

REGIONE: PUGLIA

PROVINCIA: BAT

COMUNE: SPINAZZOLA

ELABORATO:

**RGEOT  
01**

OGGETTO:

**IMPIANTO FOTOVOLTAICO DA 99,418 MWP  
PROGETTO DEFINITIVO  
RELAZIONE GEOTECNICA**

PROPONENTE:

**FRV ALISEI SOCIETA' A RESPONSABILITA'  
LIMITATA**Via Assarotti,7  
10122 Torino (TO)  
frvalisei@pec.itDocuSigned by:  
  
A368684FD1C04C6...**Dott. geol. Luigi Buttiglione**Ordine Geologi puglia n.244  
Via Generale Dalla Chiesa16/b  
70124 Bari[PEC: studiobuttiglione@pec.epap.it](mailto:studiobuttiglione@pec.epap.it)

Dott. geol. Luigi Buttiglione


Note:

Febbraio 2023	1	Revisione	Dott. Luigi Buttiglione	Dott. Luigi Buttiglione
Giugno 2021	0	Emissione	Dott. Luigi Buttiglione	Dott. Luigi Buttiglione
<b>DATA</b>	<b>REV</b>	<b>DESCRIZIONE</b>	<b>ELABORATO da:</b>	<b>APPROVATO da:</b>

PROPRIETÀ ESCLUSIVA DELLE SOCIETÀ SOPRA INDICATE,  
UTILIZZO E DUPLICAZIONE VIETATE SENZA AUTORIZZAZIONE SCRITTA

## Sommario

<b>1</b>	<b>INQUADRAMENTO MORFOLOGICO E GEOLOGICO GENERALE.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO MORFOLOGICO E GEOLOGICO DI DETTAGLIO DELL'AREA.....</b>	<b>9</b>
2.1	ASPETTI MORFOLOGICI.....	9
2.2	ASSETTO GEOLOGICO E STRATIGRAFICO.....	9
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO IDROLOGICO ED IDROGEOLOGICO .....</b>	<b>12</b>
3.1	CIRCOLAZIONE IDRICA DI SUPERFICIE .....	12
3.2	CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA.....	13
	<i>POTENZIALE INTERAZIONE CON ACQUIFERO "MURGIA BRADANICA" .....</i>	<i>15</i>
<b>4</b>	<b>PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE .....</b>	<b>18</b>
<b>5</b>	<b>AZIONE SISMICA LOCALE .....</b>	<b>24</b>
<b>6</b>	<b>PRINCIPALI CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI .....</b>	<b>28</b>
6.1	PARAMETRI GEOTECNICI DA INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE .....	28
6.2	PRAMETRI GEOTECNICI DA INDAGINI PREGRESSE .....	30
<b>7</b>	<b>VALUTAZIONI EX ART.4 QUATER NTA P.A.I. BASILICATA.....</b>	<b>33</b>

## Allegati

Ubicazione Impianto in scala 1:25.000

Carta Litologica scala 1:25.000

Report indagini geosismiche

## 1.Premessa

FRV ALISEI s.r.l., con sede in Torino in Via Assarotti 7, ha in progetto la realizzazione di un impianto fotovoltaico da 99,418MWp in agro di Spinazzola (BAT).

Al riguardo, lo scrivente ha ricevuto l'incarico per la redazione della relazione geotecnica per il progetto definitivo.

Per l'espletamento dell'incarico ricevuto, lo scrivente ha eseguito una serie di studi e di indagini comprendenti:

- raccolta dei dati contenuti nella bibliografia geologica e geologico-tecnica;
- esecuzione di un rilevamento geologico di superficie dell'area d'intervento.
- esecuzione di indagine geosismica.

L'insieme dei dati desunti dalle fonti bibliografiche e da rilievi di superficie sono stati integrati con i dati rivenienti da prospezioni geofisiche, eseguite dallo scrivente nel medesimo contesto territoriale, al fine anche della caratterizzazione sismica dell'area, ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018.

Nel corso della presente relazione, tenendo conto delle richieste di integrazione formulate dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino meridionale con nota n.2022/34726 del 20/12/2022 e con l'ausilio degli elaborati grafici allegati, si sintetizzeranno gli esiti delle indagini e degli studi condotti al fine della caratterizzazione geologica, geotecnica e sismica del sottosuolo dell'area di intervento.

## **1 INQUADRAMENTO MORFOLOGICO E GEOLOGICO GENERALE**

L'area d'intervento è ubicata ad Est del centro abitato di Spinazzola.

La porzione di territorio prescelta per la realizzazione dell'impianto ricade in un ambito morfologico il cui assetto è condizionato dalla natura dei terreni affioranti, costituiti in prevalenza da depositi sciolti variamente coesi e/o argillosi. Le forme del rilievo, con particolare riferimento all'acclività dei versanti, risultano pertanto variabili a seconda dello stato di aggregazione e della stabilità dei terreni.

In linea generale l'andamento geomorfologico si caratterizza per l'alternanza di vaste aree pianeggianti ad assetto tabulare, attraversate da solchi erosivi con versanti molto ampi e variamente acclivi. L'assetto subpianeggiante delle aree di cresta è legato ai processi di modellamento avvenuti durante la fase di colmamento del bacino di sedimentazione. L'azione degli agenti erosivi, con particolare riferimento agli effetti del modellamento dovuti allo scorrimento delle acque superficiali, ha inciso profondamente sul territorio, generando avvallamenti con versanti a pendenza variabile a seconda dei litotipi affioranti. Forme locali di dissesto di modeste dimensioni interessano le parti sommitali dei versanti, laddove affiorano terreni più schiettamente sabbiosi.

Dal punto di vista geologico l'unità geostrutturale costituita dall'"Avanfossa bradanica", lungo il margine della quale ricade l'area d'intervento, si contraddistingue per l'affioramento di terreni che, nell'insieme, costituiscono la successione regressiva di colmamento del bacino di sedimentazione attivo dal Pliocene sino al Pleistocene, tra la Catena Appenninica e l'Avampaese Murgiano.

Tale successione è costituita da un'unità argillosa di base, di età Plio-Pleistocenica, spesso alcune centinaia di metri nella parte centrale del bacino e più sottile nelle zone di margine. Sull'unità argillosa di base poggiano, in continuità di sedimentazione, terreni sabbiosi con frequenti intercalazioni conglomeratiche, di spessore variabile ma non superiore a cento m. Il ciclo regressivo è chiuso da un'unità conglomeratica di origine continentale, con spessore oscillante intorno ad alcune decine di metri.

Lungo l'alveo e sulle sponde dei principali corsi d'acqua presenti in zona si rinvengono depositi alluvionali terrazzati di origine fluvio-lacustre costituiti da conglomerati poligenici, limi e sabbie.

Alla descrizione generale della geologia dell'area (Fig.1) possono, con maggiore dettaglio, riferirsi le unità litostratigrafiche di seguito indicate in successione.

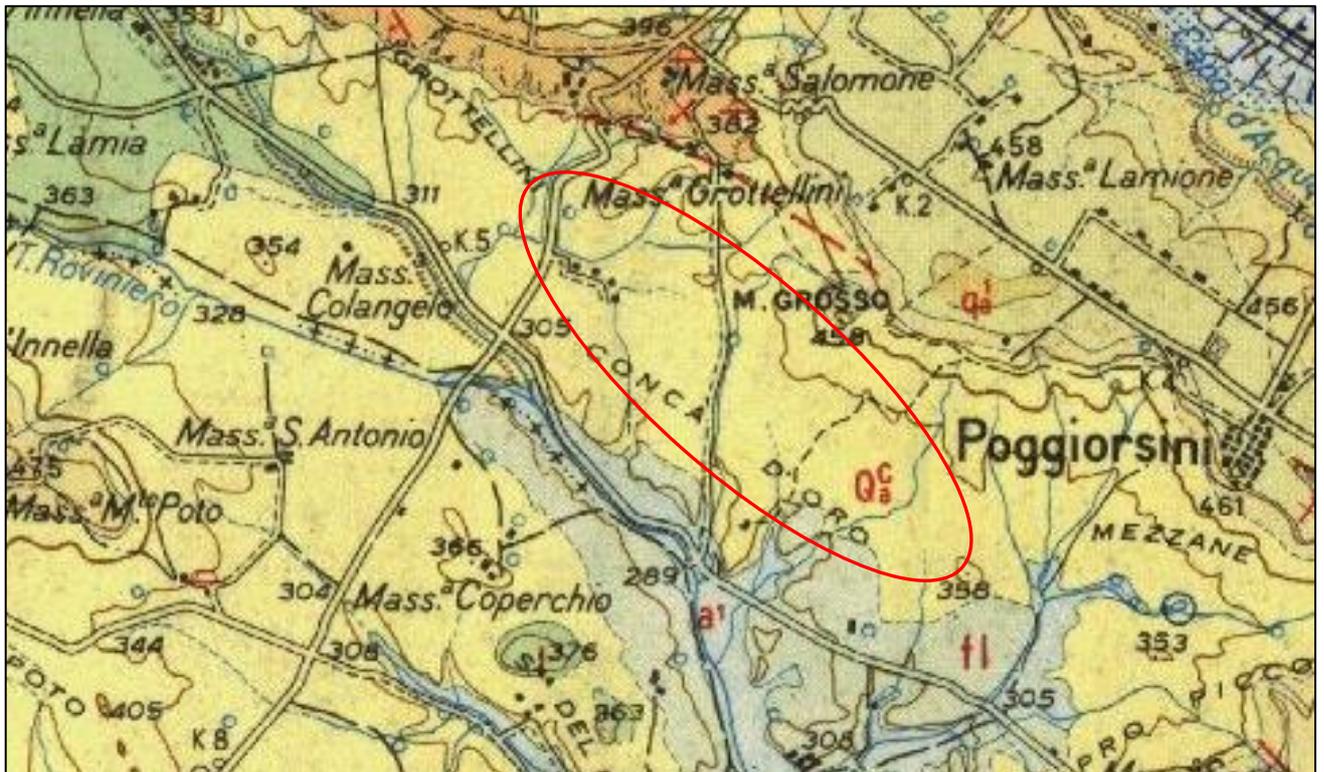


Figura 1: stralcio del Foglio n.188 "Gravina" della Carta Geologica d'Italia. In rosso il perimetro approssimativo dell'area oggetto di studio.

### Argille subappennine

Costituiscono l'unità argillosa di base della successione regressiva precedentemente descritta.

Affiorano estesamente nell'area oggetto di studio, costituendo prevalentemente la parte medio-bassa dei versanti e degli avallamenti.

Sono costituite da argille ed argille marnose di colore grigio-azzurro con frequenti intercalazioni di lenti sabbiose e sabbioso-limose, presenti soprattutto nella parte sommitale della formazione.

A letto, lungo il margine murgiano dell' "Avanfossa", le "Argille subappennine" poggiano su unità calcarenitiche, mentre a tetto, nell'ambito dell'area studiata, passano per alternanze ed in continuità di sedimentazione, a depositi sabbiosi.

Lo spessore delle "Argille subappennine" varia a seconda della distanza dai margini del bacino di Avanfossa, raggiungendo un massimo di alcune centinaia di metri nella zona vicina al depocentro.

L'età della formazione viene fatta risalire al Pliocene superiore-basso Pleistocene, periodi durante i quali si depose in ambiente marino neritico.

### Sabbie di Monte Marano

Sono costituite da sabbie quarzose calcaree debolmente cementate, di colore prevalentemente giallastro, con frequenti lenti conglomeratiche ed intercalazioni calcarenitiche, presenti maggiormente nella parte alta della formazione.

Nell'area in esame affiorano cospicuamente, costituendo la parte alta dei versanti e le superfici di cresta dei rilievi.

A letto poggiano sull'unità argillosa di base mentre a tetto passano, in continuità di sedimentazione e per alternanze, all'unità conglomeratica di chiusura del ciclo regressivo.

Lo spessore dell'unità non supera i cento metri.

L'età delle "Sabbie di Monte Marano" è ascrivibile al Pleistocene medio-inferiore, durante il quale si deposero in ambiente marino litorale.

### Conglomerato di Irsina

Tale formazione costituisce l'unità di chiusura del ciclo regressivo che portò al colmamento del bacino bradanico.

Il "Conglomerato di Irsina" si rinviene in affioramento nelle zone di cresta dei rilievi tabulari dell'area di Avanfossa.

È costituito da ciottoli arrotondati poligenici con abbondante matrice sabbiosa. Frequenti risultano le intercalazioni di lenti sabbiose soprattutto nella parte bassa della formazione.

A letto il "Conglomerato di Irsina" poggia sulle "Sabbie di Monte Marano". Lo spessore formazionale, alquanto variabile da luogo a luogo, raggiunge al massimo alcune decine di metri.

La deposizione dell'unità conglomeratica è avvenuta durante il Pleistocene medio superiore in ambiente prevalentemente continentale.

### Depositi alluvionali terrazzati

Tale unità non fa parte del ciclo regressivo di colmamento della "Fossa Bradanica".

