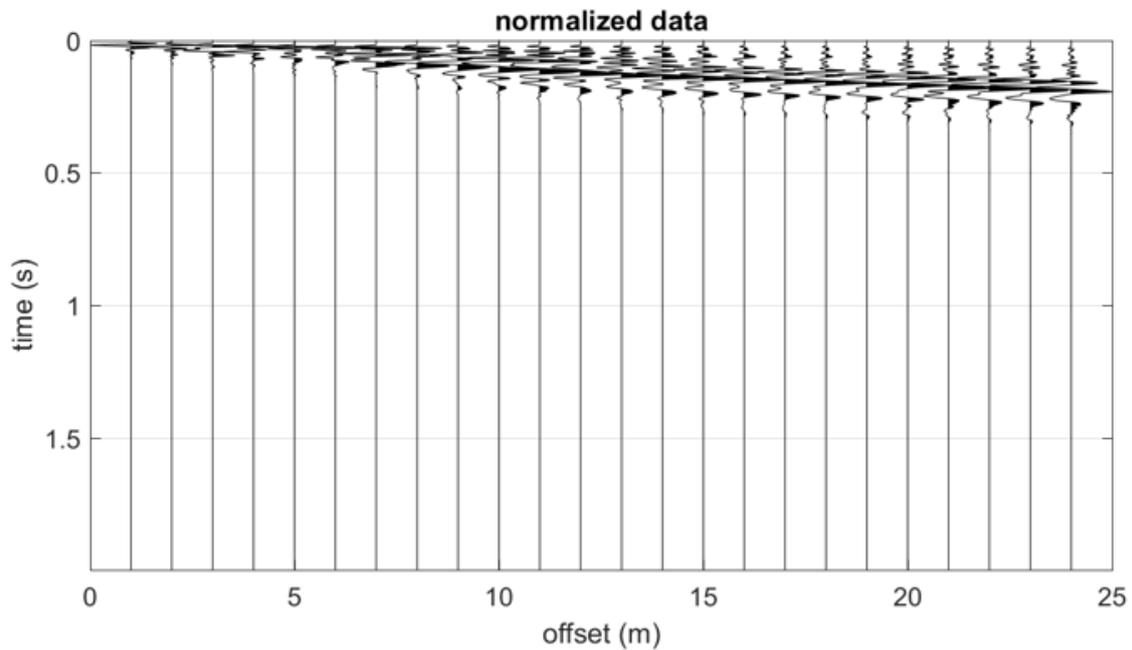
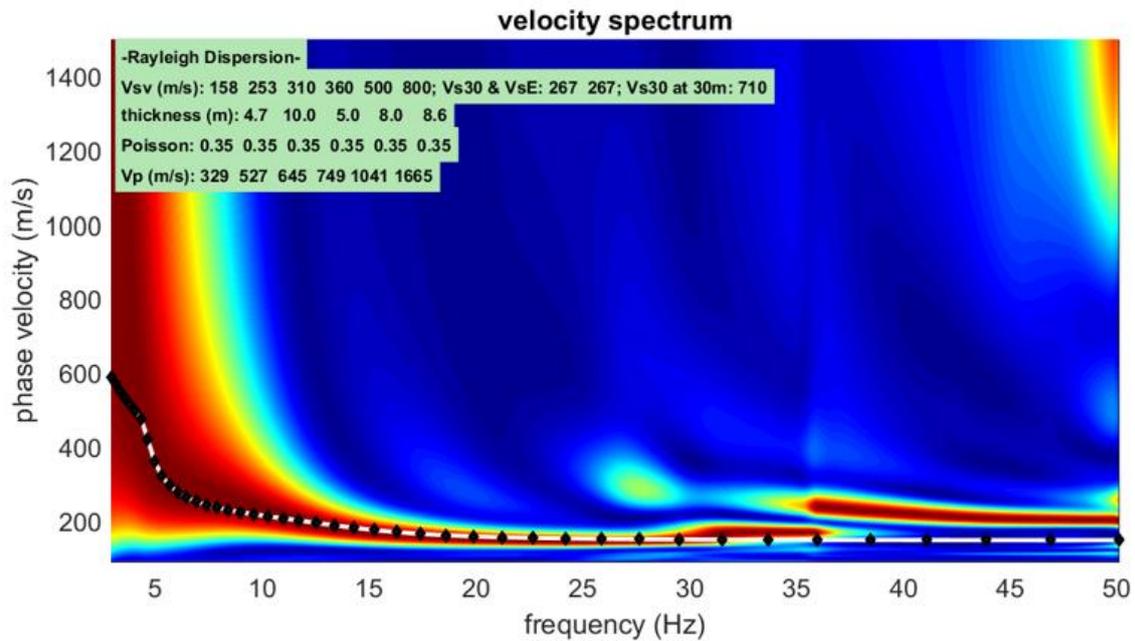


Diagramma frequenza-numero d'onda – modellazione dei dati acquisiti mediante individuazione del modo fondamentale che compone lo spettro di velocità delle onde di Reyleigh



Report di indagine geognostica e sismica

Modello stratigrafico di riferimento		
Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/s)
-4.7	4.7	158
-14.7	10.0	253
-19.7	5.0	310
-27.7	8.0	360
-36.3	8.6	500
-42.3	6.0	800

11. **MASW 5**

Visualizzazione del sismogramma acquisito

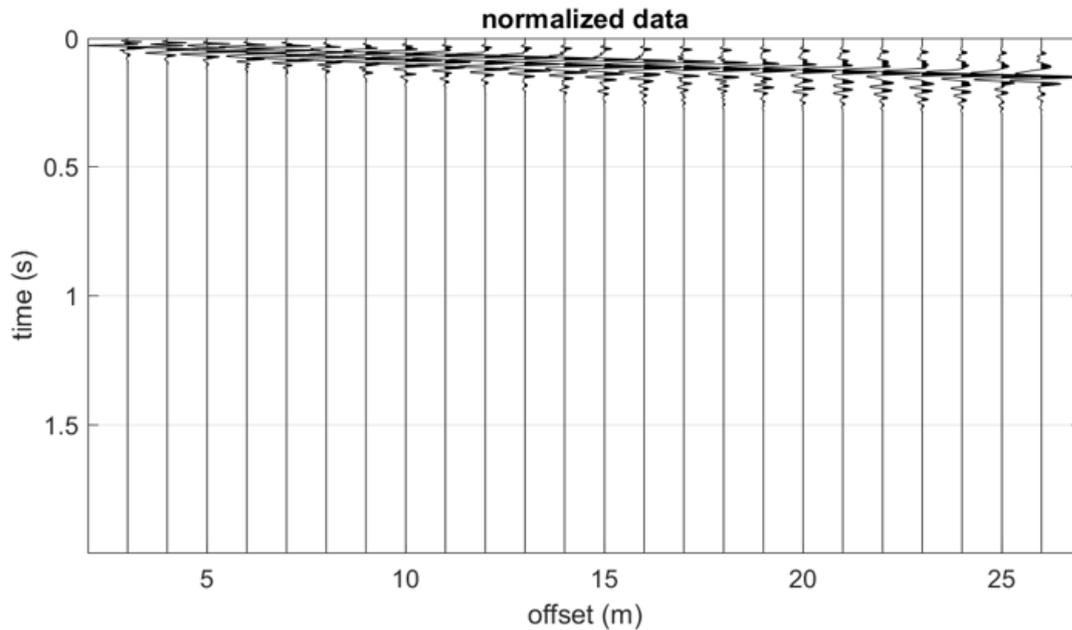
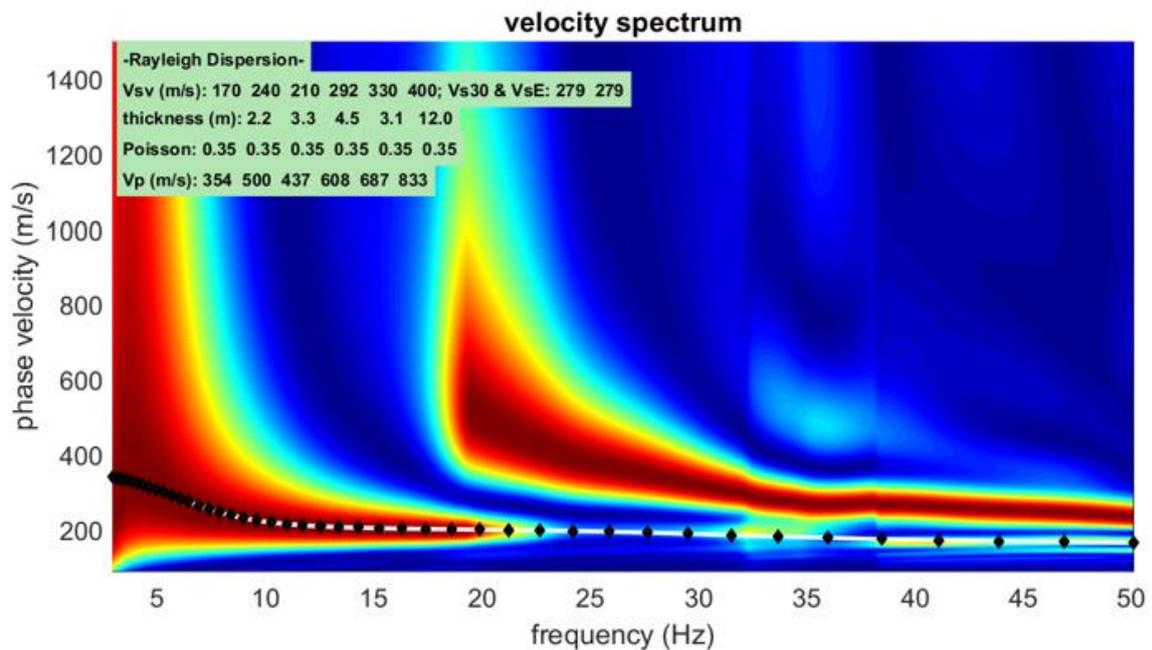


Diagramma frequenza-numero d'onda – modellazione dei dati acquisiti mediante individuazione del modo fondamentale che compone lo spettro di velocità delle onde di Reyleigh



Report di indagine geognostica e sismica

Modello stratigrafico di riferimento		
Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/s)
-2.2	2.2	170
-5.5	3.3	240
-10.0	4.5	210
-13.1	3.1	292
-25.1	12.0	330
-30.0	4.9	400

Report di indagine geognostica e sismica

6.5 DETERMINAZIONE DELLA CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Il valore di V_{seq} si misura da un punto di partenza (variabile a seconda della tipologia di fondazione) sino alla profondità del substrato sismico. Per depositi con profondità (H) del substrato superiore a 30 m, la $V_{s,eq}$ è definita ponendo $H= 30$ m e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Per le fondazioni superficiali, il punto di partenza per il calcolo della V_{seq} è il piano di imposta delle stesse, che nel caso in esame coincideranno circa con il piano campagna.

La seguente tabella riepiloga i valori di V_{seq} e la relativa categoria di sottosuolo calcolate per ciascuna delle indagini eseguite nell'area di intervento:

Tipo di indagine	Valore di V_{seq}	Categoria di sottosuolo
HVSR 1	316	C
HVSR 2	275	C
HVSR 3	229	C
HVSR 4	350	C
HVSR 5	306	C
HVSR 6	344	C
MASW 1	304	C
MASW 2	274	C
MASW 3	306	C
MASW 4	267	C
MASW 5	279	C

Tabella 1 Tabella riepilogativa dei valori di V_{seq} e categoria sismica di sottosuolo ottenuti.

Report di indagine geognostica e sismica

6.6 DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI BASE

Nel 2006 la Presidenza del Consiglio dei Ministri, in collaborazione con l'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) ha emanato un aggiornamento dei criteri nazionali per la riclassificazione sismica (OPCM 3519/06), aggiornati ulteriormente con l'entrata in vigore del DM 17.01.2018 NTC 18. Secondo i nuovi aggiornamenti la stima della pericolosità sismica di base è definita mediante un approccio "sito dipendente". La pericolosità sismica di base è intesa come la probabilità che un evento sismico di una certa magnitudo avvenga in un'area secondo un determinato tempo di ritorno, essa è definita calcolando il valore atteso di uno o più parametri (accelerazione del moto del suolo, intensità al sito, spettro di sito) che descrivono il terremoto su terreno **rigido e compatto**.

L'intero territorio nazionale viene suddiviso in 4 zone sulla base di un differente valore di a_g con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (corrispondente a un periodo di ritorno di 475 anni) su terreno a comportamento rigido. Per ogni costruzione ci si può riferire ad una accelerazione di riferimento propria in relazione sia alle coordinate geografiche dell'area di progetto, sia alla vita nominale dell'edificio stesso.