Sono costituiti in prevalenza da conglomerati con alternanze di sabbie, argille e siltiti di origine lacustre. In particolare i ciottoli delle facies conglomeratiche derivano in parte dal disfacimento del

*Dott. geol. Luigi Buttiglione*

“Conglomerato di Irsina”, ed in parte traggono origine da frammenti di rocce vulcaniche provenienti dall’area del Vulture.

Poggiano direttamente ed in discordanza sulle unità in precedenza descritte, raggiungendo uno spessore massimo di circa 10 m.

### Depositi alluvionali attuali

Si rinvencono lungo l’alveo e le sponde dei principali corsi d’acqua presenti nella zona in esame.

Sono costituiti da depositi siltosi più o meno argillosi con intercalazioni conglomeratiche.

La morfologia terrazzata di queste alluvioni non sempre è distinguibile sul terreno.

L’età di questa unità è ascrivibile all’Olocene.

---

## **2 INQUADRAMENTO MORFOLOGICO E GEOLOGICO DI DETTAGLIO DELL'AREA**

### 2.1 ASPETTI MORFOLOGICI

---

Al piede della scarpata che delimita a Sud l'altipiano murgiano, si estende un'area di piana alluvionale con piano campagna disposto intorno alla quota media di 350 m s.l.m, all'interno della quale è ubicato il lotto dell'impianto in progetto.

Avvallamenti con versanti debolmente acclivi e maggiormente incisi nella zona di scarpata solcano l'area oggetto di studio. Nell'ambito dell'area di intervento non rilevano evidenze di fenomeni di instabilità geomorfologica potenziali o in atto.

### 2.2 ASSETTO GEOLOGICO E STRATIGRAFICO

---

Come descritto in precedenza, le aree di impianto ricadono nel contesto geologico dell'area di margine dell'Avanfossa Bradanica. La scarpata dell'altipiano delle Murge dista infatti pochi Km più a Nord.

L'assetto stratigrafico dell'area è caratterizzato dalla presenza di un'unità geologica di base costituita da argille ed argille limose e marnose grigio azzurre, compatte e sovraconsolidate. Tale unità costituisce l'unità basale del ciclo regressivo di colmamento del bacino dell'Avanfossa. Su tale substrato poggiano, in continuità di sedimentazione, depositi sabbiosi con intercalazioni calcarenitiche. Sulle unità bradaniche si rinvencono terreni di origine alluvionale terrazzati, sabbioso-ghiaiosi e limosi. Lungo l'alveo dei principali corsi d'acqua esistenti in zona, affiorano alluvioni recenti ed attuali.

Le unità appena indicate, vengono di seguito descritte in successione.

#### Argille subapennine

Si tratta di argille marnose grigio-azzurre con intercalazioni limoso-sabbiose che aumentano nella parte alta della formazione.

Tale unità costituisce parte del sottosuolo dell'area del sito occidentale dell'impianto di progetto.

Nell'ambito dell'area oggetto di studio il letto della formazione non affiora. Nelle zone di margine bradanico, come quella in esame, l'unità poggia su formazioni calcarenitiche pleistoceniche.

A tetto, nell'ambito della zona studiata, le "Argille subappennine" passano in continuità di sedimentazione e per alternanze a da depositi sabbiosi riferibili all'unità "della Sabbie di Monte Marano".

Lo spessore della formazione argillosa è elevato e raggiunge presso il depocentro i 600 m circa.

L'età della Argille subappennine, nella porzione affiorante, è riferibile al Pleistocene medio-inferiore, durante il quale si deposero in ambiente marino neritico.

#### Sabbie di Monte Marano

Sono costituite da sabbie quarzose calcaree debolmente cementate, di colore prevalentemente giallastro, con frequenti lenti conglomeratiche presenti maggiormente nella parte alta della formazione. Localmente, sempre nella porzione superiore dell'unità, si rinvengono intercalazioni di calcareniti compatte e ben cementate, più frequenti nella zona orientale dell'area d'intervento.

Nell'area in esame affiorano cospicuamente, costituendo la parte medio alta dei versanti e le superfici di cresta dei rilievi. Esse si rinvengono in affioramento nel lotto orientale dell'impianto in progetto ed in parte di quello occidentale

A letto poggiano sull'unità argillosa di base mentre a tetto passano, in continuità di sedimentazione e per alternanze, all'unità conglomeratica di chiusura del ciclo regressivo non affiorante in zona.

Lo spessore dell'unità non supera i cento metri.

L'età delle "Sabbie di Monte Marano" è ascrivibile al Pleistocene medio-inferiore, durante il quale si deposero in ambiente marino litorale.

#### Depositi alluvionali terrazzati

Formano vasti terrazzamenti disposti secondo più ordini, digradanti in quota verso Est.

Sono costituiti da sabbie e ciottoli variamente alternati, di spessore non superiore a 20 m.

#### Depositi alluvionali attuali

Affiorano limitatamente alle aree di pertinenza e contermini agli alvei delle principali linee di deflusso delle acque superficiali. Si tratta di terreni sabbiosi e ciottolosi con intercalazioni limose, di esiguo spessore.

L'assetto geologico dell'area è riportato nella carta ad indirizzo litologico in scala 1:25.000 contenuta nell'allegato n.2.

---

### 3 INQUADRAMENTO IDROLOGICO ED IDROGEOLOGICO

#### 3.1 CIRCOLAZIONE IDRICA DI SUPERFICIE

La circolazione idrica di superficie dell'area in esame si sviluppa in alcune linee di deflusso a regime torrentizio.

Si tratta di corsi d'acqua caratterizzati da un regime idraulico segnato da prolungati periodi di magra o di secca, interrotti da improvvisi eventi di piena corrispondenti o immediatamente successivi agli eventi meteorici più cospicui.

Sulla base del più recente aggiornamento cartografico, il P.A.I. di riferimento (ex Autorità di Bacino della Basilicata) non individua nell'area di intervento aree caratterizzate da pericolosità idraulica per Tr 30, 200 e 500 anni (frequenza di inondazione alta, media e moderata ex art.7 NTA P.A.I Basilicata).



Figura 2: ortofoto stralcio P.A.I. Basilicata.

Le aree di impianto non ricadono tra quelle caratterizzate da pericolosità geomorfologica associata alla presenza di frane così come definite dal P.A.I Basilicata vigente. Alcune aree definite a

rischio frana basso e moderato si rinvengono all'esterno e verso Sud dell'area di intervento, come riportato nella figura seguente.

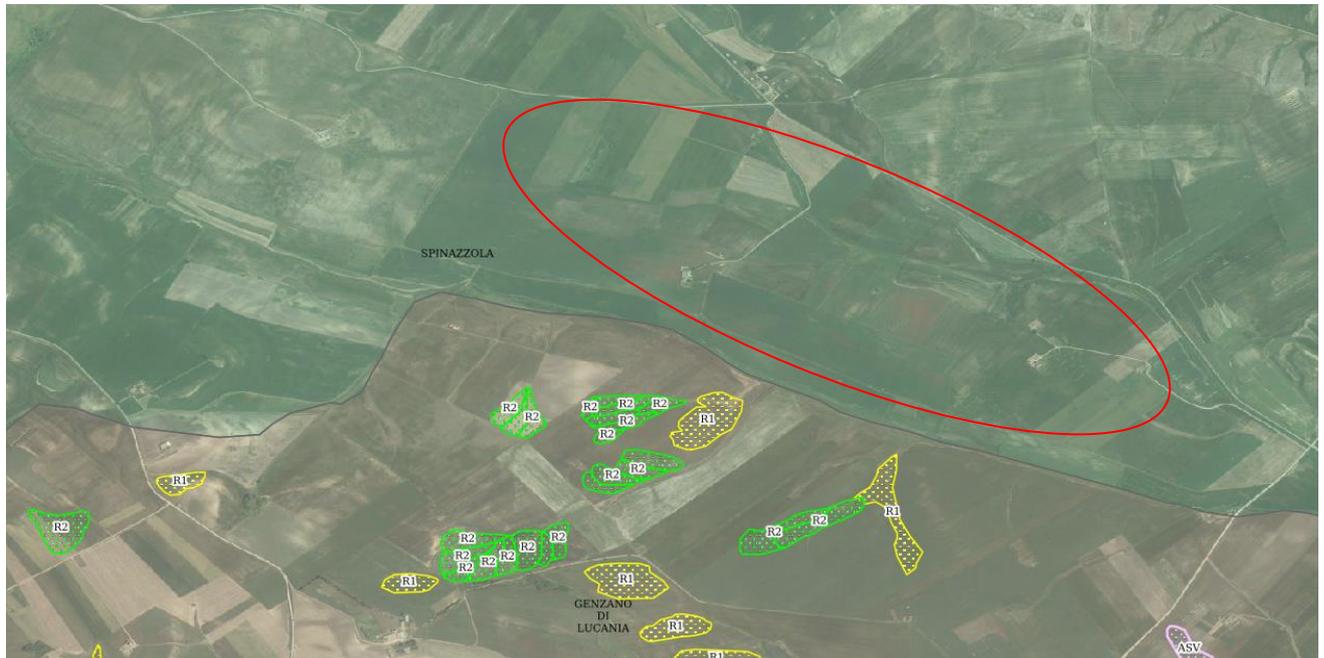


Figura 3: ortofoto stralcio PAI. Rischio frane.

### 3.2 CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA

Per ciò che attiene la circolazione idrica sotterranea, è necessario distinguere i terreni affioranti nella zona oggetto di studio in base al loro grado di permeabilità come di seguito descritto:

#### *Terreni impermeabili*

Sono costituiti dalla formazione delle “Argille subappennine”.

Tale unità costituisce la superficie di fondo definita e fissa delle acque circolanti nelle formazioni sovrastanti nella successione regressiva bradanica.

#### *Terreni a permeabilità variabile*

Sono costituiti dall'unità delle “Sabbie di Monte Marano”, dotate nell'insieme di una permeabilità primaria per porosità di grado estremamente variabile da luogo a luogo, sia verticalmente che

lateralmente, per la presenza di frequenti intercalazioni limo-sabbiose.

Nell'unità sabbiosa ha sede una falda idrica sotterranea, con superficie di fondo definita e fissa costituita dal tetto dell'unità argillosa di base. Le acque circolano nelle sabbie a pelo libero con la superficie piezometrica disposta a quote non uniformi per la presenza già indicata di intercalazioni più schiettamente limose che ne interrompono la continuità.

La superficie di equilibrio della falda è interessata da importanti oscillazioni di quota stagionali, legate agli apporti meteorici.

Nell'area in esame le acque dell'acquifero descritto vengono intercettate con pozzi poco profondi. In corrispondenza del contatto stratigrafico tra le sabbie e le sottostanti argille si rinvencono scaturigini diffuse (sorgenti di strato) che localmente vengono intercettate e convogliate in un unico punto di sbocco.

Nell'insieme la falda presente nelle "Sabbie di Monte Marano", sebbene non particolarmente ricca oltre che discontinua a causa delle variazioni litologiche dell'acquifero, costituisce una delle principali fonti di approvvigionamento idrico della zona, soprattutto per quanto riguarda l'attività agricola.

#### *Terreni ad alta permeabilità*

Sono costituiti dai depositi alluvionali terrazzati, ciottolosi e sabbiosi. Tale formazione è dotata di un'alta permeabilità di tipo primario. Localmente si verificano condizioni favorevoli alla formazione di piccole falde idriche sotterranee contenute nella formazione conglomeratica. Tali falde, presenti durante o immediatamente dopo le stagioni più piovose, sono utilizzate per alimentare piccoli insediamenti agricoli attraverso la realizzazione di pozzi-cisterna o di bottini di presa.

Nell'ambito dei siti di intervento affiorano prevalentemente i terreni dell'unità delle "Sabbie di Monte Marano" e quelli riferibili alle "Argille subappennine".

Per ciò che attiene alle problematiche esecutive dell'intervento in progetto, con particolare riferimento alle strutture fondali, si ritiene che:

- nelle aree di affioramento dei terreni sabbiosi la profondità della superficie piezometrica della falda, laddove gli impianti saranno realizzati nelle zone di cresta dei rilievi, garantirà l'esistenza di un franco insaturo all'interno del quale attestare le opere fondali. Tale franco tenderà a diminuire in prossimità del contatto stratigrafico con la sottostante unità argillosa. Tale contatto costituisce il livello di base delle falde esistenti nei terreni sabbiosi.
- nelle aree di affioramento dei terreni argillosi non è da escludere la presenza di acque di ritenzione nella porzione sommitale della formazione, dove sono presenti orizzonti limosi con debole contenuto sabbioso.

Tali indicazioni dovranno trovare più precisa conferma in fase di esecuzione delle indagini geognostiche per la stesura del progetto esecutivo.

*POTENZIALE INTERAZIONE CON ACQUIFERO "MURGIA BRADANICA"*

Il Piano di Gestione delle Acque del Distretto Idrografico dell'Appennino meridionale (PGA), individua nel settore a Nord dell'area di intervento la presenza dell'acquifero di estensione regionale di tipo A denominato "Murgia Bradanica".

L'idrostruttura della "Murgia Bradanica" come indicato appartiene al "Sistema Acquifero di Tipo A – carbonatico", in quanto risulta costituita per la sua interezza dal complesso calcareo, contraddistinto da elevata permeabilità per fratturazione e per carsismo. La porzione orientale dell'idrostruttura appartiene alla regione Puglia, mentre la porzione occidentale appartiene alla regione Basilicata (circa il 31%). Ricade all'interno dei bacini dei fiumi Bradano, Lato e Lenne. L'acquifero carbonatico riceve alimentazione mediante travasi idrici sotterranei dall'acquifero delle Murge. Al di sopra della formazione di base è presente una copertura argillosa, che fa sì che le acque di falda circolino in pressione fino al recapito a mare, dove una discontinuità tettonica ha innalzato il substrato e l'acquifero carbonatico da origine ad emergenze sorgive (gruppo delle sorgenti Tara ubicate a nord-ovest di Taranto, utilizzate a scopo industriale ed agricolo).

La cartografia del P.T.A. inerente i carichi idraulici dell'acquifero carbonatico dispone la superficie piezometrica, al di sotto dell'area di intervento, alla quota di 30 m ca s.l.m., corrispondente ad una profondità di m 320 dal piano campagna dell'area di intervento.

Pertanto, considerando la quota piezometrica, la profondità di circolazione delle acque nell'acquifero carbonatico di base e l'esistenza della potente coltre di copertura plio-pleistoceniche che ricopre il basamento calcareo, è possibile definire come nulla la potenziale interferenza tra le opere a farsi e la circolazione idrica sotterranea che caratterizza l'acquifero "Murgia bradanica".

Dott. geol. Luigi Buttiglione

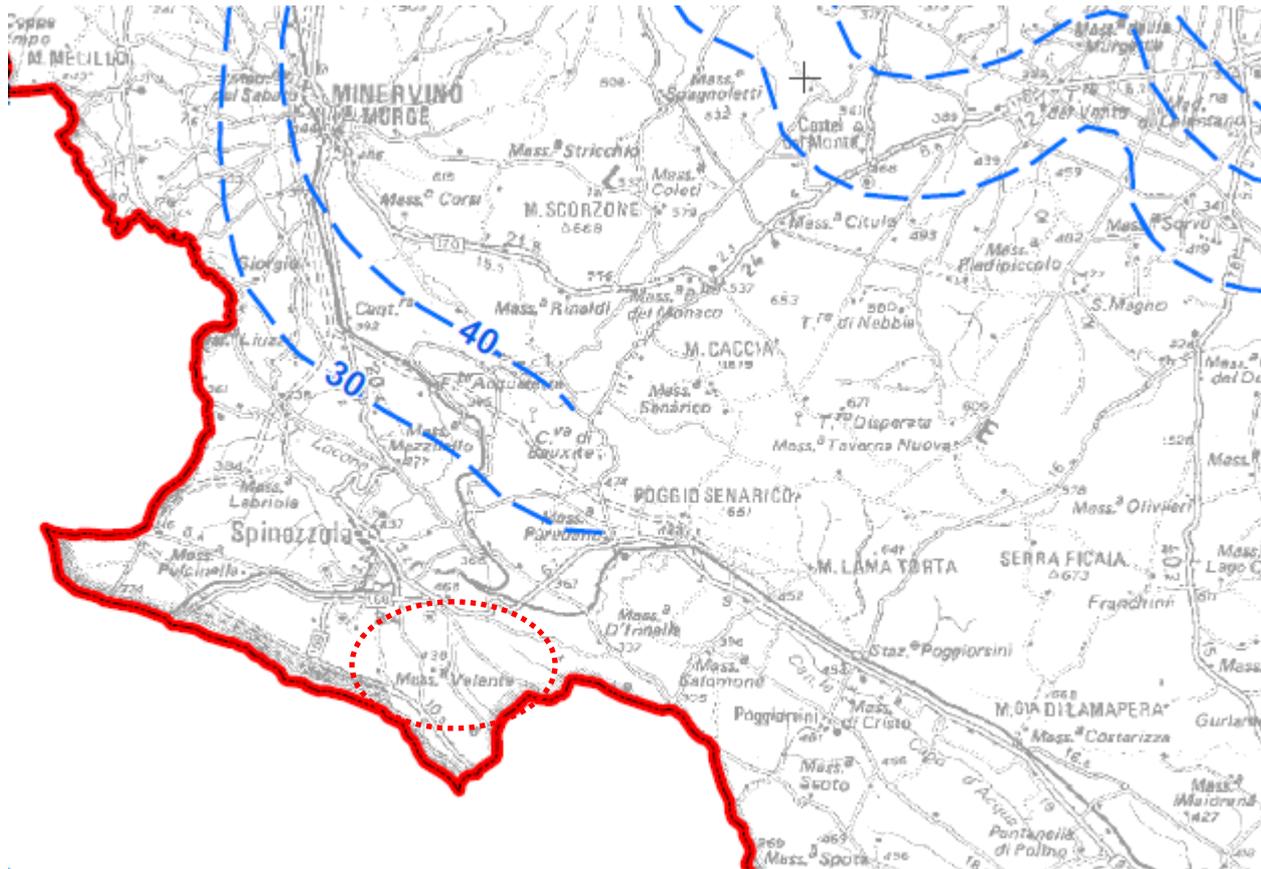


Figura 4: stralcio carta carichi idraulici acquifero carbonatico - PTA.

#### 4 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La sismicità storica dell'area in esame è stata ricostruita esaminando i dati macrosismici forniti dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

L'ultima versione del Database Macrosismico Italiano (DBMI15), è stata rilasciata a luglio 2016 ed aggiorna e sostituisce la precedente DBMI11(Locati et al., 2011). Essa fornisce un set di dati di intensità macrosismica relativo ai terremoti italiani nella finestra temporale 1000-2014.

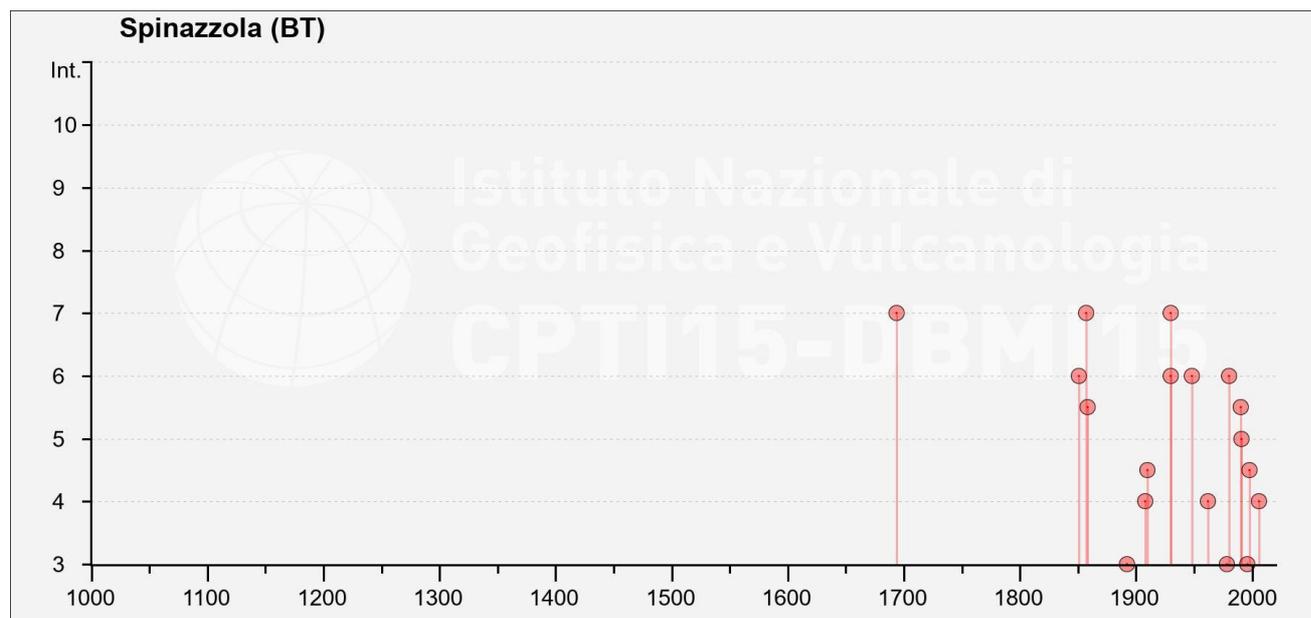
I dati provengono da studi di autori ed enti diversi, sia italiani che di paesi confinanti (Francia, Svizzera, Austria, Slovenia e Croazia).

Nella tabella seguente sono riportati gli eventi sismici per l'area d'interesse (Spinazzola) che hanno comportato effetti significativi nell'arco temporale dall'anno 1000 sino al 2014.

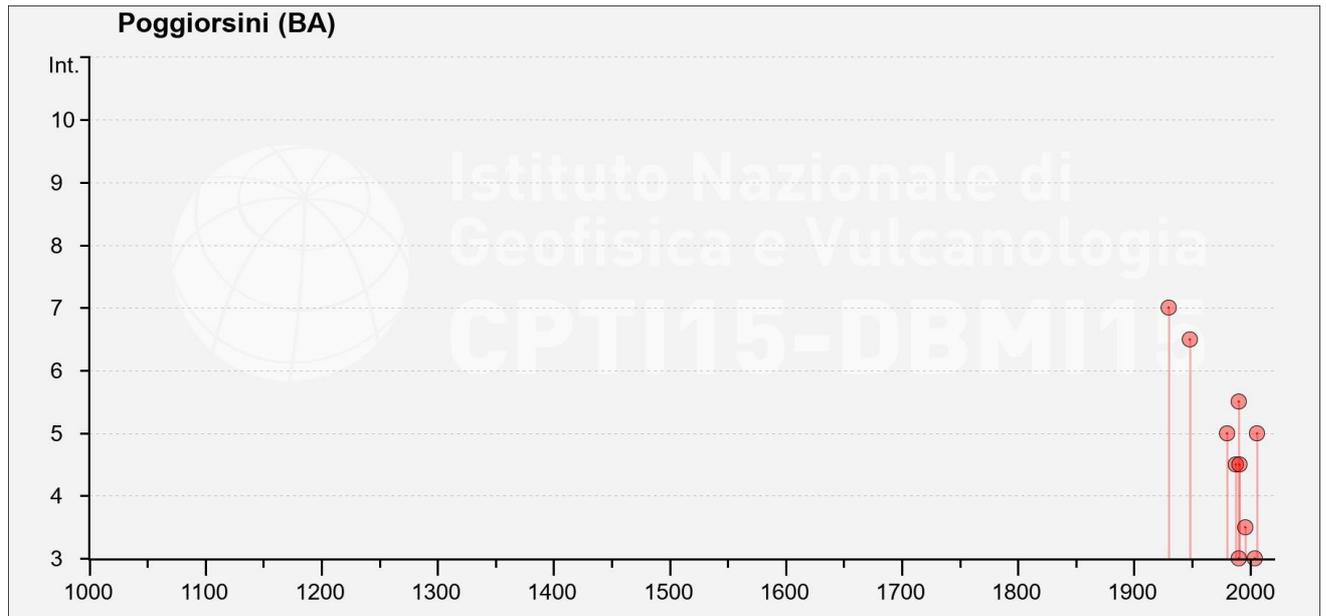
Int.	YearMo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
7	1694 09 08 11 40	Irpinia-Basilicata	251	10	6,73
6	1851 08 14 13 20	Vulture	103	10	6,52
7	1857 12 16 21 15	Basilicata	340	11	7,12
5-6	1858 05 24 09 20	Tavoliere delle Puglie	13	4-5	4,35
3	1892 06 06	Isole Tremiti	68	6	4,88
2	1893 08 10 20 52	Gargano	69	8	5,39
NF	1905 09 08 01 43	Calabria centrale	895	10-11	6,95
4	1908 12 28 04 20 27.00	Stretto di Messina	772	11	7,1
4-5	1910 06 07 02 04	Irpinia-Basilicata	376	8	5,76
2	1915 01 13 06 52 43.00	Marsica	1041	11	7,08
7	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6,67
6	1930 11 06 21 56	Alta Murgia	16	5	4,41
6	1948 08 18 21 12 20.00	Gargano	58	7-8	5,55
4	1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6,15
3	1978 09 24 08 07 44.00	Materano	121	6	4,75
6	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6,81
NF	1984 05 11 10 41 49.27	Monti della Meta	342	7	5,47
NF	1990 02 18 20 10 48.71	Adriatico centrale	46		4,24
5-6	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino	1375		5,77

Dott. geol. Luigi Buttiglione

NF	1990 08 28 19 02 52.35	Potentino	84		4,21
5	1991 05 26 12 25 59.42	Potentino	597	7	5,08
3	1996 04 03 13 04 34.98	Irpinia	557	6	4,9
4-5	1998 04 07 21 36 55.30	Valle dell'Ofanto	45	5	4,31
NF	1998 04 26 05 38 05.59	Potentino	67	4-5	3,76
NF	2002 04 18 20 56 48.67	Appennino lucano	164	5	4,34
NF	2004 09 03 00 04 12.75	Potentino	156	5	4,41
4	2006 05 29 02 20 06.26	Gargano	384		4,64



Int.	YearMo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
7	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6,67
6-7	1948 08 18 21 12 20.00	Gargano	58	7-8	5,55
5	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6,81
4-5	1988 04 26 00 53 43.83	Adriatico centrale	78		5,36
NF	1990 02 18 20 10 48.71	Adriatico centrale	46		4,24
5-6	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino	1375		5,77
3	1990 08 28 19 02 52.35	Potentino	84		4,21
4-5	1991 05 26 12 25 59.42	Potentino	597	7	5,08
NF	1994 01 05 13 24 11.37	Tirreno meridionale	148		5,82
3-4	1996 04 03 13 04 34.98	Irpinia	557	6	4,9
3	2004 09 03 00 04 12.75	Potentino	156	5	4,41
5	2006 05 29 02 20 06.26	Gargano	384		4,64



I dati inerenti gli eventi sismici successivi al 2014 sono stati ricavati dal database *ISIDE* dell'INGV, tenendo conto di un raggio di influenza di 100 km rispetto al sito oggetto di studio ed una magnitudo minima pari a 2 (vedi figura seguente).