Sulla base delle disposizioni previste nelle NTC 18, si definiscono per l'opera in progetto i seguenti parametri sismici:

- ❖ COMUNE di: **ASCOLI SATRIANO**
- ❖ Zona sismica: **1**
- ❖ Categoria topografica: **T1** Coefficiente topografico: **St=1.00**
- ❖ Vita nominale: **$V_N \leq 50$** anni.

VITA NOMINALE – "Numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali".

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali- Strutture in fase costruttiva;	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali, e dighe di dimensioni contenute o importanza normale;	≤ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali, e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica;	≤ 100

CLASSE D'USO – "Parametro definito in base al livello di affollamento degli edifici ed al loro interesse strategico".

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_u	0,70	1,0	1,5	2,0

Report di indagine geognostica e sismica

Secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni, i caratteri del moto sismico, ossia le forme spettrali, sono definite a partire dai valori dei seguenti parametri su **sito di riferimento rigido orizzontale**:

- **ag** - accelerazione orizzontale massima del terreno;
- **F₀** - valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- **T_c*** - periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Di seguito viene riportata la mappa di pericolosità sismica del progetto DPC INGV S1 utilizzata per la definizione dei valori di a_g , F_0 e T_c^* :

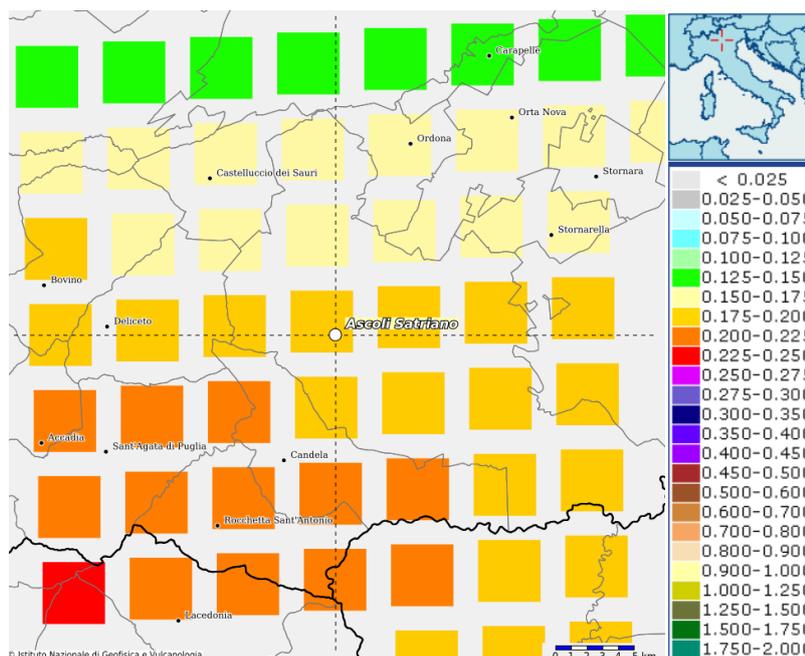


Fig. 5 Estratto mappa interattiva della pericolosità sismica (prob. 10% in 50 anni, 50° percentile).

L'azione sismica di base viene quindi calcolata sulla base del periodo di riferimento (V_R) della costruzione, ottenuto moltiplicando la vita nominale (V_N) della costruzione per il coefficiente d'uso (C_U).

- Periodo di riferimento per l'azione sismica: $V_F = 35$; pari a $V_R = V_N \cdot C_U$

Utilizzando il software automatico di calcolo Geostru PS Advanced, della Geostru® Software, introducendo i dati di input sopra riportati, si ottengono in forma tabellare i seguenti parametri e coefficienti sismici, riferiti ai diversi stati limite da considerare:

AREA DI INTERVENTO



Latitudine: 41.1652

Longitudine: 15.5426

Vita Nominale (Vn): 50 anni

Classe d'uso: I

Coefficiente d'uso (Cu): 0.70

Periodo di riferimento (Vr): 35 anni

STATI LIMITE:

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 anni

Periodo di ritorno (Tr) SLD: 35 anni

Periodo di ritorno (Tr) SLV: 332 anni

Periodo di ritorno (Tr) SLC: 682 anni

PARAMETRI SISMICI

STATO LIMITE	Prob. superam. (%)	Tr (anni)	a_g (g)	F0 (-)	Tc ⁰ (sec)
Operatività (SLO)	81	30	0,049	2,454	0,288
Danno (SLD)	63	35	0,053	2,481	0,296
Salvaguardia Vita (SLV)	10	332	0,166	2,471	0,387
Prev. Collasso (SLC)	5	682	0,236	2,421	0,412

Report di indagine geognostica e sismica

6.7 DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA LOCALE

Quanto spiegato nel capitolo precedente ed applicato all'intero territorio nazionale, può essere trasferito per studi a scala di dettaglio o locale, definendo la Risposta Sismica Locale (RSL), che è legata a specifiche condizioni geomorfologiche e litologiche dei siti che possono influenzare direttamente la risposta sismica locale. Per risposta sismica locale si intende la modifica delle caratteristiche che il moto sismico subisce nel passaggio dagli strati rigidi (bedrock) ai terreni più soffici, di solito superficiali, in relazione alle caratteristiche meccaniche e stratigrafiche di questi ultimi ed alla presenza di peculiari situazioni topografiche e morfologiche.

L'indagine è mirata a definire se esistono condizioni per un'esaltazione degli effetti di un'onda sismica a causa della presenza di una o più delle seguenti condizioni:

- presenza di faglie o fratture maggiori collegate alle faglie principali, quindi rottura di faglia in superficie;
- instabilità di pendii nei confronti dell'azione sismica;
- contatti geologici, stratigrafici o strutturali che mettano a contatto terreni a differente risposta sismica;
- presenza di coltre detritiche sui versanti;
- materiale di accumulo di frane sia attive che quiescenti;
- vicinanze a scarpate di grande altezza soggette a fenomeni di crollo o rotolamento di blocchi rocciosi;
- presenza di falda freatica a profondità inferiore a 15 metri dal p.c. con sottosuolo costituito da terreni granulari specie se a scarso assortimento granulometrico; problemi di liquefazione;
- eccessivo addensamento in caso di terremoto.

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

Sempre attraverso l'utilizzo del Software Geostru PS, è stata ricavata la pericolosità sismica locale per ciascuna area, inserendo quali dati di input:

- ❖ La **Categoria di sottosuolo** secondo quanto previsto dalle NTC 2018 e ricavata dalle indagini sismiche eseguite appositamente in situ i cui risultati sono riportati nei capitoli precedenti

CATEGORIA di SOTTOSUOLO	S_s	C_c
A	1.00	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1.20$	$1.10 \cdot (T_C^*)^{-0.20}$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1.50$	$1.05 \cdot (T_C^*)^{-0.33}$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1.80$	$1.25 \cdot (T_C^*)^{-0.50}$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T_C^*)^{-0.40}$

Report di indagine geognostica e sismica

❖ La **Categoria topografica** del sito secondo quanto previsto dalle NTC 2018

CATEGORIA	Caratteristiche della superficie topografica	Coefficiente topografico
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	1.0
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	1.2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1.2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	1.4

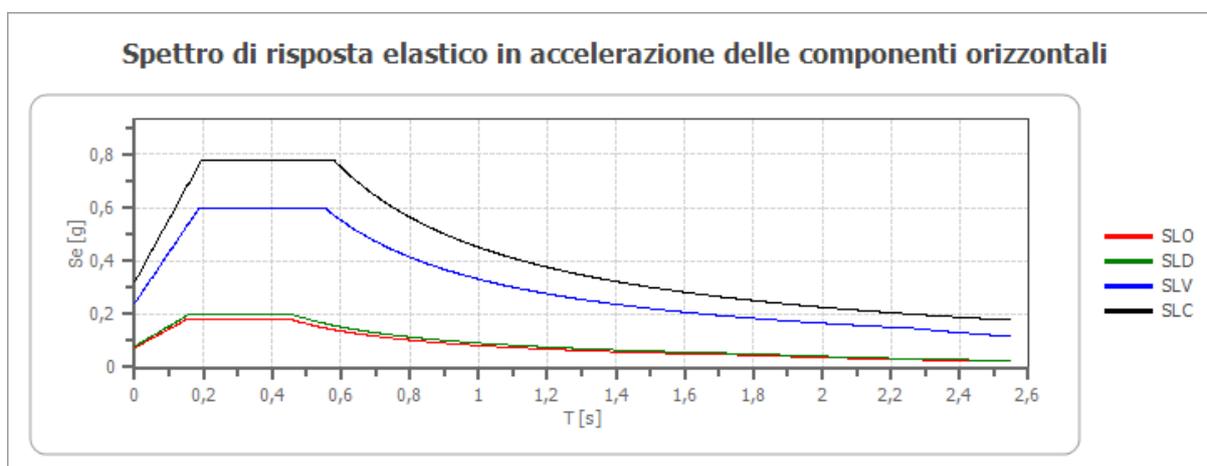
AREA DI INTERVENTO

❖ **Categoria di sottosuolo: C**

❖ **Categoria topografica: T1**

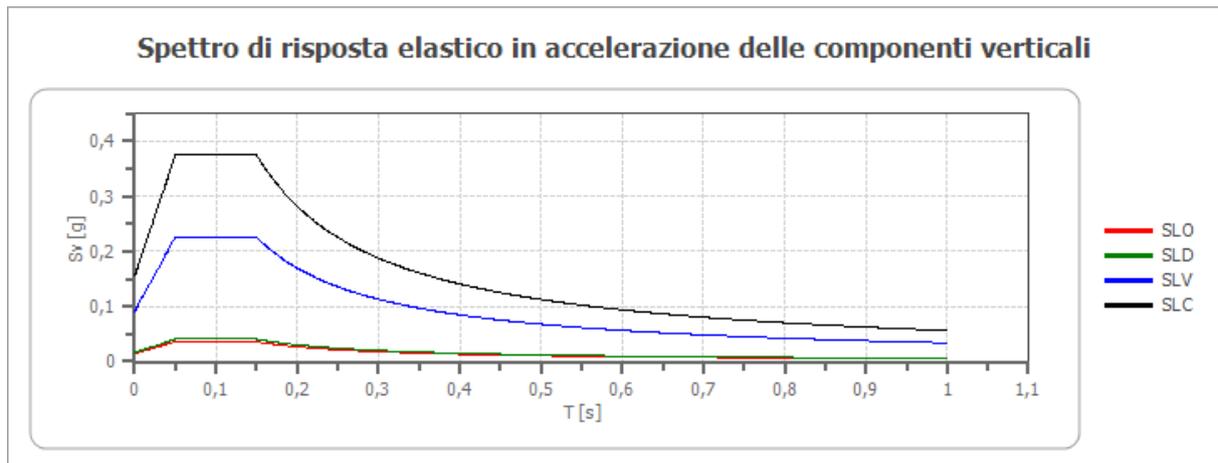
COEFFICIENTI SISMICI STABILITA' DI PENDII E FONDAZIONI				
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,015	0,016	0,058	0,090
kv	0,007	0,008	0,029	0,045
Amax [m/s²]	0,720	0,775	2,363	3,150
Beta	0,200	0,200	0,240	0,280

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	0,7	0,049	2,454	0,288	1,500	1,580	1,000	1,500	1,000	0,151	0,454	1,796	0,073	0,180
SLD	0,7	0,053	2,481	0,296	1,500	1,570	1,000	1,500	1,000	0,155	0,464	1,811	0,079	0,196
SLV	0,7	0,166	2,471	0,387	1,450	1,440	1,000	1,450	1,000	0,186	0,557	2,265	0,241	0,595
SLC	0,7	0,236	2,421	0,412	1,360	1,410	1,000	1,360	1,000	0,193	0,580	2,545	0,321	0,778

Report di indagine geognostica e sismica

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	0,7	0,049	2,454	0,288	1	1,580	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,015	0,036
SLD	0,7	0,053	2,481	0,296	1	1,570	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,016	0,041
SLV	0,7	0,166	2,471	0,387	1	1,440	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,091	0,226
SLC	0,7	0,236	2,421	0,412	1	1,410	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,155	0,375

Report di indagine geognostica e sismica

7. INDAGINE GEOGNOSTICA

Le indagini geognostiche hanno lo scopo di fornire i dati e le informazioni necessarie per la caratterizzazione geotecnica dei terreni, ad un livello adeguato alle necessità del progetto.

Tale caratterizzazione, eseguita in fase di progettazione, è da considerarsi esaustiva e potrà essere eventualmente integrata da indagini di maggior dettaglio qualora necessario in relazione a esigenze specifiche di calcolo strutturale.

Con l'obiettivo di caratterizzare il sottosuolo sia da un punto di vista litostratigrafico che geotecnico sono state eseguite n. 21 prove penetrometriche dinamiche continue tipo DPSH (Tavola ubicazione indagini)

Nel complesso le indagini disponibili sono:

- ❖ N. 21 prove penetrometriche dinamiche tipo DPSH di profondità massima 10.0 m da quota p.c.