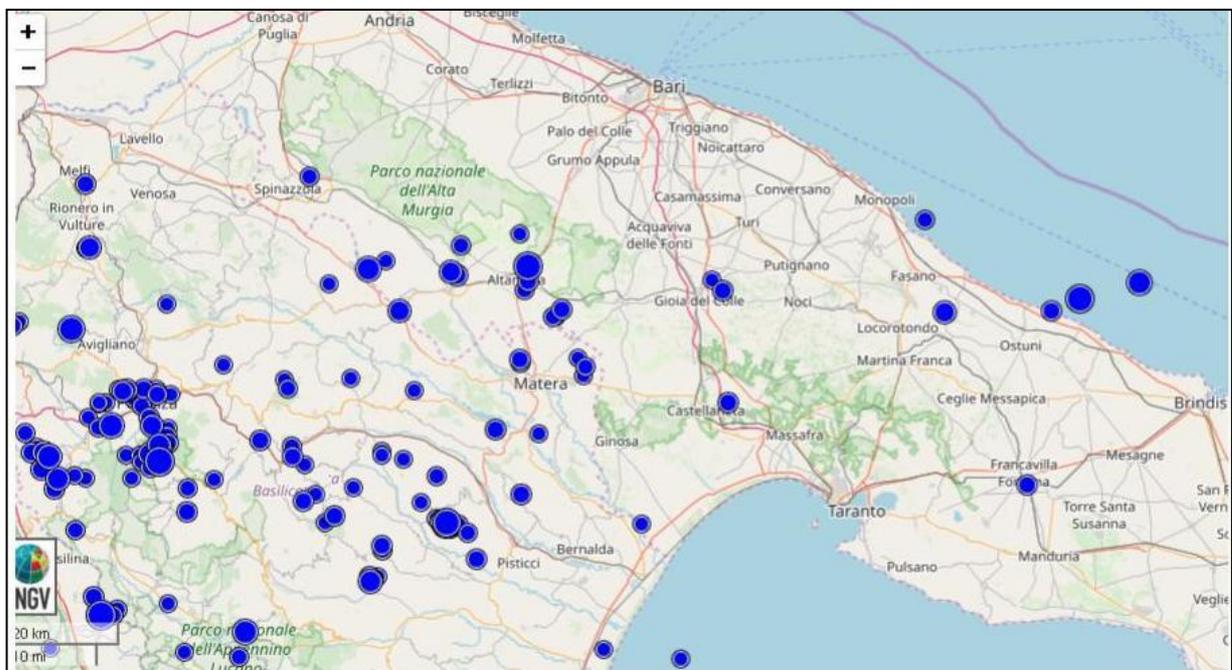


Figura 5: stralcio mappa *ISIDE*.

Gli eventi documentati hanno epicentri anche non distanti dall'area oggetto di studio.

Il database DISS3, messo a disposizione dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, identifica e caratterizza le sorgenti sismogenetiche sul territorio nazionale.

Tale sorgenti possono essere individuali (piani di faglia), o composite (ossia regioni allungate contenenti un certo numero di sorgenti allineate ma non identificabili singolarmente).

La sorgente sismogenetica più vicine all'area in esame è la seguente:

- “Rapolla - Spinazzola DISS ID ITCS089” distante 2.3 Km ad Nord-Ovest dall'area in esame . Si tratta di una sismozona, generata da un allineamento di faglia, caratterizzata da una magnitudo massima attesa ( $M_w$ ) pari a 6.3.

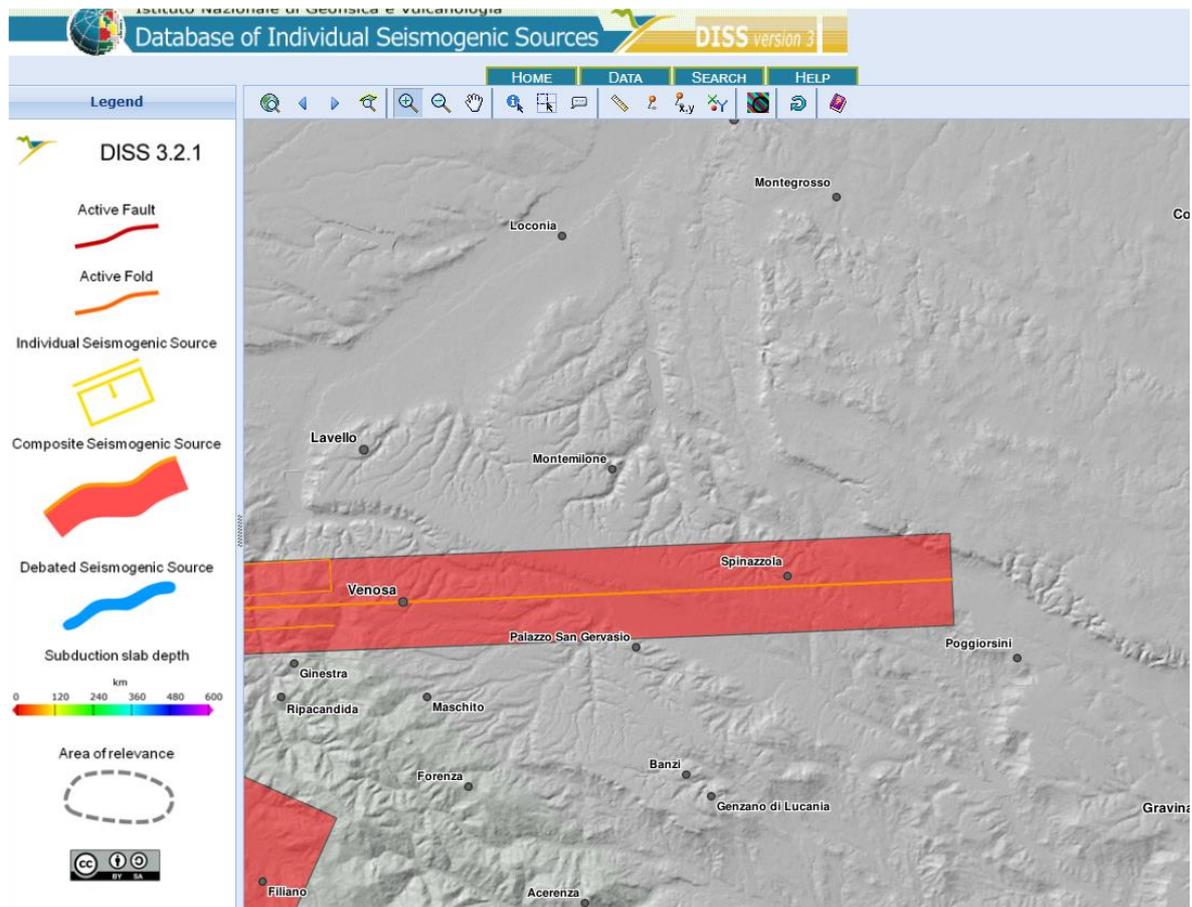


Figura 6: fonti sismogenetiche da DISS.

Utilizzando le mappe interattive di pericolosità sismica fornite da INGV (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>), nel nodo del reticolo di riferimento più prossimo all'area in esame, caratterizzato da un'accelerazione compresa tra 0.125 e 0.150, la magnitudo media attesa per eventi sismici con probabilità di superamento del 10% in 50 anni –  $Tr = 1000$  anni, è pari a 5.97Mw, ad una distanza di 23 km dall'area in esame (vedi figure seguenti).

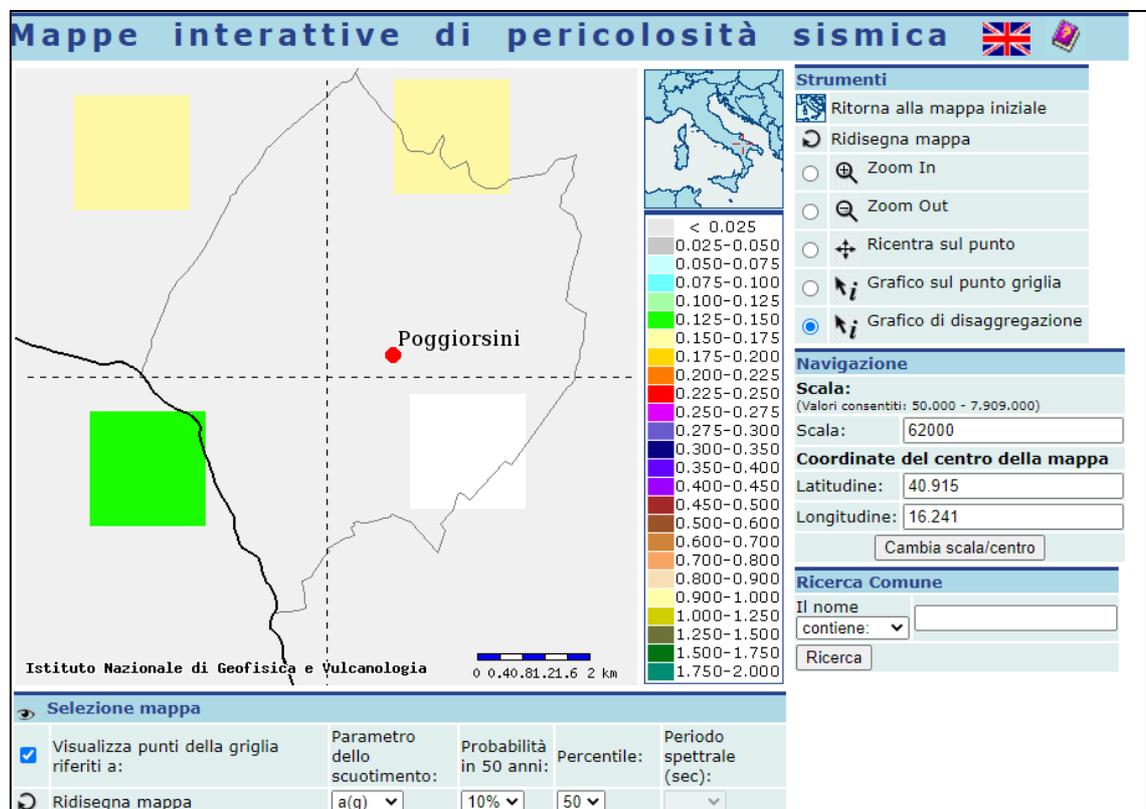


Figura 7: mappa di pericolosità sismica.

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 40.9009, lon: 16.2684, ID: 32787)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	1.570	4.610	4.880	4.280	3.210	2.120	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	1.100	4.480	6.990	8.680	8.810	7.480	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.069	0.937	2.570	4.350	5.700	6.410	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.061	0.806	1.810	2.670	3.800	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.096	0.599	1.120	1.940	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.111	0.512	1.130	0.528	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.424	1.250	1.100	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.176	0.863	0.932	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.035	0.400	0.502	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.166	0.262	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.063	0.148	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.083	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.045	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023	0.004	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.005	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.003	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.970	23.000	0.865

Figura 8: dati di pericolosità sismica.

La classificazione sismica del territorio nazionale, così come modificata dalla O.P.C.M. n.3274/03, inserisce il territorio in esame in **Zona 2 (Spinazzola)** Trattasi quindi di una porzione di territorio caratterizzata da una pericolosità sismica significativa.

## 5 AZIONE SISMICA LOCALE

Come, riportato nella relazione geologica, a seguito di specifiche indagini geosismiche, la categoria di sottosuolo di riferimento dell'area di progetto è risultata essere la "B" della seguente tabella ex D.M. 17/01/2018.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>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.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente 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 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Per ciò che attiene la classificazione delle condizioni topografiche secondo quanto previsto nella tabella 3.2.III delle NTC, poiché il sito è ubicato in area pianeggiante, l'area d'intervento può essere classificata come appartenente alla

### **categoria 'T1':**

*"Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ".*

L'azione sismica locale base viene definita utilizzando l'applicativo Geostru Plus.

Di seguito si riporta tabella identificativa dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento all'interno del quale ricade il sito e la loro distanza rispetto al punto in esame.

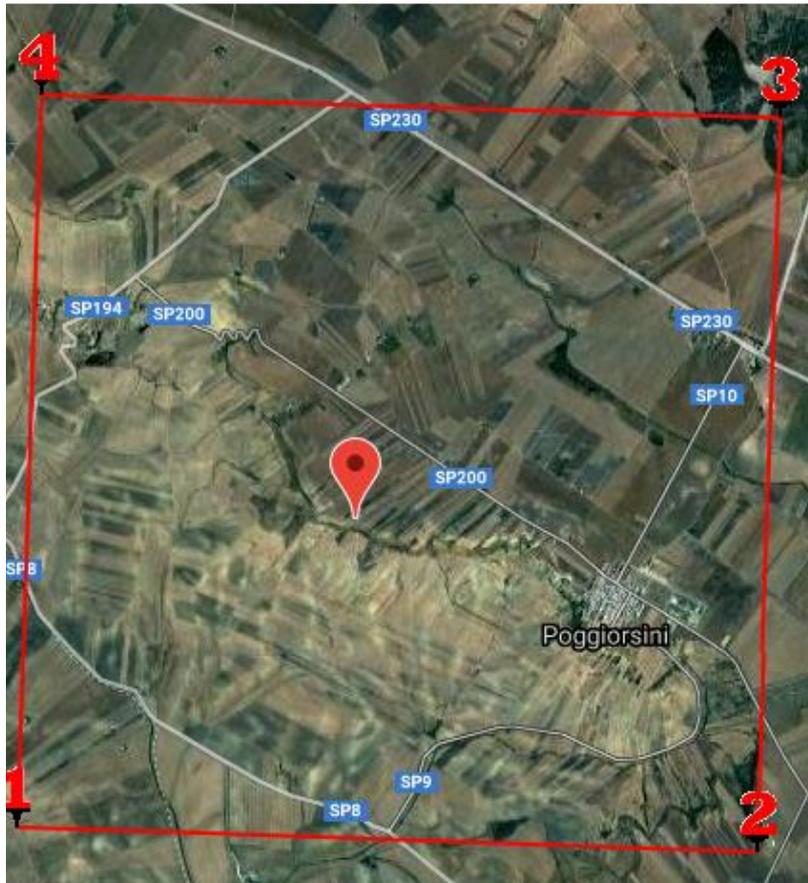


Figura 9: maglia elementare

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	32786	40,902530	16,202310	3453,4
Sito 2	32787	40,900920	16,268420	3928,3
Sito 3	32565	40,950890	16,270580	4409,0
Sito 4	32564	40,952510	16,204410	3992,6

Nella tabella seguente si riportano I dati di pericolosità sismica per Tr diversi da quelli previsti nelle NTC per I nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento.

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,039	2,543	0,272
Danno (SLD)	63	35	0,042	2,541	0,282
Salvaguardia della vita (SLV)	10	332	0,120	2,539	0,406
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	682	0,167	2,517	0,423

Dott. geol. Luigi Buttiglione

**Pericolosità sismica di sito****Classe edificio: I****Coefficiente di smorzamento viscoso: 5%****Fattore di alterazione dello spettro elastico: 1****Categoria sottosuolo: B****Classe topografica: T1****Coefficienti sismici stabilità dei pendii e fondazioni**

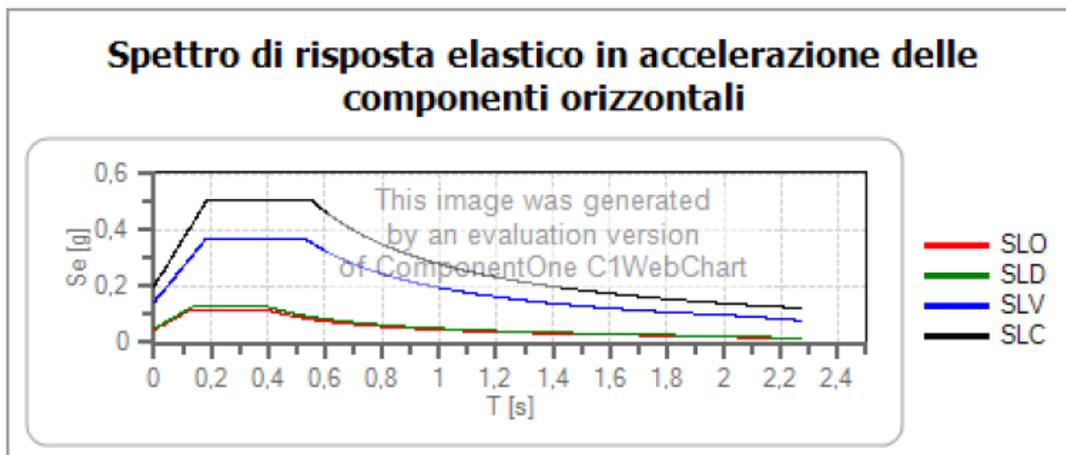
	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]
SLO	1,200	1,430	1,000	0,009	0,005	0,454	0,200

SLD	1,200	1,420	1,000	0,010	0,005	0,489	0,200
SLV	1,200	1,320	1,000	0,035	0,017	1,411	0,240
SLC	1,200	1,310	1,000	0,048	0,024	1,969	0,240

**Spettri di risposta****Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali**

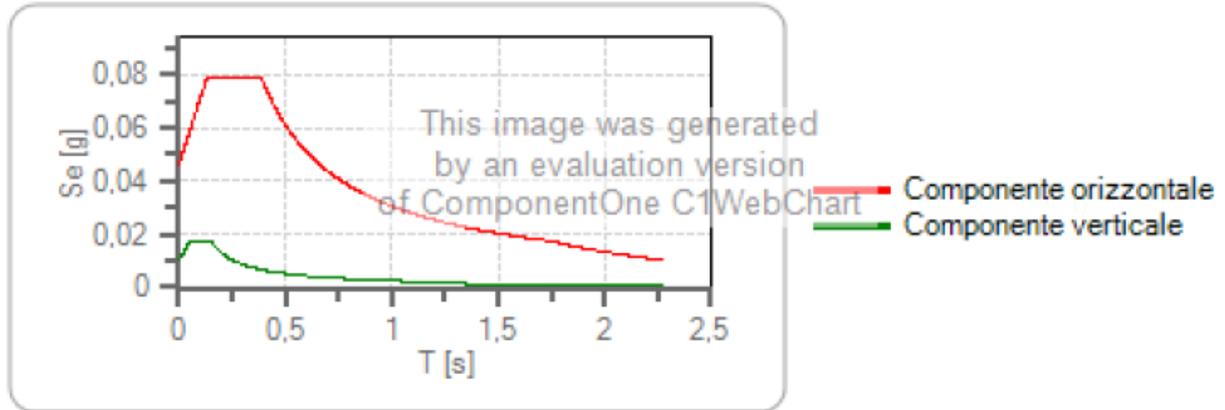
Coefficiente di smorzamento viscoso = 5 %

Fattore che altera lo spettro elastico = 1,000



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	0,7	0,039	2,543	0,272	1,200	1,430	1,000	1,200	1,000	0,130	0,389	1,754
SLD	0,7	0,042	2,541	0,282	1,200	1,420	1,000	1,200	1,000	0,134	0,401	1,766
SLV	0,7	0,120	2,539	0,406	1,200	1,320	1,000	1,200	1,000	0,179	0,536	2,079
SLC	0,7	0,167	2,517	0,423	1,200	1,310	1,000	1,200	1,000	0,185	0,554	2,269

## Spettri di progetto per lo stato limite: SLO



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO orizzontale	0,7	0,039	2,543	0,272	1,200	1,430	1,000	1,200	1,500	0,130	0,389	1,754
SLO verticale	0,7	0,039	2,543	0,272	1,200	1,430	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

## **6 PRINCIPALI CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI**

### **6.1 PARAMETRI GEOTECNICI DA INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE**

---

Dalle velocità sismiche, ricavate dall'indagine a rifrazione superficiale classica in onde P, sono stati calcolati alcuni parametri geotecnici.

Assegnando, infatti, la densità in sito, ricavata empiricamente mediante l'equazione di Gardner, che lega la densità alla velocità delle onde longitudinali ( $V_p$ ), sono stati calcolati il *coefficiente di Poisson* e alcuni moduli elastici dinamici.

Le determinazioni dei moduli elastici, eseguite mediante tali metodologie sismiche, sono riferibili a volumi significativi di terreno in condizioni relativamente indisturbate a differenza delle prove geotecniche di laboratorio che, pur raggiungendo un elevato grado di sofisticazione ed affidabilità, soffrono della limitazione di essere puntuali cioè relative ad un modesto volume di roccia.

Di seguito si riportano le tabelle riepilogative dei dati estrapolata dal report redatto da Apogeo s.r.l.

BASE SISMICA 01 - STIMA DEI MODULI DINAMICI			
	STRATO 1	STRATO 2	STRATO 3
Velocità onde P (m/s):	631	729	2161
Velocità onde S (m/s):	141	248	628
$V_{LAB}$ = Velocità onde P di laboratorio (m/s):	8000	8000	8000
SPESORE MEDIO STRATO (m)	2,60	2,60	6,00
Litologia sintetica	Terreno vegetale	Argille limose	Argilla
Profondità Media Strato (m)	1,26	3,76	7,60
Modulo di Poisson ( $\nu$ )	0,46	0,43	0,47
Densità naturale ( $\rho$ in $g/cm^3$ ) = $0,28 \times Vp^{0,28}$ (Gardner et al., 1974)	1,49	1,61	2,11
Porosità % ( $\beta$ ) (correlazione Rzhavsky e Novik (1971))	45,79%	43,93%	30,64%
MOD. di YOUNG DINAMICO - ( $E_{din}$ in $Kg/cm^2$ )	865	2842	17279
MOD. di TAGLIO DINAMICO ( $G_{din}$ in $Kg/cm^2$ ) $G_{din} = E_{din} / (2 \cdot (1 + \nu))$	296	991	5886
MOD. di BULK (K) ( $Kg/cm^2$ ): $K = E_{din} / (3 \cdot (1 - 2 \cdot \nu))$	3801	7240	89832
MOD. di YOUNG STATICO ( $E_{stat}$ in $Kg/cm^2$ ) (Rzhavsky et al., 1971)	104	342	2082
MOD. di TAGLIO STATICO ( $G_{stat}$ in $Kg/cm^2$ )	35	119	709
MOD. DI COMPRESIONE EDOMETRICA (M in $Kg/cm^2$ ) (da velocità onde P e densità) $\rho \cdot Vp^3$ (valido per le terre)	43	87	996
MOD. DI COMPRESIONE EDOMETRICA (M in $Kg/cm^2$ ) $M = (Vp \cdot Vp \cdot \rho \cdot (1 + \nu) / (1 - 2 \cdot \nu) \cdot (1 - \nu))$ (relazione di NAVIER)	9	29	176
MOD DI PIASTRA ovvero DEFORMABILITA' (M in Megapascal) $M = D \cdot \Delta p / \Delta s = ((1 - \nu^2) / m^4) \cdot E_{stat}$ (normativa Svizzera SNV 570317a)	16,54	52,72	332,97
Rigidità Sismica ( $\gamma \cdot V_s$ ) (Tonn/m <sup>2</sup> sec)	210	399	1116
Frequenza dello Strato	14	26	28
Periodo dello Strato	0,07	0,04	0,04
STIMA PARAMETRI GEOTECNICI (VALIDO PER LE TERRE)			
$N_{avg}$ (Imai and Yoshimura, 1977)	7	38	>60
$N_{avg} = 7,24E-07 \times Vs^{3,19}$ (Formazioni a prevalente componente argillosa)	4	26	>60
$N_{avg} = 1,77E-08 \times Vs^{3,80}$ (Formazioni argillose con intercalazioni litoidi)	2	8	>60
$N_{avg} = 1,80E-08 \times Vs^{3,80}$ (Depositi Alluvionali)	3	14	>60
$\Phi = -80,942 \cdot V_s^{-2} - 105,19 \cdot V_s + 73,668$ (angolo di attrito da modello elastico)	8	13	7
$\Phi_{min} = Vs^{0,44} \cdot 6,2$ (angolo di resistenza al taglio minimo)	28	38	66
$\Phi_{max} = Vs^{0,44}$ (angolo di resistenza al taglio massimo)	34	44	82
$C_u$ (coesione non drenata in $Kg/cm^2 = (Vs/23)^{0,671} \cdot 0,010197$ (Dickerson 1990))	0,48	1,62	7,47
$C_u$ (coesione non drenata $(Vs/17,5)^{0,63} \cdot 0,010197$ (Oh et al. 2008))	0,48	0,89	1,88
$C_u$ (coesione non drenata $(Vs/7,83)^{0,64} \cdot 0,010197$ (Levesque et al. 2007))	0,88	2,41	7,99
$C_u$ (coesione non drenata $(Vs/287)^{0,671} \cdot 0,010197 \cdot 100$ da prove DH - Likieruang e Kyaw (2010))	0,48	2,18	18,81
$C_u$ (coesione non drenata $(Vs/228)^{0,671} \cdot 0,010197 \cdot 100$ da prove MSW - Likieruang e Kyaw (2010))	0,40	1,20	6,29
COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO			
B (ipotesi dimensione fondazione superficiale in cm)	100	100	100
D (ipotesi diametro palo in m)	0,60	0,60	0,60
$K =$ (Coeff. di Winkler in $Kg/cm^3 \rightarrow$ VESIC 1961) $k = E / [B \cdot (1 - \nu^2)]$	1,32	4,22	28,86
$k = 17,2 \cdot Vs^{1,28}$ $Kg/cm^3$ (Bowles 1987, Keoell, Imai e Yoshimura 2012)	0,86	1,73	4,44
$K_v$ (Coeff. di Winkler verticale in $Kg/cm^3 \rightarrow K_v = \alpha \cdot 2 \cdot E_d / b$ dove $\alpha = 2 / \log_{10}(b + 2H) / b$ )	0,14	0,46	3,87
$K_h$ (Coeff. di Winkler orizzontale in $Kg/cm^3$ - Chiarugi-Mais)	0,80	4,80	136,44
INDICAZIONI SU CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE			
$F_s$ (Fattore di durezza = $Vp/Vq$ )	3,8	2,9	4,1
$Q_{RH}$ ( $kg/cm^2$ ) = $\gamma_{sism} \cdot v_{se} \cdot (0,1)$ (Keceli 2012)	2,10	3,99	11,16
$Q_{stat} = Q_{RH} / F_s$	0,68	1,38	2,74