In relazione al volume significativo dei depositi direttamente influenzati dalla costruzione delle opere in progetto e alla natura dei terreni ed ai requisiti funzionali delle opere stesse, si riassumono le profondità massime investigate con le indagini in sito:

PROVA	DATA ESECUZIONE	PROFONDITA'
DPSH 1	23.10.2023	10.0 m
DPSH 2	23.10.2023	10.0 m
DPSH 3	23.10.2023	10.0 m
DPSH 4	23.10.2023	10.0 m
DPSH 5	23.10.2023	10.0 m
DPSH 6	23.10.2023	10.0 m
DPSH 7	24.10.2023	10.0 m
DPSH 8	24.10.2023	10.0 m
DPSH 9	24.10.2023	10.0 m
DPSH 10	24.10.2023	10.0 m
DPSH 11	24.10.2023	10.0 m
DPSH 12	24.10.2023	10.0 m
DPSH 13	24.10.2023	10.0 m
DPSH 14	24.10.2023	10.0 m
DPSH 15	24.10.2023	10.0 m
DPSH 16	25.10.2023	10.0 m
DPSH 17	25.10.2023	10.0 m
DPSH 18	25.10.2023	10.0 m
DPSH 19	25.10.2023	10.0 m

Report di indagine geognostica e sismica

DPSH 20	25.10.2023	10.0 m
DPSH 21	25.10.2023	10.0 m

Tabella 2: Sintesi caratteristiche indagini geognostiche

Le prove eseguite hanno consentito di delineare con chiarezza l'andamento in profondità della litostratigrafia dei depositi che verranno interessati dalle opere in progetto.

Durante la campagna di indagini geognostiche eseguita appositamente in situ, non è stato intercettato il livello statico della falda.

Report di indagine geognostica e sismica

7.1 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH (DYNAMIC PROBE SUPER HEAVY)

L'attrezzatura utilizzata per l'esecuzione delle prove penetrometriche dinamiche è costituita da un penetrometro cingolato marca Pagani TG 63/200 statico dinamico. Le caratteristiche costruttive e prestazionali sono le seguenti:

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094	
Peso Massa battente	63.5	Kg
Altezza di caduta libera	0.75	m
Peso sistema di battuta	0.63	Kg
Diametro punta conica	51.00	mm
Area di base punta	20.43	cm ²
Lunghezza delle aste	1	m
Peso aste a metro	6.31	Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.40	m
Avanzamento punta	0.20	m
Numero colpi per punta	N (20)	
Coeff. Correlazione	1.46	
Rivestimento/fanghi	No	
Angolo di apertura punta	90°	

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infingere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari. Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione. La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

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

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

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

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

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

Report di indagine geognostica e sismica

- tipo SUPERPESANTE (DPSH)

- **CORRELAZIONE CON N_{spt}**

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

$$N_{spt} = \delta \cdot t \cdot N$$

Dove:

$$\beta_i = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT. L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

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

in cui

M = peso massa battente;

M' = peso aste;

H = altezza di caduta;

A = area base punta conica;

δ = passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta R_{pd}

Formula Olandesi

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

R_{pd} = resistenza dinamica punta (area A);

e = infissione media per colpo (□/ N);

M = peso massa battente (altezza caduta H);

P = peso totale aste e sistema battuta.

- **METODOLOGIA DI ELABORAZIONE**

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della GeoStru Software. Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-

Report di indagine geognostica e sismica

Frankowsky 1981. Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

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

In particolare, consente di ottenere informazioni su:

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

• VALUTAZIONI STATISTICHE

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

- **Medio:** Media aritmetica dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.
- **Media minima:** Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.
- **Massimo:** Valore massimo dei valori del numero della resistenza alla punta sullo strato considerato.
- **Minimo:** Valore minimo dei valori del numero della resistenza alla punta sullo strato considerato.
- **Media + s:** Media + scarto (valore statistico) dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.
- **Media - s:** Media - scarto (valore statistico) dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

La buona diffusione di questo tipo di prove e la sua standardizzazione consentono di ottenere una significativa caratterizzazione dei terreni attraversati, nonché un'attendibile identificazione dei principali parametri geotecnici, mediante l'utilizzo delle principali correlazioni presenti in bibliografia.

Report di indagine geognostica e sismica

7.1.1 TABULATI DI PROVA

PROVA ...DPSH 1

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 23/10/2023
 Profondita' prova 10,00 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)
0,20	3	0,855	26,94	31,52
0,40	3	0,851	26,82	31,52
0,60	3	0,847	24,50	28,93
0,80	4	0,843	32,53	38,57
1,00	5	0,840	40,49	48,22
1,20	5	0,836	40,32	48,22
1,40	6	0,833	48,19	57,86
1,60	8	0,830	59,14	71,29
1,80	6	0,826	44,18	53,47
2,00	5	0,823	36,68	44,55
2,20	5	0,820	36,54	44,55
2,40	5	0,817	36,41	44,55
2,60	7	0,814	47,20	57,97
2,80	6	0,811	40,32	49,69
3,00	7	0,809	46,88	57,97
3,20	6	0,806	40,05	49,69
3,40	7	0,803	46,57	57,97
3,60	9	0,801	55,76	69,62
3,80	7	0,798	43,23	54,15
4,00	7	0,796	43,10	54,15
4,20	8	0,794	49,12	61,88
4,40	9	0,791	55,10	69,62
4,60	7	0,789	40,09	50,80
4,80	6	0,787	34,27	43,54
5,00	8	0,785	45,57	58,06
5,20	8	0,783	45,46	58,06
5,40	10	0,781	56,68	72,57
5,60	12	0,779	63,90	82,01
5,80	12	0,777	63,74	82,01
6,00	14	0,725	69,41	95,68
6,20	14	0,724	69,24	95,68
6,40	11	0,772	58,04	75,18
6,60	13	0,720	60,48	83,95
6,80	10	0,769	49,64	64,58
7,00	13	0,717	60,21	83,95
7,20	15	0,716	69,32	96,87
7,40	19	0,714	87,63	122,70
7,60	18	0,713	78,52	110,18
7,80	20	0,711	87,07	122,42
8,00	19	0,710	82,56	116,30

Report di indagine geognostica e sismica

8,20	20	0,709	86,74	122,42
8,40	22	0,657	88,50	134,66
8,60	25	0,656	95,40	145,43
8,80	24	0,655	91,41	139,62
9,00	25	0,653	95,04	145,43
9,20	25	0,652	94,86	145,43
9,40	26	0,651	98,48	151,25
9,60	24	0,650	86,46	133,02
9,80	25	0,649	89,90	138,56
10,00	25	0,648	89,75	138,56

PROVA ...DPSH 2

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 23/10/2023
 Profondita' prova 10,00 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)
0,20	3	0,855	26,94	31,52
0,40	3	0,851	26,82	31,52
0,60	4	0,847	32,67	38,57
0,80	7	0,843	56,93	67,50
1,00	8	0,840	64,78	77,15
1,20	7	0,836	56,45	67,50
1,40	6	0,833	48,19	57,86
1,60	8	0,830	59,14	71,29
1,80	10	0,826	73,63	89,11
2,00	14	0,773	96,46	124,75
2,20	16	0,770	109,80	142,57
2,40	15	0,767	102,54	133,66
2,60	11	0,814	74,18	91,10
2,80	9	0,811	60,48	74,54
3,00	4	0,809	26,79	33,13
3,20	4	0,806	26,70	33,13
3,40	3	0,803	19,96	24,85
3,60	5	0,801	30,98	38,68
3,80	5	0,798	30,88	38,68
4,00	9	0,796	55,42	69,62
4,20	9	0,794	55,26	69,62
4,40	5	0,791	30,61	38,68
4,60	6	0,789	34,36	43,54
4,80	5	0,787	28,56	36,28
5,00	4	0,785	22,79	29,03
5,20	3	0,783	17,05	21,77
5,40	5	0,781	28,34	36,28
5,60	8	0,779	42,60	54,67
5,80	6	0,777	31,87	41,00
6,00	6	0,775	31,80	41,00

Report di indagine geognostica e sismica

6,20	8	0,774	42,30	54,67
6,40	10	0,772	52,76	68,34
6,60	13	0,720	60,48	83,95
6,80	12	0,769	59,57	77,49
7,00	15	0,717	69,47	96,87
7,20	18	0,716	83,19	116,24
7,40	17	0,714	78,40	109,78
7,60	17	0,713	74,16	104,05
7,80	20	0,711	87,07	122,42
8,00	19	0,710	82,56	116,30
8,20	20	0,709	86,74	122,42
8,40	22	0,657	88,50	134,66
8,60	23	0,656	87,77	133,80
8,80	20	0,705	81,99	116,35
9,00	22	0,653	83,63	127,98
9,20	25	0,652	94,86	145,43
9,40	24	0,651	90,90	139,62
9,60	20	0,700	77,59	110,85
9,80	26	0,649	93,50	144,10
10,00	23	0,648	82,57	127,48

PROVA ...DPSH 3

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 23/10/2023
 Profondita' prova 10,00 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)
0,20	3	0,855	26,94	31,52
0,40	3	0,851	26,82	31,52
0,60	5	0,847	40,84	48,22
0,80	5	0,843	40,66	48,22
1,00	9	0,840	72,88	86,79
1,20	7	0,836	56,45	67,50
1,40	8	0,833	64,25	77,15
1,60	7	0,830	51,74	62,38
1,80	7	0,826	51,54	62,38
2,00	7	0,823	51,35	62,38
2,20	7	0,820	51,16	62,38
2,40	6	0,817	43,69	53,47
2,60	6	0,814	40,46	49,69
2,80	7	0,811	47,04	57,97
3,00	6	0,809	40,18	49,69
3,20	5	0,806	33,38	41,41
3,40	9	0,803	59,88	74,54
3,60	5	0,801	30,98	38,68
3,80	5	0,798	30,88	38,68
4,00	4	0,796	24,63	30,94
4,20	6	0,794	36,84	46,41

Report di indagine geognostica e sismica

4,40	11	0,791	67,34	85,09
4,60	12	0,789	68,73	87,08
4,80	5	0,787	28,56	36,28
5,00	7	0,785	39,88	50,80
5,20	5	0,783	28,41	36,28
5,40	7	0,781	39,68	50,80
5,60	6	0,779	31,95	41,00
5,80	8	0,777	42,50	54,67
6,00	8	0,775	42,40	54,67
6,20	9	0,774	47,59	61,51
6,40	8	0,772	42,21	54,67
6,60	10	0,770	49,75	64,58
6,80	11	0,769	54,61	71,04
7,00	13	0,717	60,21	83,95
7,20	13	0,716	60,08	83,95
7,40	15	0,714	69,18	96,87
7,60	16	0,713	69,80	97,93
7,80	15	0,711	65,31	91,81
8,00	18	0,710	78,21	110,18
8,20	19	0,709	82,40	116,30
8,40	20	0,707	86,58	122,42
8,60	21	0,656	80,14	122,16
8,80	20	0,705	81,99	116,35
9,00	20	0,703	81,85	116,35
9,20	19	0,702	77,62	110,53
9,40	23	0,651	87,12	133,80
9,60	22	0,650	79,25	121,93
9,80	20	0,699	77,46	110,85
10,00	21	0,648	75,39	116,39

PROVA ...DPSH 4

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 23/10/2023
 Profondita' prova 10,00 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)
0,20	3	0,855	26,94	31,52
0,40	3	0,851	26,82	31,52
0,60	6	0,847	49,01	57,86
0,80	9	0,843	73,19	86,79
1,00	7	0,840	56,69	67,50
1,20	9	0,836	72,58	86,79
1,40	9	0,833	72,29	86,79
1,60	14	0,780	97,25	124,75
1,80	19	0,776	131,44	169,31
2,00	10	0,823	73,35	89,11
2,20	20	0,770	137,25	178,22
2,40	16	0,767	109,37	142,57

Report di indagine geognostica e sismica

2,60	17	0,764	107,60	140,79
2,80	17	0,761	107,20	140,79
3,00	19	0,759	119,38	157,35
3,20	8	0,806	53,40	66,25
3,40	8	0,803	53,23	66,25
3,60	7	0,801	43,37	54,15
3,80	6	0,798	37,06	46,41
4,00	7	0,796	43,10	54,15
4,20	6	0,794	36,84	46,41
4,40	6	0,791	36,73	46,41
4,60	5	0,789	28,64	36,28
4,80	3	0,787	17,14	21,77
5,00	4	0,785	22,79	29,03
5,20	4	0,783	22,73	29,03
5,40	5	0,781	28,34	36,28
5,60	6	0,779	31,95	41,00
5,80	8	0,777	42,50	54,67
6,00	6	0,775	31,80	41,00
6,20	9	0,774	47,59	61,51
6,40	9	0,772	47,48	61,51
6,60	12	0,770	59,70	77,49
6,80	9	0,769	44,68	58,12
7,00	10	0,767	49,54	64,58
7,20	12	0,766	59,33	77,49
7,40	13	0,714	59,95	83,95
7,60	15	0,713	65,44	91,81
7,80	15	0,711	65,31	91,81
8,00	18	0,710	78,21	110,18
8,20	20	0,709	86,74	122,42
8,40	19	0,707	82,25	116,30
8,60	20	0,706	82,14	116,35
8,80	20	0,705	81,99	116,35
9,00	19	0,703	77,76	110,53
9,20	23	0,652	87,27	133,80
9,40	22	0,651	83,33	127,98
9,60	20	0,700	77,59	110,85
9,80	21	0,649	75,52	116,39
10,00	21	0,648	75,39	116,39

Report di indagine geognostica e sismica

PROVA ...DPSH 5

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 23/10/2023
 Profondita' prova 10,00 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)
0,20	3	0,855	26,94	31,52
0,40	3	0,851	26,82	31,52
0,60	2	0,847	16,34	19,29
0,80	3	0,843	24,40	28,93
1,00	7	0,840	56,69	67,50
1,20	8	0,836	64,52	77,15
1,40	10	0,833	80,32	96,43
1,60	7	0,830	51,74	62,38
1,80	9	0,826	66,27	80,20
2,00	9	0,823	66,02	80,20
2,20	9	0,820	65,77	80,20
2,40	10	0,817	72,81	89,11
2,60	12	0,814	80,92	99,38
2,80	9	0,811	60,48	74,54
3,00	9	0,809	60,27	74,54
3,20	7	0,806	46,73	57,97
3,40	7	0,803	46,57	57,97
3,60	12	0,801	74,34	92,83
3,80	6	0,798	37,06	46,41
4,00	10	0,796	61,58	77,36
4,20	15	0,744	86,29	116,03
4,40	8	0,791	48,98	61,88
4,60	6	0,789	34,36	43,54
4,80	6	0,787	34,27	43,54
5,00	6	0,785	34,18	43,54
5,20	7	0,783	39,78	50,80
5,40	7	0,781	39,68	50,80
5,60	8	0,779	42,60	54,67
5,80	8	0,777	42,50	54,67
6,00	11	0,775	58,30	75,18
6,20	10	0,774	52,88	68,34
6,40	12	0,772	63,31	82,01
6,60	14	0,720	65,13	90,41
6,80	15	0,719	69,62	96,87
7,00	13	0,717	60,21	83,95
7,20	13	0,716	60,08	83,95
7,40	16	0,714	73,79	103,33
7,60	15	0,713	65,44	91,81
7,80	14	0,711	60,95	85,69
8,00	17	0,710	73,87	104,05
8,20	20	0,709	86,74	122,42
8,40	16	0,707	69,26	97,93

Report di indagine geognostica e sismica

8,60	21	0,656	80,14	122,16
8,80	18	0,705	73,79	104,71
9,00	19	0,703	77,76	110,53
9,20	20	0,702	81,71	116,35
9,40	20	0,701	81,57	116,35
9,60	19	0,700	73,71	105,31
9,80	23	0,649	82,71	127,48
10,00	20	0,698	77,34	110,85

PROVA ...DPSH 6

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 23/10/2023
 Profondita' prova 10,00 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)
0,20	2	0,855	17,96	21,01
0,40	4	0,851	35,76	42,03
0,60	8	0,847	65,34	77,15
0,80	7	0,843	56,93	67,50
1,00	6	0,840	48,59	57,86
1,20	7	0,836	56,45	67,50
1,40	12	0,833	96,38	115,72
1,60	10	0,830	73,92	89,11
1,80	8	0,826	58,91	71,29
2,00	7	0,823	51,35	62,38
2,20	5	0,820	36,54	44,55
2,40	6	0,817	43,69	53,47
2,60	5	0,814	33,72	41,41
2,80	5	0,811	33,60	41,41
3,00	6	0,809	40,18	49,69
3,20	5	0,806	33,38	41,41
3,40	6	0,803	39,92	49,69
3,60	7	0,801	43,37	54,15
3,80	6	0,798	37,06	46,41
4,00	6	0,796	36,95	46,41
4,20	6	0,794	36,84	46,41
4,40	9	0,791	55,10	69,62
4,60	8	0,789	45,82	58,06
4,80	9	0,787	51,41	65,31
5,00	8	0,785	45,57	58,06
5,20	7	0,783	39,78	50,80
5,40	10	0,781	56,68	72,57
5,60	9	0,779	47,92	61,51
5,80	9	0,777	47,81	61,51
6,00	9	0,775	47,70	61,51
6,20	8	0,774	42,30	54,67
6,40	10	0,772	52,76	68,34
6,60	10	0,770	49,75	64,58

Report di indagine geognostica e sismica

6,80	11	0,769	54,61	71,04
7,00	13	0,717	60,21	83,95
7,20	10	0,766	49,44	64,58
7,40	13	0,714	59,95	83,95
7,60	13	0,713	56,71	79,57
7,80	13	0,711	56,60	79,57
8,00	15	0,710	65,18	91,81
8,20	15	0,709	65,06	91,81
8,40	15	0,707	64,93	91,81
8,60	16	0,706	65,71	93,08
8,80	13	0,705	53,29	75,62
9,00	15	0,703	61,39	87,26
9,20	17	0,702	69,45	98,89
9,40	17	0,701	69,34	98,89
9,60	19	0,700	73,71	105,31
9,80	20	0,699	77,46	110,85
10,00	19	0,698	73,47	105,31

PROVA ...DPSH 7

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 24/10/2023
 Profondita' prova 10,00 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)
0,20	2	0,855	17,96	21,01
0,40	2	0,851	17,88	21,01
0,60	2	0,847	16,34	19,29
0,80	3	0,843	24,40	28,93
1,00	5	0,840	40,49	48,22
1,20	6	0,836	48,39	57,86
1,40	5	0,833	40,16	48,22
1,60	5	0,830	36,96	44,55
1,80	5	0,826	36,82	44,55
2,00	8	0,823	58,68	71,29
2,20	8	0,820	58,46	71,29
2,40	6	0,817	43,69	53,47
2,60	7	0,814	47,20	57,97
2,80	7	0,811	47,04	57,97
3,00	5	0,809	33,49	41,41
3,20	7	0,806	46,73	57,97
3,40	6	0,803	39,92	49,69
3,60	6	0,801	37,17	46,41
3,80	6	0,798	37,06	46,41
4,00	5	0,796	30,79	38,68
4,20	4	0,794	24,56	30,94
4,40	5	0,791	30,61	38,68
4,60	6	0,789	34,36	43,54
4,80	7	0,787	39,98	50,80

Report di indagine geognostica e sismica

5,00	7	0,785	39,88	50,80
5,20	9	0,783	51,14	65,31
5,40	8	0,781	45,34	58,06
5,60	10	0,779	53,25	68,34
5,80	9	0,777	47,81	61,51
6,00	9	0,775	47,70	61,51
6,20	9	0,774	47,59	61,51
6,40	10	0,772	52,76	68,34
6,60	12	0,770	59,70	77,49
6,80	13	0,719	60,34	83,95
7,00	15	0,717	69,47	96,87
7,20	16	0,716	73,94	103,33
7,40	15	0,714	69,18	96,87
7,60	18	0,713	78,52	110,18
7,80	17	0,711	74,01	104,05
8,00	20	0,710	86,91	122,42
8,20	18	0,709	78,07	110,18
8,40	21	0,657	84,48	128,54
8,60	21	0,656	80,14	122,16
8,80	19	0,705	77,89	110,53
9,00	19	0,703	77,76	110,53
9,20	22	0,652	83,48	127,98
9,40	22	0,651	83,33	127,98
9,60	23	0,650	82,85	127,48
9,80	23	0,649	82,71	127,48
10,00	25	0,648	89,75	138,56

PROVA ...DPSH 8

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 24/10/2023
 Profondita' prova 10,00 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)
0,20	3	0,855	26,94	31,52
0,40	3	0,851	26,82	31,52
0,60	9	0,847	73,51	86,79
0,80	7	0,843	56,93	67,50
1,00	6	0,840	48,59	57,86
1,20	9	0,836	72,58	86,79
1,40	12	0,833	96,38	115,72
1,60	10	0,830	73,92	89,11
1,80	9	0,826	66,27	80,20
2,00	8	0,823	58,68	71,29
2,20	8	0,820	58,46	71,29
2,40	5	0,817	36,41	44,55
2,60	6	0,814	40,46	49,69
2,80	5	0,811	33,60	41,41
3,00	6	0,809	40,18	49,69

Report di indagine geognostica e sismica

3,20	5	0,806	33,38	41,41
3,40	7	0,803	46,57	57,97
3,60	7	0,801	43,37	54,15
3,80	5	0,798	30,88	38,68
4,00	6	0,796	36,95	46,41
4,20	6	0,794	36,84	46,41
4,40	7	0,791	42,86	54,15
4,60	8	0,789	45,82	58,06
4,80	9	0,787	51,41	65,31
5,00	8	0,785	45,57	58,06
5,20	7	0,783	39,78	50,80
5,40	8	0,781	45,34	58,06
5,60	9	0,779	47,92	61,51
5,80	10	0,777	53,12	68,34
6,00	10	0,775	53,00	68,34
6,20	8	0,774	42,30	54,67
6,40	12	0,772	63,31	82,01
6,60	10	0,770	49,75	64,58
6,80	11	0,769	54,61	71,04
7,00	13	0,717	60,21	83,95
7,20	13	0,716	60,08	83,95
7,40	13	0,714	59,95	83,95
7,60	15	0,713	65,44	91,81
7,80	15	0,711	65,31	91,81
8,00	15	0,710	65,18	91,81
8,20	16	0,709	69,39	97,93
8,40	15	0,707	64,93	91,81
8,60	16	0,706	65,71	93,08
8,80	13	0,705	53,29	75,62
9,00	15	0,703	61,39	87,26
9,20	19	0,702	77,62	110,53
9,40	18	0,701	73,41	104,71
9,60	19	0,700	73,71	105,31
9,80	22	0,649	79,11	121,93
10,00	20	0,698	77,34	110,85

PROVA ...DPSH 9

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 24/10/2023
 Profondita' prova 10,00 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)
0,20	1	0,855	8,98	10,51
0,40	1	0,851	8,94	10,51
0,60	2	0,847	16,34	19,29
0,80	2	0,843	16,27	19,29
1,00	3	0,840	24,29	28,93
1,20	2	0,836	16,13	19,29

Report di indagine geognostica e sismica

1,40	4	0,833	32,13	38,57
1,60	6	0,830	44,35	53,47
1,80	10	0,826	73,63	89,11
2,00	8	0,823	58,68	71,29
2,20	8	0,820	58,46	71,29
2,40	6	0,817	43,69	53,47
2,60	6	0,814	40,46	49,69
2,80	7	0,811	47,04	57,97
3,00	6	0,809	40,18	49,69
3,20	8	0,806	53,40	66,25
3,40	6	0,803	39,92	49,69
3,60	6	0,801	37,17	46,41
3,80	6	0,798	37,06	46,41
4,00	5	0,796	30,79	38,68
4,20	6	0,794	36,84	46,41
4,40	6	0,791	36,73	46,41
4,60	7	0,789	40,09	50,80
4,80	7	0,787	39,98	50,80
5,00	8	0,785	45,57	58,06
5,20	8	0,783	45,46	58,06
5,40	9	0,781	51,01	65,31
5,60	11	0,779	58,57	75,18
5,80	13	0,727	64,61	88,84
6,00	12	0,775	63,60	82,01
6,20	12	0,774	63,45	82,01
6,40	14	0,722	69,08	95,68
6,60	15	0,720	69,78	96,87
6,80	14	0,719	64,98	90,41
7,00	16	0,717	74,10	103,33
7,20	16	0,716	73,94	103,33
7,40	15	0,714	69,18	96,87
7,60	18	0,713	78,52	110,18
7,80	17	0,711	74,01	104,05
8,00	19	0,710	82,56	116,30
8,20	18	0,709	78,07	110,18
8,40	21	0,657	84,48	128,54
8,60	22	0,656	83,95	127,98
8,80	20	0,705	81,99	116,35
9,00	20	0,703	81,85	116,35
9,20	23	0,652	87,27	133,80
9,40	22	0,651	83,33	127,98
9,60	23	0,650	82,85	127,48
9,80	23	0,649	82,71	127,48
10,00	24	0,648	86,16	133,02