BASE SISMICA 01 - STIMA DEI MODULI DINAMICI			
	STRATO 1	STRATO 2	STRATO 3
Velocità onde P (m/q):	602	827	2038
Velocità onde S (m/q):	178	268	618
$V_{L,lab}$ = Velocità onde P di laboratorio (m/s):	8000	8000	8000
SPESORE MEDIO STRATO (m)	2,00	3,60	4,60
Litologia d'intervallo	Terreno agrario	Limo argilloso	Argilla
Profondità Media Strato (m)	1,00	3,76	7,76
Modulo di Poisson ( $\nu$ )	0,43	0,40	0,47
Densità naturale ( $\rho$ ) In $gn/cm^3 = 0,23 \times Vp^{0,28}$ (Gardner et al., 1974)	1,47	1,55	2,08
Porosità % ( $\emptyset$ ) (correlazione Rzhavsky e Novik (1971))	46,06%	44,89%	31,70%
MOD. di YOUNG DINAMICO - ( $E_{din}$ In $Kg/cm^2$ )	1328	2887	16257
MOD. di TAGLIO DINAMICO ( $G_{din}$ In $Kg/cm^2$ ) ( $G_{din} = E_{din} / (2 \cdot (1 + \nu))$ )	465	1033	5546
MOD. di BULK (K) ( $Kg/cm^2$ ): $K = E_{din} / (3 \cdot (1 - 2 \cdot \nu))$	3078	4722	79117
MOD. di YOUNG STATICO ( $E_{stat}$ In $Kg/cm^2$ ) (Rzhavsky et al., 1971)	160	348	1959
MOD. di TAGLIO STATICO ( $G_{stat}$ In $Kg/cm^2$ )	55	124	668
MOD. DI COMPRESIONE EDOMETRICA (M In $Kg/cm^2$ ) (da velocità onde P e densità) $\rho \cdot Vp^2$ (valido per le terre)	38	62	882
MOD. DI COMPRESIONE EDOMETRICA (M In $Kg/cm^2$ ) $M = ((Vp \cdot Vp) / \rho \cdot (1 + \nu) / (1 - 2 \cdot \nu)) / (1 - \nu)$ (relazione di NAVIER)	14	29	166
MOD DI PIASTRA ovvero DEFORMABILITA' (M In Megapascal) $M = D^3 \cdot \Delta p / \Delta s = ((1 - \nu^2) / m^4) \cdot E_{stat}$ (normativa Svizzera SNV) 670317a)	24,45	51,62	312,46
Rigidità Sismica ( $\gamma \cdot Vp$ ) (Tonn/m <sup>2</sup> sec)	261	400	1076
Frequenza dello Strato	22	18	28
Periodo dello Strato	0,04	0,06	0,03
<b>STIMA PARAMETRI GEOTECNICI (VALIDO PER LE TERRE)</b>			
$N_{95}$ (Imai and Yoshimura, 1977)	13	41	> 60
$N_{95} = 7,24E-07 \times Vs^{1,13}$ (Formazioni a prevalente componente argillosa)	8	29	> 60
$N_{95} = 1,77E-06 \times Vs^{2,33}$ (Formazioni argillose con intercalazioni (toidi))	4	10	> 60
$N_{95} = 1,80E-06 \times Vs^{2,33}$ (Depositi Aluvionali)	6	18	> 60
$\phi = 80,942 \cdot \nu^2 - 105,19 \cdot \nu + 73,668$ (angolo di attrito da modello elastico)	14	19	7
$\phi_{min} = \nu_{vs}^{0,44} - 6,2$ (angolo di resistenza al taglio minimo)	32	38	66
$\phi_{max} = \nu_{vs}^{0,44}$ (angolo di resistenza al taglio massimo)	38	46	81
$Cu$ (coesione non drenata in $Kg/cm^2$ ) $N_{95} / 23^{(0,67-0,1)} \cdot 0,010197$ (Dickenson 1990)	0,78	1,86	7,12
$Cu$ (coesione non drenata) $(\nu - 17,5) / 2,63 \cdot 0,010197$ (Ch et al. 2008)	0,82	0,83	1,83
$Cu$ (coesione non drenata) $(\nu_{vs} / 7,93)^{0,83} \cdot 0,010197$ (Levesques et al. 2007)	1,42	2,68	7,71
$Cu$ (coesione non drenata) $(\nu_{vs} / 187)^{0,375} \cdot 0,010197 \cdot 100$ da prove CH - Likiepungang Kyaw (2010)	0,88	2,42	16,81
$Cu$ (coesione non drenata) $(\nu_{vs} / 228)^{0,338} \cdot 0,010197 \cdot 100$ da prove MASW - Likiepungang e Kyaw (2010)	0,83	1,30	6,08
<b>COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO</b>			
B (ipotesi dimensione fondazione superficiale in cm)	100	100	100
D (ipotesi diametro palo in m)	0,60	0,60	0,60
K = (Coeff. di Winkler In $Kg/cm^2$ ) $\rightarrow$ VESIC 1961) $k = E / [B \cdot (1 - \nu^2)]$	1,88	4,13	26,01
$k = 17,2 \cdot \nu_{vs}^{1,28} \cdot Kg/cm^2$ (Bowles 1987, Keoell, Imai e Yoshimura 2012)	1,14	1,81	4,31
$K_v$ (Coeff. di Winkler verticale in $Kg/cm^2$ ) $\rightarrow K_v = \alpha \cdot 2 \cdot E_{din} / b$ dove $\alpha = 2 \cdot \log_{10}(b + 2H) / b$	0,18	0,63	3,32
$K_h$ (Coeff. di Winkler orizzontale in $Kg/cm^2$ - Chiarugi-Mala)	0,64	3,21	122,21
<b>INDICAZIONI SU CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE</b>			
$F_c$ (Fattore di sicurezza = $Vp/Vs$ )	2,8	2,4	3,9
$Q_{ult}$ ( $kg/cm^2$ ) = $\gamma_{stat} \cdot \nu_{vs}(0,1)$ (Kececi 2012)	2,81	4,00	10,75
$Q_{sism}$ = $Q_{ult} / F_c$	0,93	1,66	2,72

## 6.2 PRAMETRI GEOTECNICI DA INDAGINI PREGRESSE

Come indicato nei paragrafi precedenti, il sottosuolo dell'area di intervento è costituito da una copertura di sabbie e sabbie ciottolose alla quale soggiacciono argille e argille limose grigio azzurre compatte.

Alle sabbie di copertura possono attribuirsi, sulla scorta di analisi di laboratorio effettuati sul medesimo litotipo, i seguenti principali parametri fisici e geotecnici medi:

- $\gamma_n$  20 Kn/mc
- $\gamma_d$  16Kn/mc
- C 0.0 kg/cmq
- $\phi$  28°

Si tratta pertanto di materiali incoerenti, in grado di mobilitare resistenza al taglio solo per attrito. In relazione al modesto carico litostatico al quale sono sottoposte, le sabbie in esame risultano scarsamente addensate, soprattutto nei livelli prossimi al piano campagna.

Non trascurabile sul comportamento geotecnico della copertura sabbiosa è anche l'effetto dovuto alla possibile presenza di acque sotterranee ed alla notevole oscillazione stagionale della superficie freatica.

Al di sotto dell'unità sabbiosa, si rinviene l'unità argillosa afferente alla formazione delle "Argille subappennine".

A tali argille possono attribuirsi, sulla scorta di analisi di laboratorio effettuati sul medesimo litotipo, i seguenti principali parametri fisici e geotecnici medi:

- $\gamma_n$  19 Kn/mc
- $\gamma_d$  15Kn/mc
- Cont. Nat. Acqua (W) 23%
- L.L. 32%
- L.P.23%
- I.C. 1.27
- I.P. 8%
- Consistenza solido-plastica

*Dott. geol. Luigi Buttiglione*

- C 26 Kn/mq
- $\phi$  25°

Si tratta di argille debolmente sovraconsolidate, in grado di mobilitare un buona resistenza al taglio per attrito e, soprattutto, per coesione. Il grado di sovraconsolidazione del litotipo varia da luogo a luogo, in funzione del carico litostatico in essere rispetto a quello originario.

**7 VALUTAZIONI EX ART.4 QUATER NTA P.A.I. BASILICATA**

L'art.4 quater delle N.T.A. Basilicata dispone che:

- 1. I progetti di opere e/o interventi che interessano versanti potenzialmente instabili non ancora oggetto di studio da parte dell'AdB, dovranno comprendere, obbligatoriamente, adeguati studi geomorfologici ed idrogeologici.*
- 2. I progetti di opere e/o interventi che interessano corsi d'acqua e/o aree limitrofe, non ancora oggetto di studio da parte dell'AdB, dovranno comprendere, obbligatoriamente, uno studio idrologico e idraulico che consideri una portata di piena avente periodo di ritorno pari a 200 anni. Il livello di approfondimento e dettaglio degli studi dovrà essere adeguato alle condizioni di pericolosità e di rischio idraulico esistenti sull'area ed alla tipologia ed importanza delle opere da realizzare.*
- 3. I progetti delle opere e degli interventi dovranno essere corredati da una dichiarazione, sottoscritta dal tecnico incaricato della redazione degli studi geomorfologici, idrogeologici, idrologici e idraulici, relativa all'esenzione delle opere progettate rispetto al rischio idrogeologico considerato.*
- 4. Gli Uffici Tecnici dei Comuni interessati dalla realizzazione delle opere o degli interventi oltre all'ottemperanza degli obblighi di cui al precedente art.3, c.4, sono tenuti alla verifica della completezza della documentazione di cui ai commi 1 e 2 ed alla conservazione della stessa. I progettisti delle opere sono tenuti a depositare anche presso gli Uffici dell'AdB copia degli studi geomorfologici, idrogeologici, idrologici e idraulici.*

Per ciò che attiene il progetto in esame si evidenzia che, come esposto in precedenza, le aree di impianto non ricadono tra quelle caratterizzate da pericolosità geomorfologica associata alla presenza

di frane così come definite dal P.A.I Basilicata vigente. Alcune aree definite a rischio frana basso e moderato si rinvengono all'esterno e verso Sud dell'area di intervento. Trattasi quindi di una porzione di territorio già oggetto di studio da parte dell'AdB.

Si evidenzia inoltre che l'area di progetto è priva di versanti potenzialmente instabili in virtù di un assetto blandamente ondulato della superficie topografica, privo di aree di cresta o di versante e di pendenze tali da poter innescare movimenti gravitativi di dissesto. Da ciò deriva la complessiva stabilità geomorfologica dell'area, rilevata in situ oltre che sulla cartografia del P.A.I vigente. Si ritiene pertanto l'intervento proposto, anche per ciò che attiene gli aspetti legati alle condizioni di stabilità e sicurezza geomorfologica, conforme alle N.T.A. del P.A.I. Basilicata.

Per ciò che attiene l'assetto del reticolo idrografico che interessa l'area di intervento, anche in questo caso si rileva l'assenza di perimetrazioni inerenti aree caratterizzate da pericolosità idraulica per Tr 30, 200 e 500 anni (frequenza di inondazione alta, media e moderata ex art.7 NTA P.A.I Basilicata). Tuttavia si evidenzia che specifici studi di modellazione idrologica e idraulica sono stati condotti in riferimento alle aste fluviale prossime all'area di impianto. Tali studi hanno consenti di escludere qualsiasi interferenza tra gli interventi in progetto ed il deflusso delle acque superficiali, con particolare riferimento alle aree a pericolosità idraulica succitate.

---

Tanto si doveva in espletamento dell'incarico ricevuto.