Report di indagine geognostica e sismica

PROVA ...DPSH 10

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 24/10/2023
 Profondita' prova 10,00 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)
0,20	1	0,855	8,98	10,51
0,40	5	0,851	44,70	52,54
0,60	6	0,847	49,01	57,86
0,80	3	0,843	24,40	28,93
1,00	2	0,840	16,20	19,29
1,20	3	0,836	24,19	28,93
1,40	3	0,833	24,10	28,93
1,60	3	0,830	22,18	26,73
1,80	3	0,826	22,09	26,73
2,00	4	0,823	29,34	35,64
2,20	3	0,820	21,92	26,73
2,40	4	0,817	29,13	35,64
2,60	5	0,814	33,72	41,41
2,80	4	0,811	26,88	33,13
3,00	5	0,809	33,49	41,41
3,20	6	0,806	40,05	49,69
3,40	6	0,803	39,92	49,69
3,60	7	0,801	43,37	54,15
3,80	7	0,798	43,23	54,15
4,00	8	0,796	49,26	61,88
4,20	8	0,794	49,12	61,88
4,40	9	0,791	55,10	69,62
4,60	9	0,789	51,55	65,31
4,80	8	0,787	45,70	58,06
5,00	10	0,785	56,97	72,57
5,20	10	0,783	56,82	72,57
5,40	9	0,781	51,01	65,31
5,60	10	0,779	53,25	68,34
5,80	12	0,777	63,74	82,01
6,00	12	0,775	63,60	82,01
6,20	13	0,724	64,30	88,84
6,40	13	0,722	64,15	88,84
6,60	14	0,720	65,13	90,41
6,80	15	0,719	69,62	96,87
7,00	14	0,717	64,84	90,41
7,20	16	0,716	73,94	103,33
7,40	15	0,714	69,18	96,87
7,60	16	0,713	69,80	97,93
7,80	19	0,711	82,72	116,30
8,00	20	0,710	86,91	122,42
8,20	19	0,709	82,40	116,30
8,40	19	0,707	82,25	116,30

Report di indagine geognostica e sismica

8,60	21	0,656	80,14	122,16
8,80	20	0,705	81,99	116,35
9,00	23	0,653	87,44	133,80
9,20	22	0,652	83,48	127,98
9,40	23	0,651	87,12	133,80
9,60	20	0,700	77,59	110,85
9,80	21	0,649	75,52	116,39
10,00	23	0,648	82,57	127,48

PROVA ...DPSH 11

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data 24/10/2023

Profondita' prova 10,00 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)
0,20	2	0,855	17,96	21,01
0,40	1	0,851	8,94	10,51
0,60	2	0,847	16,34	19,29
0,80	2	0,843	16,27	19,29
1,00	3	0,840	24,29	28,93
1,20	3	0,836	24,19	28,93
1,40	5	0,833	40,16	48,22
1,60	6	0,830	44,35	53,47
1,80	5	0,826	36,82	44,55
2,00	7	0,823	51,35	62,38
2,20	6	0,820	43,85	53,47
2,40	6	0,817	43,69	53,47
2,60	7	0,814	47,20	57,97
2,80	7	0,811	47,04	57,97
3,00	8	0,809	53,58	66,25
3,20	9	0,806	60,08	74,54
3,40	6	0,803	39,92	49,69
3,60	7	0,801	43,37	54,15
3,80	7	0,798	43,23	54,15
4,00	6	0,796	36,95	46,41
4,20	6	0,794	36,84	46,41
4,40	6	0,791	36,73	46,41
4,60	8	0,789	45,82	58,06
4,80	7	0,787	39,98	50,80
5,00	8	0,785	45,57	58,06
5,20	9	0,783	51,14	65,31
5,40	9	0,781	51,01	65,31
5,60	10	0,779	53,25	68,34
5,80	9	0,777	47,81	61,51
6,00	9	0,775	47,70	61,51
6,20	11	0,774	58,16	75,18
6,40	13	0,722	64,15	88,84
6,60	12	0,770	59,70	77,49

Report di indagine geognostica e sismica

6,80	15	0,719	69,62	96,87
7,00	16	0,717	74,10	103,33
7,20	16	0,716	73,94	103,33
7,40	15	0,714	69,18	96,87
7,60	18	0,713	78,52	110,18
7,80	17	0,711	74,01	104,05
8,00	21	0,660	84,82	128,54
8,20	20	0,709	86,74	122,42
8,40	20	0,707	86,58	122,42
8,60	20	0,706	82,14	116,35
8,80	20	0,705	81,99	116,35
9,00	19	0,703	77,76	110,53
9,20	22	0,652	83,48	127,98
9,40	23	0,651	87,12	133,80
9,60	24	0,650	86,46	133,02
9,80	23	0,649	82,71	127,48
10,00	24	0,648	86,16	133,02

PROVA ...DPSH 12

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 24/10/2023
 Profondita' prova 10,00 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)
0,20	1	0,855	8,98	10,51
0,40	1	0,851	8,94	10,51
0,60	3	0,847	24,50	28,93
0,80	3	0,843	24,40	28,93
1,00	4	0,840	32,39	38,57
1,20	3	0,836	24,19	28,93
1,40	5	0,833	40,16	48,22
1,60	10	0,830	73,92	89,11
1,80	9	0,826	66,27	80,20
2,00	8	0,823	58,68	71,29
2,20	6	0,820	43,85	53,47
2,40	5	0,817	36,41	44,55
2,60	10	0,814	67,43	82,82
2,80	7	0,811	47,04	57,97
3,00	7	0,809	46,88	57,97
3,20	6	0,806	40,05	49,69
3,40	10	0,803	66,54	82,82
3,60	7	0,801	43,37	54,15
3,80	6	0,798	37,06	46,41
4,00	8	0,796	49,26	61,88
4,20	6	0,794	36,84	46,41
4,40	7	0,791	42,86	54,15
4,60	9	0,789	51,55	65,31
4,80	8	0,787	45,70	58,06

Report di indagine geognostica e sismica

5,00	9	0,785	51,27	65,31
5,20	10	0,783	56,82	72,57
5,40	11	0,781	62,35	79,83
5,60	13	0,729	64,78	88,84
5,80	12	0,777	63,74	82,01
6,00	12	0,775	63,60	82,01
6,20	13	0,724	64,30	88,84
6,40	15	0,722	74,02	102,51
6,60	18	0,720	83,74	116,24
6,80	11	0,769	54,61	71,04
7,00	12	0,767	59,45	77,49
7,20	16	0,716	73,94	103,33
7,40	20	0,714	92,24	129,16
7,60	21	0,663	85,18	128,54
7,80	19	0,711	82,72	116,30
8,00	18	0,710	78,21	110,18
8,20	14	0,709	60,72	85,69
8,40	14	0,707	60,61	85,69
8,60	15	0,706	61,60	87,26
8,80	19	0,705	77,89	110,53
9,00	20	0,703	81,85	116,35
9,20	22	0,652	83,48	127,98
9,40	23	0,651	87,12	133,80
9,60	24	0,650	86,46	133,02
9,80	20	0,699	77,46	110,85
10,00	25	0,648	89,75	138,56

PROVA ...DPSH 13

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 24/10/2023
 Profondita' prova 10,00 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)
0,20	1	0,855	8,98	10,51
0,40	1	0,851	8,94	10,51
0,60	3	0,847	24,50	28,93
0,80	4	0,843	32,53	38,57
1,00	5	0,840	40,49	48,22
1,20	3	0,836	24,19	28,93
1,40	4	0,833	32,13	38,57
1,60	5	0,830	36,96	44,55
1,80	4	0,826	29,45	35,64
2,00	6	0,823	44,01	53,47
2,20	5	0,820	36,54	44,55
2,40	7	0,817	50,97	62,38
2,60	6	0,814	40,46	49,69
2,80	6	0,811	40,32	49,69
3,00	6	0,809	40,18	49,69

Report di indagine geognostica e sismica

3,20	8	0,806	53,40	66,25
3,40	7	0,803	46,57	57,97
3,60	7	0,801	43,37	54,15
3,80	9	0,798	55,59	69,62
4,00	9	0,796	55,42	69,62
4,20	8	0,794	49,12	61,88
4,40	9	0,791	55,10	69,62
4,60	8	0,789	45,82	58,06
4,80	11	0,787	62,83	79,83
5,00	11	0,785	62,67	79,83
5,20	11	0,783	62,50	79,83
5,40	14	0,731	74,27	101,60
5,60	13	0,729	64,78	88,84
5,80	13	0,727	64,61	88,84
6,00	13	0,725	64,45	88,84
6,20	13	0,724	64,30	88,84
6,40	17	0,722	83,88	116,18
6,60	15	0,720	69,78	96,87
6,80	16	0,719	74,26	103,33
7,00	16	0,717	74,10	103,33
7,20	16	0,716	73,94	103,33
7,40	19	0,714	87,63	122,70
7,60	16	0,713	69,80	97,93
7,80	18	0,711	78,37	110,18
8,00	17	0,710	73,87	104,05
8,20	17	0,709	73,73	104,05
8,40	19	0,707	82,25	116,30
8,60	18	0,706	73,92	104,71
8,80	19	0,705	77,89	110,53
9,00	18	0,703	73,66	104,71
9,20	19	0,702	77,62	110,53
9,40	19	0,701	77,49	110,53
9,60	18	0,700	69,83	99,76
9,80	19	0,699	73,59	105,31
10,00	20	0,698	77,34	110,85

PROVA ...DPSH 14

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 24/10/2023
 Profondita' prova 10,00 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)
0,20	2	0,855	17,96	21,01
0,40	5	0,851	44,70	52,54
0,60	5	0,847	40,84	48,22
0,80	3	0,843	24,40	28,93
1,00	4	0,840	32,39	38,57
1,20	3	0,836	24,19	28,93

Report di indagine geognostica e sismica

1,40	4	0,833	32,13	38,57
1,60	7	0,830	51,74	62,38
1,80	4	0,826	29,45	35,64
2,00	3	0,823	22,01	26,73
2,20	4	0,820	29,23	35,64
2,40	5	0,817	36,41	44,55
2,60	4	0,814	26,97	33,13
2,80	13	0,761	81,98	107,66
3,00	10	0,809	66,97	82,82
3,20	7	0,806	46,73	57,97
3,40	6	0,803	39,92	49,69
3,60	8	0,801	49,56	61,88
3,80	8	0,798	49,41	61,88
4,00	9	0,796	55,42	69,62
4,20	8	0,794	49,12	61,88
4,40	8	0,791	48,98	61,88
4,60	8	0,789	45,82	58,06
4,80	9	0,787	51,41	65,31
5,00	7	0,785	39,88	50,80
5,20	9	0,783	51,14	65,31
5,40	10	0,781	56,68	72,57
5,60	9	0,779	47,92	61,51
5,80	11	0,777	58,43	75,18
6,00	13	0,725	64,45	88,84
6,20	15	0,724	74,19	102,51
6,40	16	0,722	78,95	109,35
6,60	16	0,720	74,43	103,33
6,80	15	0,719	69,62	96,87
7,00	18	0,717	83,37	116,24
7,20	17	0,716	78,57	109,78
7,40	18	0,714	83,01	116,24
7,60	19	0,713	82,88	116,30
7,80	21	0,661	85,00	128,54
8,00	20	0,710	86,91	122,42
8,20	19	0,709	82,40	116,30
8,40	22	0,657	88,50	134,66
8,60	23	0,656	87,77	133,80
8,80	25	0,655	95,22	145,43
9,00	24	0,653	91,24	139,62
9,20	20	0,702	81,71	116,35
9,40	23	0,651	87,12	133,80
9,60	26	0,650	93,66	144,10
9,80	25	0,649	89,90	138,56
10,00	26	0,648	93,34	144,10

Report di indagine geognostica e sismica

PROVA ...DPSH 15

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 24/10/2023
 Profondita' prova 10,00 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)
0,20	3	0,855	26,94	31,52
0,40	4	0,851	35,76	42,03
0,60	5	0,847	40,84	48,22
0,80	8	0,843	65,06	77,15
1,00	10	0,840	80,98	96,43
1,20	10	0,836	80,64	96,43
1,40	11	0,833	88,35	106,08
1,60	12	0,830	88,70	106,93
1,80	8	0,826	58,91	71,29
2,00	5	0,823	36,68	44,55
2,20	6	0,820	43,85	53,47
2,40	4	0,817	29,13	35,64
2,60	6	0,814	40,46	49,69
2,80	6	0,811	40,32	49,69
3,00	7	0,809	46,88	57,97
3,20	8	0,806	53,40	66,25
3,40	7	0,803	46,57	57,97
3,60	8	0,801	49,56	61,88
3,80	9	0,798	55,59	69,62
4,00	10	0,796	61,58	77,36
4,20	9	0,794	55,26	69,62
4,40	9	0,791	55,10	69,62
4,60	8	0,789	45,82	58,06
4,80	10	0,787	57,12	72,57
5,00	11	0,785	62,67	79,83
5,20	11	0,783	62,50	79,83
5,40	13	0,731	68,97	94,34
5,60	14	0,729	69,76	95,68
5,80	16	0,727	79,52	109,35
6,00	15	0,725	74,37	102,51
6,20	18	0,724	89,03	123,01
6,40	18	0,722	88,82	123,01
6,60	19	0,720	88,39	122,70
6,80	20	0,719	92,83	129,16
7,00	21	0,667	90,48	135,61
7,20	20	0,716	92,43	129,16
7,40	20	0,714	92,24	129,16
7,60	20	0,713	87,25	122,42
7,80	21	0,661	85,00	128,54
8,00	23	0,660	92,90	140,78
8,20	25	0,659	100,77	153,02
8,40	24	0,657	96,55	146,90