Bari, Febbraio 2023

Dott. geol. Luigi Buttiglione

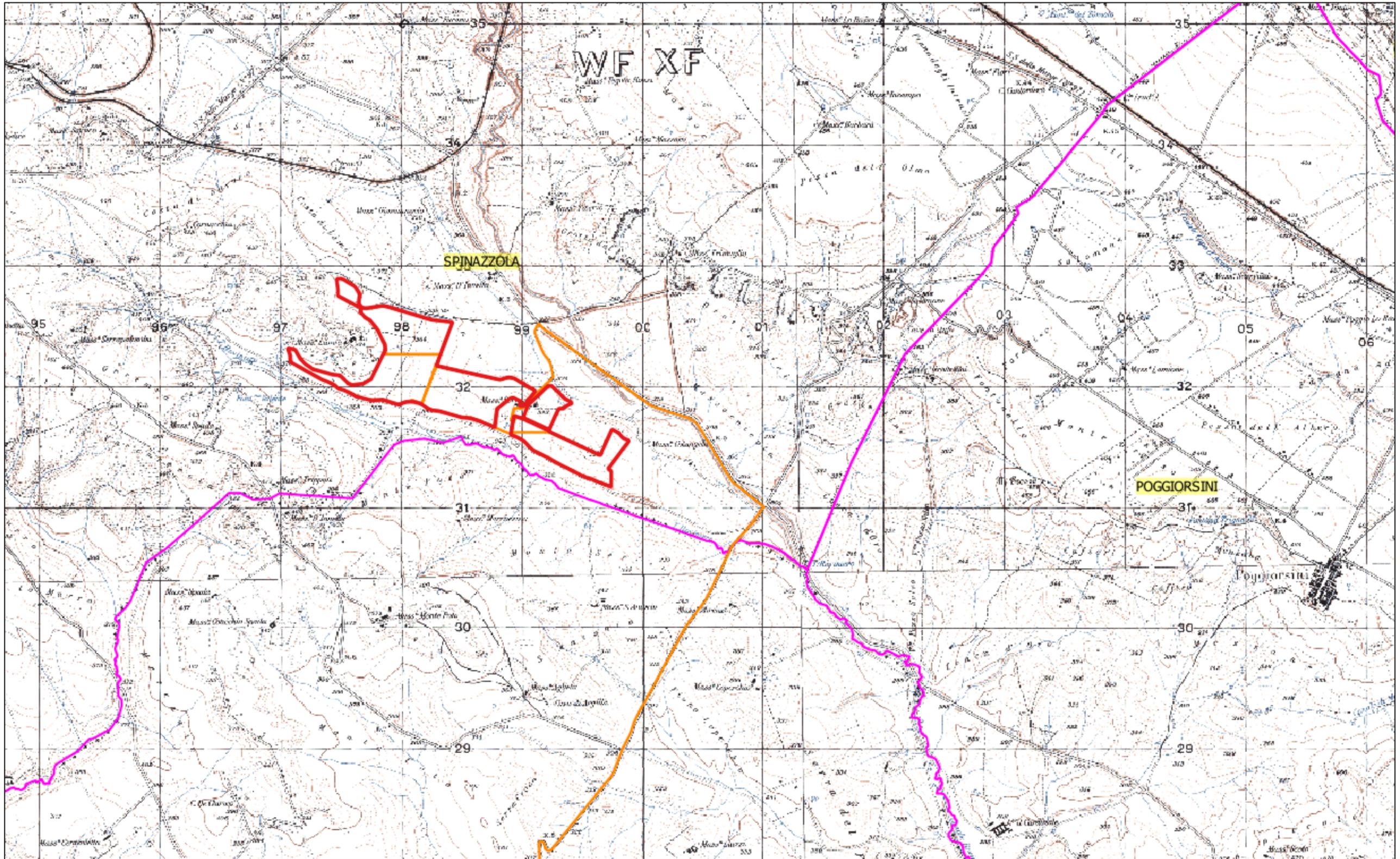
## **ALLEGATI**

Ubicazione Impianto in scala 1:25.000

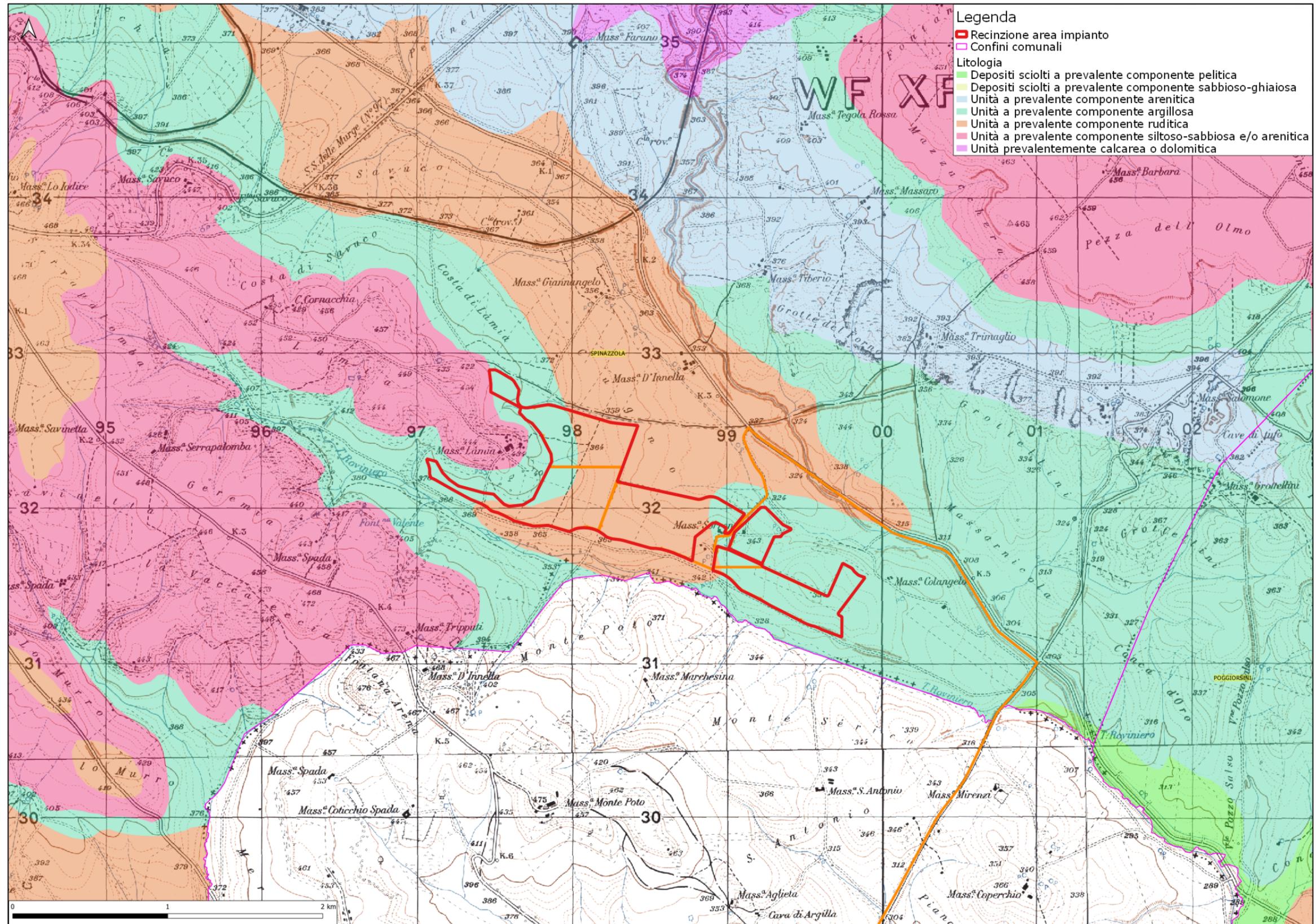
Carta Litologica scala 1:25.000

Report indagini geosismiche

ALL. 1 – UBICAZIONE IMPIANTO SCALA 1:25.000



## ALL. 2 – CARTA LITOLOGICA - SCALA 1:25.000



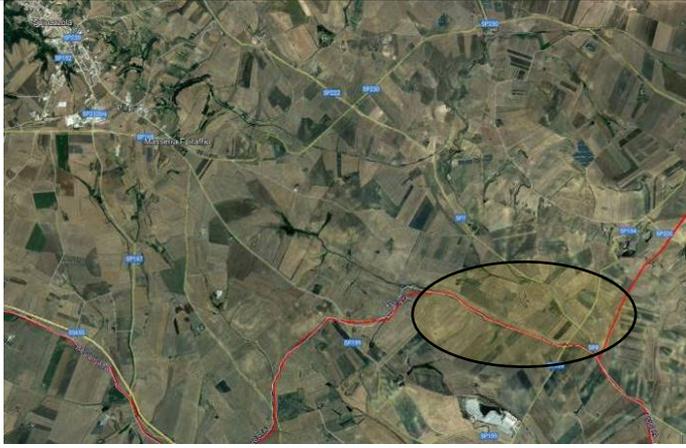
# COMUNE DI SPINAZZOLA

Provincia di Barletta – Andria - Trani

## OGGETTO

**PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN  
IMPIANTO FOTOVOLTAICO DA 99.418 MPW IN AGRO DI  
SPINAZZOLA**

CODICE	ELABORATO
<b>01</b>	<b>RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE DI TIPO SISMICO</b>

	COMMITTENTE
	<b>Stim Engineering s.r.l.</b> <b>Via Garruba 3</b>

RILIEVI E INDAGINI	PROGETTISTA
<b>APOGEO s.r.l.</b> Via Caduti di Nassiriya, 170 70022 Altamura (BA) Cod. Fisc. e P. IVA 01037210778 Tel.: 080/3143324 <a href="http://www.apogeo.biz">www.apogeo.biz</a> Email: <a href="mailto:apogeo.altamura@libero.it">apogeo.altamura@libero.it</a> - PEC: <a href="mailto:apogeo.altamura@pec.it">apogeo.altamura@pec.it</a> OS20A Class. I OS20B Class. III-BIS	<b>Ing Gabriele Conversano</b>

	IL DIRETTORE TECNICO	IL GEOLOGO
	<b>APOGEO S.r.l.</b> <b>Il Direttore Tecnico</b> <b>Dr. Geol. Pietro Pepe</b> 	<b>Dott. Geol. Luigi Buttiglione</b>

REV.	DATA	RIFERIMENTO REVISIONE	ESEGUITO	CONTROLLATO	APPROVATO
	16/02/2023		TANCREDI S.	PEPE P.	PEPE P.

<b>SCALA</b>		<b>2023_073</b>
--------------	--	-----------------

<b>ELENCO ALLEGATI</b>	



## INDICE

1	PREMESSA .....	2
2	PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE DI SUPERFICIE IN ONDE P .....	3
2.1	<i>Descrizione del metodo e della strumentazione</i> .....	3
2.2	<i>Acquisizione dei dati</i> .....	3
2.3	<i>Elaborazione dei dati</i> .....	3
2.4	<i>Rappresentazione dei dati</i> .....	3
2.5	<i>Interpretazione dei risultati</i> .....	4
3	PROSPEZIONI SISMICHE MASW 2D .....	6
1.1	<i>Indagine MASW - Descrizione delle metodologie e della strumentazione</i> .....	6
1.2	<i>Indagine MASW – Acquisizione dei dati</i> .....	6
1.3	<i>Indagine MASW – Elaborazione dei dati</i> .....	7
1.4	<i>Sezioni MASW2D Rappresentazione dei risultati</i> .....	7
4	STIMA DEI MODULI DINAMICI .....	9
	ALLEGATO 01 – PLANIMETRIE .....	13
	ALLEGATO 02A - PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE DI SUPERFICIE IN ONDE P .....	17
	ALLEGATO 02B – PROSPEZIONI SISMICHE PER LA STIMA DEL $V_{s,eq}$ .....	23
	MASW01.....	24
	MASW02.....	36
	SEZIONI MASW01 2D.....	48
	SEZIONI MASW02 2D.....	49
	ALLEGATO 03 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA.....	50



## 1 PREMESSA

La presente relazione descrive le attività di indagine eseguite in agro del Comune di Spinazzola nell'ambito del **"PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO DA 99.418 MPW"**

L'indagine è stata finalizzata ad accertare le condizioni del sottosuolo in esame, in particolare a verificare:

- ✓ della locale sismo stratigrafia del sottosuolo;
- ✓ delle caratteristiche elastiche dei terreni coinvolti;
- ✓ del valore del  $V_{s,eq}$  per l'attribuzione della categoria del sottosuolo secondo quanto richiesto dalla recente normativa in materia delle costruzioni "Norme Tecniche per le Costruzioni D. Min. Infrastrutture" del 17 gennaio 2018 (Suppl. Ord. G. U. 20.2.2018, n. 42).