Report di indagine geognostica e sismica

8,60	26	0,656	99,22	151,25
8,80	25	0,655	95,22	145,43
9,00	22	0,653	83,63	127,98
9,20	25	0,652	94,86	145,43
9,40	26	0,651	98,48	151,25
9,60	28	0,650	100,86	155,19
9,80	27	0,649	97,09	149,65
10,00	26	0,648	93,34	144,10

PROVA ...DPSH 16

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 25/10/2023
 Profondita' prova 10,00 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)
0,20	2	0,855	17,96	21,01
0,40	4	0,851	35,76	42,03
0,60	8	0,847	65,34	77,15
0,80	6	0,843	48,80	57,86
1,00	7	0,840	56,69	67,50
1,20	7	0,836	56,45	67,50
1,40	6	0,833	48,19	57,86
1,60	7	0,830	51,74	62,38
1,80	6	0,826	44,18	53,47
2,00	7	0,823	51,35	62,38
2,20	7	0,820	51,16	62,38
2,40	5	0,817	36,41	44,55
2,60	6	0,814	40,46	49,69
2,80	6	0,811	40,32	49,69
3,00	6	0,809	40,18	49,69
3,20	6	0,806	40,05	49,69
3,40	6	0,803	39,92	49,69
3,60	7	0,801	43,37	54,15
3,80	6	0,798	37,06	46,41
4,00	7	0,796	43,10	54,15
4,20	6	0,794	36,84	46,41
4,40	7	0,791	42,86	54,15
4,60	7	0,789	40,09	50,80
4,80	9	0,787	51,41	65,31
5,00	9	0,785	51,27	65,31
5,20	8	0,783	45,46	58,06
5,40	6	0,781	34,01	43,54
5,60	6	0,779	31,95	41,00
5,80	7	0,777	37,18	47,84
6,00	8	0,775	42,40	54,67
6,20	8	0,774	42,30	54,67
6,40	10	0,772	52,76	68,34
6,60	14	0,720	65,13	90,41

Report di indagine geognostica e sismica

6,80	13	0,719	60,34	83,95
7,00	11	0,767	54,50	71,04
7,20	9	0,766	44,50	58,12
7,40	12	0,764	59,22	77,49
7,60	13	0,713	56,71	79,57
7,80	13	0,711	56,60	79,57
8,00	14	0,710	60,83	85,69
8,20	15	0,709	65,06	91,81
8,40	14	0,707	60,61	85,69
8,60	15	0,706	61,60	87,26
8,80	16	0,705	65,59	93,08
9,00	21	0,653	79,83	122,16
9,20	20	0,702	81,71	116,35
9,40	23	0,651	87,12	133,80
9,60	22	0,650	79,25	121,93
9,80	23	0,649	82,71	127,48
10,00	25	0,648	89,75	138,56

PROVA ...DPSH 17

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 25/10/2023
 Profondita' prova 10,00 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)
0,20	2	0,855	17,96	21,01
0,40	3	0,851	26,82	31,52
0,60	3	0,847	24,50	28,93
0,80	4	0,843	32,53	38,57
1,00	4	0,840	32,39	38,57
1,20	4	0,836	32,26	38,57
1,40	5	0,833	40,16	48,22
1,60	4	0,830	29,57	35,64
1,80	5	0,826	36,82	44,55
2,00	5	0,823	36,68	44,55
2,20	6	0,820	43,85	53,47
2,40	8	0,817	58,25	71,29
2,60	9	0,814	60,69	74,54
2,80	8	0,811	53,76	66,25
3,00	9	0,809	60,27	74,54
3,20	10	0,806	66,75	82,82
3,40	5	0,803	33,27	41,41
3,60	6	0,801	37,17	46,41
3,80	7	0,798	43,23	54,15
4,00	7	0,796	43,10	54,15
4,20	7	0,794	42,98	54,15
4,40	7	0,791	42,86	54,15
4,60	8	0,789	45,82	58,06
4,80	9	0,787	51,41	65,31

Report di indagine geognostica e sismica

5,00	6	0,785	34,18	43,54
5,20	7	0,783	39,78	50,80
5,40	7	0,781	39,68	50,80
5,60	6	0,779	31,95	41,00
5,80	6	0,777	31,87	41,00
6,00	8	0,775	42,40	54,67
6,20	8	0,774	42,30	54,67
6,40	9	0,772	47,48	61,51
6,60	7	0,770	34,82	45,20
6,80	9	0,769	44,68	58,12
7,00	10	0,767	49,54	64,58
7,20	12	0,766	59,33	77,49
7,40	11	0,764	54,28	71,04
7,60	10	0,763	46,68	61,21
7,80	12	0,761	55,92	73,45
8,00	14	0,710	60,83	85,69
8,20	15	0,709	65,06	91,81
8,40	15	0,707	64,93	91,81
8,60	15	0,706	61,60	87,26
8,80	18	0,705	73,79	104,71
9,00	17	0,703	69,57	98,89
9,20	17	0,702	69,45	98,89
9,40	19	0,701	77,49	110,53
9,60	20	0,700	77,59	110,85
9,80	20	0,699	77,46	110,85
10,00	22	0,648	78,98	121,93

PROVA ...DPSH 18

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 25/10/2023
 Profondita' prova 10,00 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)
0,20	2	0,855	17,96	21,01
0,40	5	0,851	44,70	52,54
0,60	4	0,847	32,67	38,57
0,80	4	0,843	32,53	38,57
1,00	8	0,840	64,78	77,15
1,20	10	0,836	80,64	96,43
1,40	9	0,833	72,29	86,79
1,60	6	0,830	44,35	53,47
1,80	6	0,826	44,18	53,47
2,00	6	0,823	44,01	53,47
2,20	6	0,820	43,85	53,47
2,40	23	0,717	146,98	204,95
2,60	24	0,714	141,96	198,76
2,80	5	0,811	33,60	41,41
3,00	5	0,809	33,49	41,41

Report di indagine geognostica e sismica

3,20	6	0,806	40,05	49,69
3,40	4	0,803	26,61	33,13
3,60	5	0,801	30,98	38,68
3,80	5	0,798	30,88	38,68
4,00	7	0,796	43,10	54,15
4,20	6	0,794	36,84	46,41
4,40	6	0,791	36,73	46,41
4,60	8	0,789	45,82	58,06
4,80	6	0,787	34,27	43,54
5,00	5	0,785	28,48	36,28
5,20	6	0,783	34,09	43,54
5,40	6	0,781	34,01	43,54
5,60	6	0,779	31,95	41,00
5,80	7	0,777	37,18	47,84
6,00	7	0,775	37,10	47,84
6,20	7	0,774	37,01	47,84
6,40	7	0,772	36,93	47,84
6,60	8	0,770	39,80	51,66
6,80	6	0,769	29,79	38,75
7,00	6	0,767	29,73	38,75
7,20	7	0,766	34,61	45,20
7,40	7	0,764	34,54	45,20
7,60	6	0,763	28,01	36,73
7,80	8	0,761	37,28	48,97
8,00	8	0,760	37,21	48,97
8,20	9	0,759	41,79	55,09
8,40	7	0,757	32,45	42,85
8,60	9	0,756	39,58	52,36
8,80	9	0,755	39,51	52,36
9,00	11	0,753	48,22	63,99
9,20	8	0,752	35,01	46,54
9,40	22	0,651	83,33	127,98
9,60	13	0,700	50,43	72,05
9,80	12	0,749	49,80	66,51
10,00	12	0,748	49,73	66,51

PROVA ...DPSH 19

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 25/10/2023
 Profondita' prova 10,00 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)
0,20	3	0,855	26,94	31,52
0,40	3	0,851	26,82	31,52
0,60	5	0,847	40,84	48,22
0,80	4	0,843	32,53	38,57
1,00	6	0,840	48,59	57,86
1,20	6	0,836	48,39	57,86

Report di indagine geognostica e sismica

1,40	6	0,833	48,19	57,86
1,60	8	0,830	59,14	71,29
1,80	7	0,826	51,54	62,38
2,00	8	0,823	58,68	71,29
2,20	4	0,820	29,23	35,64
2,40	5	0,817	36,41	44,55
2,60	5	0,814	33,72	41,41
2,80	5	0,811	33,60	41,41
3,00	4	0,809	26,79	33,13
3,20	6	0,806	40,05	49,69
3,40	6	0,803	39,92	49,69
3,60	6	0,801	37,17	46,41
3,80	8	0,798	49,41	61,88
4,00	7	0,796	43,10	54,15
4,20	7	0,794	42,98	54,15
4,40	8	0,791	48,98	61,88
4,60	9	0,789	51,55	65,31
4,80	11	0,787	62,83	79,83
5,00	15	0,735	80,01	108,85
5,20	14	0,733	74,47	101,60
5,40	10	0,781	56,68	72,57
5,60	7	0,779	37,27	47,84
5,80	7	0,777	37,18	47,84
6,00	7	0,775	37,10	47,84
6,20	8	0,774	42,30	54,67
6,40	8	0,772	42,21	54,67
6,60	9	0,770	44,77	58,12
6,80	8	0,769	39,72	51,66
7,00	8	0,767	39,63	51,66
7,20	9	0,766	44,50	58,12
7,40	10	0,764	49,35	64,58
7,60	11	0,763	51,35	67,33
7,80	8	0,761	37,28	48,97
8,00	10	0,760	46,51	61,21
8,20	10	0,759	46,43	61,21
8,40	13	0,707	56,28	79,57
8,60	14	0,706	57,50	81,44
8,80	15	0,705	61,49	87,26
9,00	14	0,703	57,29	81,44
9,20	12	0,752	52,52	69,81
9,40	15	0,701	61,18	87,26
9,60	16	0,700	62,07	88,68
9,80	18	0,699	69,72	99,76
10,00	1	0,748	4,14	5,54

Report di indagine geognostica e sismica

PROVA ...DPSH 20

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 25/10/2023
 Profondita' prova 10,00 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)
0,20	1	0,855	8,98	10,51
0,40	4	0,851	35,76	42,03
0,60	13	0,797	99,92	125,36
0,80	8	0,843	65,06	77,15
1,00	6	0,840	48,59	57,86
1,20	6	0,836	48,39	57,86
1,40	6	0,833	48,19	57,86
1,60	6	0,830	44,35	53,47
1,80	6	0,826	44,18	53,47
2,00	8	0,823	58,68	71,29
2,20	7	0,820	51,16	62,38
2,40	5	0,817	36,41	44,55
2,60	7	0,814	47,20	57,97
2,80	6	0,811	40,32	49,69
3,00	7	0,809	46,88	57,97
3,20	6	0,806	40,05	49,69
3,40	6	0,803	39,92	49,69
3,60	9	0,801	55,76	69,62
3,80	7	0,798	43,23	54,15
4,00	7	0,796	43,10	54,15
4,20	7	0,794	42,98	54,15
4,40	7	0,791	42,86	54,15
4,60	9	0,789	51,55	65,31
4,80	7	0,787	39,98	50,80
5,00	8	0,785	45,57	58,06
5,20	8	0,783	45,46	58,06
5,40	10	0,781	56,68	72,57
5,60	9	0,779	47,92	61,51
5,80	9	0,777	47,81	61,51
6,00	8	0,775	42,40	54,67
6,20	8	0,774	42,30	54,67
6,40	9	0,772	47,48	61,51
6,60	10	0,770	49,75	64,58
6,80	10	0,769	49,64	64,58
7,00	9	0,767	44,59	58,12
7,20	11	0,766	54,39	71,04
7,40	12	0,764	59,22	77,49
7,60	10	0,763	46,68	61,21
7,80	10	0,761	46,60	61,21
8,00	13	0,710	56,49	79,57
8,20	14	0,709	60,72	85,69
8,40	15	0,707	64,93	91,81

Report di indagine geognostica e sismica

8,60	16	0,706	65,71	93,08
8,80	23	0,655	87,60	133,80
9,00	24	0,653	91,24	139,62
9,20	25	0,652	94,86	145,43
9,40	24	0,651	90,90	139,62
9,60	26	0,650	93,66	144,10
9,80	25	0,649	89,90	138,56
10,00	25	0,648	89,75	138,56

PROVA ...DPSH 21

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data 25/10/2023

Profondita' prova 10,00 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)
0,20	1	0,855	8,98	10,51
0,40	3	0,851	26,82	31,52
0,60	5	0,847	40,84	48,22
0,80	7	0,843	56,93	67,50
1,00	5	0,840	40,49	48,22
1,20	5	0,836	40,32	48,22
1,40	5	0,833	40,16	48,22
1,60	6	0,830	44,35	53,47
1,80	5	0,826	36,82	44,55
2,00	7	0,823	51,35	62,38
2,20	9	0,820	65,77	80,20
2,40	8	0,817	58,25	71,29
2,60	10	0,814	67,43	82,82
2,80	12	0,811	80,64	99,38
3,00	7	0,809	46,88	57,97
3,20	6	0,806	40,05	49,69
3,40	6	0,803	39,92	49,69
3,60	8	0,801	49,56	61,88
3,80	6	0,798	37,06	46,41
4,00	7	0,796	43,10	54,15
4,20	7	0,794	42,98	54,15
4,40	7	0,791	42,86	54,15
4,60	8	0,789	45,82	58,06
4,80	9	0,787	51,41	65,31
5,00	10	0,785	56,97	72,57
5,20	9	0,783	51,14	65,31
5,40	10	0,781	56,68	72,57
5,60	9	0,779	47,92	61,51
5,80	9	0,777	47,81	61,51
6,00	7	0,775	37,10	47,84
6,20	8	0,774	42,30	54,67
6,40	9	0,772	47,48	61,51
6,60	11	0,770	54,72	71,04

Report di indagine geognostica e sismica

6,80	10	0,769	49,64	64,58
7,00	8	0,767	39,63	51,66
7,20	11	0,766	54,39	71,04
7,40	12	0,764	59,22	77,49
7,60	11	0,763	51,35	67,33
7,80	11	0,761	51,26	67,33
8,00	13	0,710	56,49	79,57
8,20	14	0,709	60,72	85,69
8,40	15	0,707	64,93	91,81
8,60	18	0,706	73,92	104,71
8,80	19	0,705	77,89	110,53
9,00	23	0,653	87,44	133,80
9,20	25	0,652	94,86	145,43
9,40	24	0,651	90,90	139,62
9,60	24	0,650	86,46	133,02
9,80	25	0,649	89,90	138,56
10,00	24	0,648	86,16	133,02

Report di indagine geognostica e sismica



Report di indagine geognostica e sismica



8. LITOSTRATIGRAFIA



Sulla base dei dati delle indagini geognostiche appositamente eseguite nell'area di studio si può schematizzare un modello geologico-tecnico considerando che la tipologia di opere di fondazione interesserà prevalentemente gli strati superficiali, i quali saranno oggetto di realizzazione dei sostegni (montanti) della struttura portante dei pannelli. Essi saranno presumibilmente caratterizzati da un carico agente sostanzialmente trascurabile, dato l'esiguo peso della

sovrastuttura, ma fortemente sollecitati a trazione a causa dell'azione del vento.

Come si evince dalle stratigrafie delle prove allegate, per tutta l'area, nelle massime profondità investigate sono presenti depositi alluvionali prevalentemente fini sabbioso limosi e argillosi moderatamente addensati inglobanti superficialmente pezzame lapideo.

Le caratteristiche geotecniche dei depositi più superficiali sono variabili in relazione alla percentuale di pezzame lapideo inglobato ma nel complesso si può considerare l'area litologicamente omogenea sia arealmente che per quanto concerne la distribuzione litostratigrafica verticale.

I litotipi sono associabili a terreni sabbiosi con abbondante matrice fine (tipo limo-argilla); si ritiene che i risultati dell'indagine, siano sufficientemente rappresentativi delle caratteristiche litologico - geotecniche del terreno indagato, il quale risulta caratterizzato da una stratigrafia media del sottosuolo come descritto nel seguito. Si riportano due



fotografie rappresentative dei depositi caratterizzanti l'area di intervento.

Report di indagine geognostica e sismica

8.1 MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO

I dati seguenti sono stati desunti dall'indagine geognostica specifica eseguita in situ, debitamente interpretati ed elaborati alla luce della normativa nazionale e sulla base di precedenti esperienze professionali; si ritiene che i risultati dell'indagine, siano sufficientemente rappresentativi delle caratteristiche litologico - geotecniche del terreno indagato.

Sulla base delle risultanze delle indagini geognostiche eseguite sono stati distinti due modelli geotecnici differenti in base alla presenza o meno dello strato superficiale addensato inglobante abbondante pezzame lapideo.

- **MODELLO GEOLOGICO STRATIGRAFICO – PROVE DPSH 1-3-7-9-10-11-12-13-14-16-17-18-19-20-21**

Prof. Strato (m)	Tipo	Peso unita' di volume (t/m ³)	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	NSPT	Descrizione
0.4/1.2	Coesivo	1.70	1.80	0.05	2/3	Terreno vegetale
5.0/7.8	Incoerente-Coesivo	1.80	1.90	0.68	7/9	Sabbia e limo
10.0	Incoerente-Coesivo	1.90	1.95	1.63	20/25	Sabbia argillosa

UNITA' GEOTECNICA A da p.c. a 0.4/1.2 m da p.c. – TERRENO VEGETALE

La prima unità geotecnica è costituita da suolo agrario di colore marrone dallo spessore variabile da 0.4 a 1.2 m da p.c. Esso si presenta poco consistente con valore di N_{spt} compreso tra 2 e 3.

Ad essa si possono assegnare i seguenti parametri geotecnici medi:

Peso di volume naturale (t/mc)	$\gamma = 1.70$
Peso di volume saturo (t/mc)	$\gamma = 1.80$
Angolo di resistenza al taglio (°gradi)	$\phi = -^{\circ}$
Coesione non drenata Cu (kg/cm ^q)	Cu = 0.25
Densità relativa (%)	Dr = -
Classificazione AGI	Poco consistente
Modulo di Young (kg/cm ^q)	Y= 50
Modulo Edometrico (kg/cm ^q)	E = 40

Report di indagine geognostica e sismica

UNITA' GEOTECNICA B da 0.4/1.2 a 5.0/7.8 m da p.c. – SABBIA CON LIMO

La seconda unità geotecnica è costituita da depositi sabbioso-limosi di colore giallo ocra, moderatamente consistenti che si sviluppano sino a profondità variabili da 5.0 a 7.8 m da p.c. Essi sono asciutti e presentano valore di N_{spt} compreso tra 7 e 9; sono caratterizzati quindi da sufficienti caratteristiche geotecniche.

Ad essa si possono assegnare i seguenti parametri geotecnici medi:

Peso di volume naturale (t/mc)	$\gamma = 1.80$
Peso di volume saturo (t/mc)	$\gamma = 1.90$
Angolo di resistenza al taglio (°gradi)	$\phi = 27^\circ$
Coesione non drenata C_u (kg/cmq)	$C_u = 0.60$
Densità relativa (%)	$D_r = 25\%$
Classificazione AGI	Moderatamente Consistente
Modulo di Young (kg/cmq)	$Y = 90$
Modulo Edometrico (kg/cmq)	$E = 60$

UNITA' GEOTECNICA C da 5.0/7.8 a 10.00 m da p.c. – SABBIA ARGILLOSA

Dalle profondità variabili da 5.0 a 7.8 m da p.c. e sino alle massime profondità indagate nel corso delle indagini (10.0 m da p.c.) sono presenti depositi sabbioso-argillosi moderatamente addensati e asciutti. Essi presentano valore di N_{spt} compreso tra 20 e 25; sono caratterizzati quindi da discrete caratteristiche geotecniche.

Ad essa si possono assegnare i seguenti parametri geotecnici medi:

Peso di volume naturale (t/mc)	$\gamma = 1.90$
Peso di volume saturo (t/mc)	$\gamma = 1.95$
Angolo di resistenza al taglio (°gradi)	$\phi = 32^\circ$
Coesione non drenata C_u (kg/cmq)	$C_u = 0.80$
Densità relativa (%)	$D_r = 35\%$
Classificazione AGI	Moderatamente addensati
Modulo di Young (kg/cmq)	$Y = 210$
Modulo Edometrico (kg/cmq)	$E = 110$

Report di indagine geognostica e sismica

• **MODELLO GEOLOGICO STRATIGRAFICO – PROVE 2-4-5-6-8-15**

Prof. Strato (m)	Tipo	Peso unita' di volume (t/m ³)	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	NSPT	Descrizione
0.4/0.8	Coesivo	1.70	1.80	0,03	2/3	Terreno vegetale
2.0/3.0	Incoerente - coesivo	1.85	1.90	0,31	11/15	sabbia e limo inglobante pezzame lapideo
4.8/6.2	Coesivo	1.80	1.90	0,86	7/9	Sabbia e limo
10.0	Coesivo	1.90	1.95	1,58	20/25	Sabbia argillosa

UNITA' GEOTECNICA A da p.c. a 0.4/0.8 m da p.c. – TERRENO VEGETALE

La prima unità geotecnica è costituita da suolo agrario di colore marrone dallo spessore variabile da 0.4 a 0.8 m da p.c. Esso si presenta poco consistente con valore di Nspt compreso tra 2 e 3.

Ad essa si possono assegnare i seguenti parametri geotecnici medi:

Peso di volume naturale (t/mc)	$\gamma = 1.70$
Peso di volume saturo (t/mc)	$\gamma = 1.80$
Angolo di resistenza al taglio (°gradi)	$\varnothing = -^\circ$
Coesione non drenata Cu (kg/cm ^q)	Cu = 0.25
Densità relativa (%)	Dr = -
Classificazione AGI	Poco consistente
Modulo di Young (kg/cm ^q)	Y = 50
Modulo Edometrico (kg/cm ^q)	E = 40

UNITA' GEOTECNICA B* da 0.4/0.8 a 2.0/3.0 m da p.c. – SABBIA E LIMO CON PEZZAME LAPIDEO

La seconda unità geotecnica è costituita da depositi sabbioso-limosi di colore giallo ocra inglobanti pezzame lapideo, moderatamente consistenti che si sviluppano sino a profondità variabili da 2.0 a 3.0 m da p.c. Essi sono asciutti e presentano valore di Nspt compreso tra 11 e 15; sono caratterizzati quindi da sufficienti/discrete caratteristiche geotecniche.

Ad essa si possono assegnare i seguenti parametri geotecnici medi:

Peso di volume naturale (t/mc)	$\gamma = 1.85$
Peso di volume saturo (t/mc)	$\gamma = 1.90$
Angolo di resistenza al taglio (°gradi)	$\varnothing = 30^\circ$
Coesione non drenata Cu (kg/cm ^q)	Cu = 0.60
Densità relativa (%)	Dr = 40%
Classificazione AGI	Moderatamente Consistente
Modulo di Young (kg/cm ^q)	Y = 120
Modulo Edometrico (kg/cm ^q)	E = 70

Report di indagine geognostica e sismica

UNITA' GEOTECNICA B da 2.0/3.0 a 4.8/6.2 m da p.c. – SABBIA CON LIMO

La seconda unità geotecnica è costituita da depositi sabbioso-limosi di colore giallo ocra, moderatamente consistenti che si sviluppano sino a profondità variabili da 4.8 a 6.2 m da p.c. Essi sono asciutti e presentano valore di N_{spt} compreso tra 7 e 9; sono caratterizzati quindi da sufficienti caratteristiche geotecniche.

Ad essa si possono assegnare i seguenti parametri geotecnici medi:

Peso di volume naturale (t/mc)	$\gamma = 1.80$
Peso di volume saturo (t/mc)	$\gamma = 1.90$
Angolo di resistenza al taglio (°gradi)	$\phi = 27^\circ$
Coesione non drenata C_u (kg/cmq)	$C_u = 0.60$
Densità relativa (%)	$D_r = 25\%$
Classificazione AGI	Moderatamente Consistente
Modulo di Young (kg/cmq)	$Y = 90$
Modulo Edometrico (kg/cmq)	$E = 60$

UNITA' GEOTECNICA C da 4.8/6.2 a 10.00 m da p.c. – SABBIA ARGILLOSA

Dalle profondità variabili da 4.8 a 6.2 m da p.c. e sino alle massime profondità indagate nel corso delle indagini (10.0 m da p.c.) sono presenti depositi sabbioso-argillosi moderatamente addensati e asciutti. Essi presentano valore di N_{spt} compreso tra 20 e 25; sono caratterizzati quindi da discrete caratteristiche geotecniche.

Ad essa si possono assegnare i seguenti parametri geotecnici medi:

Peso di volume naturale (t/mc)	$\gamma = 1.90$
Peso di volume saturo (t/mc)	$\gamma = 1.95$
Angolo di resistenza al taglio (°gradi)	$\phi = 32^\circ$
Coesione non drenata C_u (kg/cmq)	$C_u = 0.80$
Densità relativa (%)	$D_r = 35\%$
Classificazione AGI	Moderatamente addensati
Modulo di Young (kg/cmq)	$Y = 210$
Modulo Edometrico (kg/cmq)	$E = 110$

Correlazioni utilizzate:

Angolo di attrito: Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi.

Modulo Young: Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici.

Modulo Edometrico: Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Consistenza/ addensamento: Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume: Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Modulo di Poisson: Classificazione A.G.I.

Coesione non drenata: Terzaghi-Peck (1948). C_u (min-max).

Report di indagine geognostica e sismica

9. VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Il DM 17.01.2018 (paragrafo 7.11.3.4) e precedente Circolare esplicativa n. 617/2009 (paragrafo C7.11.3.4) impongono che sia valutata la stabilità nei confronti della liquefazione mediante il ricorso a metodologie analitiche o a carattere semiempirico. Tali verifiche, secondo le NTC 2018, devono essere condotte tutte le volte che il manufatto in progetto interagisce con terreni saturi a prevalente componente sabbiosa ed in presenza, ovviamente, di sollecitazioni cicliche e dinamiche per le quali il sottosuolo tende a comportarsi come un sistema idraulicamente chiuso, ovvero come un sistema non drenato; nel contempo, al fine di facilitare le procedure di analisi, al paragrafo 7.11.3.4.2 **è ribadito che tali analisi possono essere omesse in presenza dei seguenti casi:**

- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizione di free-field) inferiori a 0.1g ($a < 1$ m/secq);
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal piano di campagna, quest'ultimo inteso ad andamento sub-orizzontale e con strutture a fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $N_{1,60} > 30$;
- elevata presenza, nel fuso granulometrico, di terreni a componente fine (limi e argille) o di ghiaie.

Ne deriva che i fattori che governano il fenomeno della liquefazione possono essere intimamente legati a:

- lo stato di addensamento;
- la granulometria;
- la storia delle sollecitazioni sismiche;
- le condizioni di drenaggio;
- l'età del deposito;
- il grado di sovraconsolidazione.

Per tale ragione si può ragionevolmente affermare che il sito non è suscettibile di liquefazione perché sussistono la seguente condizione di esclusione fra cui:

- **elevata presenza, nel fuso granulometrico, di terreni a componente fine (limi e argille).**

Report di indagine geognostica e sismica

10. TERRE E ROCCE DA SCAVO

Per la gestione delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti si fa riferimento alla normativa vigente, DPR 13 Giugno 2017 n. 120, che segue quanto già previsto dall'art.8 del DL 133/2014. Secondo la definizione di rifiuto di cui all'art. 183 comma 1, lettera a) del D.lgs. 152/2006 (testo unico ambiente) e s.m.i., le terre e rocce provenienti dalle operazioni di scavo devono considerarsi tali laddove il soggetto che ha in carico l'opera "si disfa", ha "intenzione di disfarsi" o "è obbligato a disfarsi" delle stesse. In particolare, alla luce dell'elenco dei rifiuti di cui alla Decisione UE 955/2014 come richiamata nell'allegato D della parte IV del D.lgs. 152/2006, queste appartengono alla famiglia 17 che comprende i rifiuti derivanti dalle operazioni di costruzione e demolizione, contraddistinti con i seguenti codici CER:

- 17 05 03* terre e rocce contenenti sostanze pericolose
- 17 05 03 terre e rocce diverse da quelle di cui alla voce 17 05 03*

Pertanto, indipendentemente dal fatto che le T&R siano o meno "pericolose" queste rientrano per definizione nel campo di applicazione della disciplina dei rifiuti. Esse vanno di conseguenza gestite secondo quanto previsto dalla parte IV del Dlgs 152/2006 con riferimento alle modalità operative del Deposito temporaneo ed avviate a recupero R o a smaltimento D in accordo con la normativa vigente. Esistono però determinate condizioni tali per cui le T&R possono essere gestite in deroga alla normativa in materia di rifiuti, fermo restando il principio di rispetto e tutela della salute umana e dell'ambiente naturale.

Le condizioni di esclusione dalla normativa rifiuti possono essere le seguenti due:

- Per riutilizzo "in situ" del materiale non contaminato (Art. 185 del D.lgs. 152/2006)
- Per gestione delle terre e rocce da scavo come sottoprodotto (art. 184 -bis del D.lgs. 152/2006)

Nel primo caso, ai sensi del comma 1 dell'art.185 del D.lgs. 152/2006, non sono da considerare rifiuti:

- Il suolo non contaminato ed altro materiale allo stato naturale escavato nel corso dell'attività di costruzione, ove sia certo che il materiale sarà riutilizzato ai fini di costruzione allo stato naturale nello stesso sito in cui è stato scavato.

L'assenza di contaminazione deve essere verificata con riferimento alle concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) di cui al titolo V parte IV del D.lgs. 152/2006.

Nel secondo caso, per la gestione delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti, si fa riferimento all'art.184-bis del D.lgs. 152/2006, che richiede il soddisfacimento di quattro condizioni (art. 4 DPR):

- I materiali sono generati durante la realizzazione di un'opera il cui scopo primario non è la produzione di tale materiale;
- È certa il loro utilizzo per reinterri, riempimenti, recuperi ambientali o in processi produttivi in sostituzione dei materiali da cava;
- I materiali di scavo sono idonei a essere utilizzati direttamente senza ulteriori trattamenti diversi dalla normale pratica industriale;
- I materiali di scavo soddisfano i requisiti di qualità ambientale riguardanti la protezione della salute umana e dell'ambiente;

Report di indagine geognostica e sismica

La sussistenza dei requisiti sopra descritti viene attestata attraverso la predisposizione e la trasmissione agli enti di controllo preposti (Arpa e Comune) della documentazione PDU (Piano di utilizzo per cantieri di grandi dimensioni) o Dichiarazione di utilizzo (per cantieri di piccole dimensioni) e in ogni caso della dichiarazione di avvenuto utilizzo al termine della attività di gestione.

Per quanto riguarda le specifiche definizione dei siti e dei soggetti coinvolti si rimanda al testo completo del DPR.

Relativamente al cantiere in oggetto, le uniche opere di scavo sono relative alla realizzazione dei cavidotti e potenzialmente alla realizzazione delle fondazioni dei sostegni della struttura porta pannelli. In quest'ultimo caso non si esclude l'utilizzo di sostegni a infissione che non necessitano di scavo e che traggono la resistenza sia alla portanza che alla sfilo sulla base dell'attrito laterale del fusto infisso. In ogni caso trattandosi di campi agricoli non interessati da alcuna attività antropica passato o recente e quindi di terreni naturali con morfologia ondulata, si può ragionevolmente ipotizzare il riutilizzo "in situ" del materiale scavato.

Su detti materiali, qualora scavati, preliminarmente alla gestione ed al riutilizzo degli stessi, verranno verificati i requisiti di qualità ambientale con riferimento alle modalità di campionamento ed alle analisi chimico fisiche verificando il rispetto delle concentrazioni soglia di contaminazione (CSC) con riferimento alla specifica destinazione d'uso urbanistica del sito di produzione e destinazione (residenziale).

Il rispetto dei requisiti ambientali verrà eseguito mediante pozzetti/trincee in numero adeguato in relazione alla superficie dell'area, con prelievo di campioni di terreno alle profondità significative conformemente alle profondità di progetto degli scavi (fondazioni e cavidotto). Il set analitico dei parametri da ricercare è in relazione all'ubicazione del sito ed alla sua storia pregressa (soprattutto se industriale) con un minimo di sostanze come definito nell'allegato 4 al DPR. In particolare, per quanto riguarda le sostanze da verificare, come suddetto, vanno definite in funzione dei risultati dell'analisi storica condotta e comunque è necessario verificare almeno i parametri relativi a:

- Arsenico, cadmio, cobalto, cromo totale, Cromo VI, mercurio, nichel, piombo, rame, zinco;
- Idrocarburi pesanti (C>12);
- Idrocarburi policiclici aromatici (*);
- BTEX (*);
- Amianto (**).

(*) Da eseguire nel caso in cui l'area da scavo si collochi a 20 m di distanza da infrastrutture viarie di grande comunicazione e ad insediamenti che possono aver influenzato le caratteristiche del sito mediante ricaduta delle emissioni in atmosfera. Gli analiti da ricercare sono quelli elencati alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, Parte Quarta, Titolo V, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.

(**) solo in caso di presenza di materiali di riporto o per scavi eseguiti in vicinanza a strutture in cui sono presenti materiali contenenti amianto (art. 4 commi 3-4 DPR 120/2017).

Nel caso in esame, essendo l'area distante da infrastrutture viarie e non essendo presenti materiali di riporto e strutture contenenti amianto, verranno analizzati unicamente metalli e idrocarburi pesanti.

Report di indagine geognostica e sismica

11. CONCLUSIONI

Il progetto prevede la realizzazione di un “Impianto Agrivoltaico a terra e relative opere di connessione alla rete AT di Terna” da eseguire su di un’area estesa circa 46.5 ettari nel Comune di Ascoli Satriano (FG).

I dati in possesso dello scrivente hanno permesso di definire la natura e le caratteristiche dei terreni presenti nell’area di intervento; sulla base delle considerazioni e dei calcoli geotecnici svolti nei paragrafi precedenti si traggono le seguenti conclusioni:

- L’area su cui verrà realizzato l’impianto fotovoltaico, da un punto di vista geomorfologico, si dispone debolmente ondulata tra le quote altimetriche di 320 e 270 m s.l.m. **Allo stato attuale non sono stati evidenziati fenomeni geomorfologici in atto che potrebbero pregiudicare la buona riuscita delle opere in progetto. Tuttavia, analizzando le tavole della Pericolosità Geomorfologica del PAI, parte dell’area di intervento è ricompresa nelle aree a pericolosità geomorfologica media e moderata (PG1).**
- Da un punto di vista della Pericolosità e del Rischio Idraulico, invece, sia analizzando le tavole del PAI che del PGRA l’area di intervento non è ricompresa in aree a pericolosità idraulica.
- Durante l’indagine geognostica eseguita nell’area di intervento non è stato intercettato **il livello statico della falda per le massime profondità indagate (10.0 m da p.c.)**
- Da un punto di vista litologico l’area di intervento ricade nella sua porzione nord-orientale entro le sabbie e sabbie argillose a volte con livelli arenacei che costituiscono l’unità della Fossa Bradanica e nella sua porzione occidentale entro i depositi terrazzati Pleistocenici sull’alveo attuale dell’Ofanto con ghiaie e argille nerastre.
- Il comune di Ascoli Satriano è attualmente classificato in zona sismica 1.
- Sulla base delle indagini sismiche eseguite la categoria di appartenenza del litotipo equivalente è la **C**: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
- Il DM 17.01.2018 (paragrafo 7.11.3.4) e precedente Circolare esplicativa n. 617/2009 (paragrafo C7.11.3.4) impongono che sia valutata la stabilità nei confronti della liquefazione. Detta valutazione è stata eseguita con metodi semiempirici di cui **al paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC** che escludono per il sito in questione il fenomeno della liquefazione in quanto:
 - **elevata presenza, nel fuso granulometrico, di terreni a componente fine (limi e argille).**
- Per quanto attiene la gestione dei materiali di scavo cd Terre e rocce da scavo si rimanda alla normativa vigente ed a quanto riportato nel cap. 9.
- Come si evince dalle stratigrafie delle prove allegate per tutta l’area nelle massime profondità investigate sono presenti depositi alluvionali prevalentemente sabbioso limosi e argillosi, talvolta inglobanti pezzame

Report di indagine geognostica e sismica

lapideo, moderatamente addensati. Le caratteristiche geotecniche dei depositi più superficiali sono variabili in relazione alla percentuale di pezzame lapideo inglobato ma nel complesso si può considerare l'area litologicamente omogenea sia arealmente che per quanto concerne la distribuzione litostratigrafica verticale, salvo le compensazioni sulla base della quota topografica.

I litotipi sono associabili a terreni sabbiosi incoerenti con matrice fine (limo-argilla); si ritiene che i risultati dell'indagine, siano sufficientemente rappresentativi delle caratteristiche litologico - geotecniche del terreno indagato.

Dalle considerazioni esposte nei paragrafi precedenti e dall'esame delle condizioni geomorfologiche, geologiche dell'area e dei depositi indagati con indagine in sito, si può dedurre che le caratteristiche dell'area in oggetto appaiono compatibili con la destinazione d'uso prevista, adottando le prescrizioni sin qui esposte.

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza ai contenuti del DM 17.01.2018 e contempla i requisiti urbanistici e normativi di rilevanza geologica ivi prescritti, costituendo documento idoneo per il rilascio della concessione edilizia sulla base del progetto di costruzione ad esso allegato.

A disposizione per ulteriori approfondimenti e chiarimenti, si coglie l'occasione per porgere cordiali saluti.

ALLEGATI