A tal fine sono stati eseguiti:

- ✓ **n. 2** prospezioni sismiche a rifrazione di superficie in onde P (**BS01** e **BS02**) entrambe di lunghezza pari a 75 m per le quali sono stati utilizzati n. 24 geofoni con spaziatura geofonica pari a 3 m;
- ✓ **n. 2** prospezione sismica eseguita con tecnica MASW 2D per la determinazione delle onde di taglio (onde S), ubicata in corrispondenza delle stesse basi sismica per la quale sono stati utilizzati n. 24 geofoni con spaziatura inter-geofonica di 3 m. Sugli stendimenti MASW sono stati eseguiti 4 scoppi esterni, eseguendo due scoppi posti a 20.0m dal primo e dall'ultimo geofono e due scoppi posti a 6.0m dal primo e dall'ultimo geofono; tale tecnica ha consentito di stimare il valore delle  $V_{s,eq}$  e quindi attribuire al sottosuolo in esame una delle categorie di suolo di fondazione contemplata dalle Norme Tecniche delle Costruzioni 2018, oltre che ottenere una sezione 2D dell'andamento delle velocità delle onde S.

Nella presente relazione si descrivono le modalità di indagine e i relativi risultati ottenuti.



## 2 PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE DI SUPERFICIE IN ONDE P

### 2.1 Descrizione del metodo e della strumentazione

L'indagine geosismica del tipo a rifrazione di superficie, come tutti i metodi d'indagine indiretta del sottosuolo, permette di investigare un certo volume di sottosuolo variabile a seconda sia della lunghezza dei profili eseguiti ma anche della natura litologica del sito.

Il metodo consiste nell'inviare nel terreno un impulso sismico, tramite un'opportuna sorgente a impatto o esplosiva e nel rilevare il primo arrivo di energia, costituito da un'onda elastica diretta e da una rifratta. L'onda rifratta, emergente in superficie, è generata da interfacce rifrangenti che separano mezzi a differente velocità sismica (sismostrati), generalmente, crescente con la profondità.

I primi arrivi, individuati su sismogrammi rilevati dai geofoni e registrati tramite un sismografo, sono riportati su grafici tempo-distanza (dromocrone), in seguito interpretati per ottenere informazioni sismostratigrafiche.

Per il caso in esame, la strumentazione utilizzata è consistita in un sismografo a 24 canali, della "MAE" modello X610/S con acquisizione computerizzata dei dati e in una sorgente del tipo ad impatto verticale per la generazione di onde rilevate da 24 geofoni rispettivamente di frequenza pari a 14Hz per le onde P.

### 2.2 Acquisizione dei dati

Nell'ambito del presente studio, sono state eseguite n. 2 prospezioni sismiche a rifrazione, in onde P (**BS01 e BS02**) entrambi di lunghezza 62.5 m, per le quali sono stati effettuati cinque scoppi.

Per quanto riguarda la geometria adottata in riferimento alle basi sismiche, i 24 geofoni sono stati disposti sul terreno con una spaziatura di 2,50m, i punti di scoppio A e B sono a 2,50m rispettivamente dal 1° e dal 24° geofono, in posizione esterna allo stendimento geofonico, lo scoppio C è posto al centro dello stendimento stesso (fra il 11° e il 12° geofono), mentre gli altri due scoppi intermedi D ed E rispettivamente tra 7° e 8° geofono e tra il 15° e il 16° geofono, infine gli altri due scoppi intermedi F ed G rispettivamente tra 3° e 4° geofono e tra il 19° e il 20° geofono, quindi l'intero stendimento per ciascuna di queste basi risulta di 62.5m.

L'ubicazione dei profili sismici è mostrata nella planimetria allegata (**Allegato 01**).

### 2.3 Elaborazione dei dati

L'elaborazione dei dati è stata eseguita secondo la procedura descritta schematicamente di seguito:

- ✓ Inserimento delle geometrie mediante il software Pickwin (distanze fra geofoni e posizioni dei punti di scoppio);
- ✓ Applicazione dei filtri "low-pass" e "high-pass" per la lettura ottimale dei primi arrivi eliminando le frequenze di disturbo;
- ✓ *Picking* dei primi arrivi;
- ✓ Export delle dromocrone;
- ✓ Inversione tomografica dei dati attraverso l'applicativo Plotrefa;
- ✓ Definizione del modello sismostratigrafico.

### 2.4 Rappresentazione dei dati

I dati elaborati sono stati esportati e restituiti come di seguito riportato:

- ✓ In **allegato 02A** sono riportati, per ciascuna base sismica, i sismogrammi relativi ai cinque punti di scoppio, le dromocrone, la sezione tomografica e il modello sismostratigrafico. In particolare



l'elaborazione tomografica rappresenta l'andamento dei sismostrati, lungo la sezione corrispondente al profilo in superficie, ottenuta dalla elaborazione ed inversione dei dati sismici; il modello sismostratigrafico rappresenta invece l'interpretazione degli stessi sismostrati in funzione della geologia del sito, ottenuto correlando le velocità medie di ciascun sismostrato con i dati geologici noti e le loro velocità sismiche caratteristiche.

## 2.5 Interpretazione dei risultati

Ai fini della corretta interpretazione dei risultati dell'indagine sismica è importante precisare che generalmente:

- a) i sismostrati non sono necessariamente associabili a litotipi ben definiti, ma sono rappresentativi di livelli con simili caratteristiche elastiche, in cui le onde sismiche si propagano con la stessa velocità;
- b) la risoluzione del metodo è funzione della profondità di indagine e la risoluzione diminuisce con la profondità: considerato uno strato di spessore  $h$  ubicato a profondità  $z$  dal piano campagna, in generale non è possibile individuare sismostrati in cui  $h < 0.25 * z$ .
- c) nelle indagini superficiali, le onde di taglio, meno veloci, arrivano in un tempo successivo, per cui il segnale registrato sarà la risultante delle onde S con le onde P e quindi la lettura dei tempi di arrivo delle onde S può risultare meno precisa della lettura dei tempi di arrivo delle onde P;
- d) i terreni esaminati possono ricoprire un ampio campo delle velocità sismiche, in relazione alla presenza di materiale di riporto, di terreno vegetale e di acqua di falda nonché ai vari gradi di stratificazione, carsificazione e di fratturazione dell'ammasso roccioso.

Riguardo al punto d) (vedi Zezza1-1976), possono essere distinti 5 differenti gradi di carsificazione ai quali corrispondono le seguenti caratteristiche dell'ammasso roccioso carsificato:

- e) grado V:  $V_p = 0,7-1,0$  km/sec. Sono cancellati i caratteri tessiturali della roccia in posto i cui relitti si trovano inglobati in abbondanti terre rosse;
- f) grado IV:  $V_p = 1,1-1,9$  km/sec. Sono conservati i caratteri tessiturali della roccia in posto attraversata in ogni senso da cavità carsiche attive e fossili;
- g) grado III:  $V_p = 2,0-3,0$  km/sec. Diffusa presenza di cavità collegate ai processi di dissoluzione carsica;
- h) grado II:  $V_p = 3,1-4,5$  km/sec. Giunti di fessurazione interessati solo parzialmente da manifestazioni carsiche;
- i) grado I:  $V_p > 4,5$  km/sec. Assenza completa di manifestazioni carsiche; giunti di fessurazione radi e bancate compatte.

Di seguito sono stati riportati, in tabella, i valori di velocità delle onde sismiche di compressione tipici di ogni litotipo.

**Tabella 1.1 – Valori di velocità per le onde di compressione (da “Le indagini geofisiche per lo studio del sottosuolo” di Carrara – Rapolla – Roberti, “Il manuale del geologo” di Cassadio – Elmi).**

LITOTIPO	$V_p$ (m/sec)
Areato superficiale	300-800
Argille	1100-2900
Sabbia asciutta	200-1000

<sup>1</sup> Valutazione geologica-tecnica degli ammassi rocciosi carsificati con particolare riferimento alle aree carsiche pugliesi. Mem. Soc. Geol. It., 14,1976.



Sabbie umida	600-1800
Terreni alluvionali sciolti	400-2100
Acqua	1400-1500
Calcere fratturato	700-4200
Calcere compatto	2800-6400
Calcere cristallino	5700-6400
Piroclastiti coerenti (tufo)	750-2450
Piroclastiti incoerenti (pozzolana)	350-1000
Arenaria	1400-4500
Granito, Monzonite, Granodiorite, Gabbro, Diabase, Basalto	4000-6000
Anidride	3500-5500
Gesso	1800-4000
Gneiss e scisti	3500-7500

Dai valori di velocità di propagazione delle onde P delle basi sismiche eseguite, è stato possibile ricavare la sismostruttura del sottosuolo, esso è stato distinto in tre sismostrati, ciascuno caratterizzato da un determinato valore di velocità delle onde di compressione.

Data la lunghezza degli stendimenti eseguiti, è stato possibile investigare il sottosuolo fino alla profondità di circa 16.0m metri a partire dalla superficie topografica.

Di seguito si riportano le risultanze per le basi sismiche eseguite:

✓ BS01 in onde P ed S (mediante MASW01): si individuano tre sismostrati

	Velocità Onde P in m/s	Velocità Onde S in m/s	Intervallo di profondità (m)	Descrizione
1	531	141	0,00 ÷ 2,50	Terreno vegetale
2	729	248	2,50 ÷ 5,00	Argilla limosa e sabbiosa
3	2151	528	5,00 ÷ 10,00	Argilla limosa e/o argilla

✓ BS02 in onde P: si individuano tre sismostrati

	Velocità Onde P in m/s	Velocità Onde S in m/s	Intervallo di profondità (m)	Descrizione
1	502	178	0,00 ÷ 2,00	Terreno vegetale
2	627	258	2,00 ÷ 5,50	Limo argilloso e sabbioso
3	2038	516	5.50 ÷ 10,00	Argille limose e/o argille



### 3 Prospezioni sismiche MASW 2D

#### 1.1 Indagine MASW - Descrizione delle metodologie e della strumentazione

Al fine di calcolare il valore di velocità delle onde di taglio (S) e determinare la presenza di anomalie di velocità nel sottosuolo con la possibilità di determinare anche la classe di appartenenza del terreno di fondazione, secondo quanto è richiesto dalle dell'NTC del D.M 17 Gennaio 2018; sono stati eseguiti 2 profili MASW 2D.

La tecnica utilizzata consente una stima accurata dell'andamento delle velocità di propagazione delle onde S nel sottosuolo; ciò avviene misurando le onde superficiali ed elaborando il segnale con un opportuno software.

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

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Poichè, quella che è misurata è la velocità delle onde superficiali (Onde di Rayleigh), ma essa è praticamente uguale alla velocità delle Onde S (95 ÷ 97%), è possibile definire, con un'approssimazione valutabile tra il 5% e il 15%, il profilo "VSeq".

Per il caso in esame, la strumentazione utilizzata è consistita in 48 geofoni verticali a 4.5Hz, con il sismografo a 48 canali della "MAE" modello X610S con acquisizione computerizzata dei dati.

#### 1.2 Indagine MASW – Acquisizione dei dati

Le fasi operative possono essere così schematizzate:

- predisposizione degli stendimenti, cioè una serie di 24/48 geofoni regolarmente spazati e in linea retta;
- energizzazione in 15-7 punti sia esternamente che internamente agli stendimenti;
- osservazione del segnale che si propaga tramite onde SH nel suolo per 2 secondi a seguito dell'energizzazione;
- controllo dei dati raccolti con prima elaborazione in situ del profilo, in modo da verificare la coerenza del segnale, l'effettivo raggiungimento della profondità d'investigazione richiesta ed eventualmente apportare le necessarie variazioni dei parametri d'acquisizione prima di ripetere la registrazione;
- i dati raccolti sono registrati nell'hd dell'X610S.



### 1.3 Indagine MASW – Elaborazione dei dati

L'analisi prevede la formattazione dei files dati, l'analisi spettrale con l'individuazione della curva di dispersione e la modellazione del profilo.

È importante rilevare che il profilo di ciascun stendimento è stato ottenuto coinvolgendo nelle misurazioni un'estesa porzione del sito da investigare, esso quindi, pur non avendo la risoluzione di un profilo ottenuto ad es. con la tecnica down-hole, è più rappresentativo a larga scala rispetto a quelli ottenibili da un rilievo puntuale.

I dati sono stati interpolati ed elaborati con i Software SWAN prodotto dalla Geostudi Astier.

### 1.4 Sezioni MASW2D Rappresentazione dei risultati

Le modalità di esecuzione della tecnica MASW che ha previsto l'esecuzione di 4 punti di scoppio (due scoppi posti a 20.0m dal primo e dall'ultimo geofono e due scoppi posti a 6.0m dal primo e dall'ultimo geofono) che hanno permesso di ottenere, delle sezioni Masw 2D in cui si possono osservare variazioni laterali all'interno del mezzo investigato. Si tratta di una sezione con un buon grado di dettaglio realizzato correlando i singoli modelli sismostratigrafici ottenuti dalla sequenza degli scoppi. Infatti, si sono ricavate sezioni Masw 2D, ciascuna composta dalla combinazione dei modelli sismostratigrafici elaborati singolarmente e uniti in un unico modello.

Alla luce della recente normativa in materia di costruzione, NTC 2018, è stato introdotto il calcolo del parametro  $V_{s,eq}$ , in sostituzione del  $V_{s,30}$ , ottenuto attraverso la seguente formula:

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

$h_i$  = Spessore in metri dello strato i-esimo

$V_{s,i}$  = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato

$N$  = Numero di strati

$H$  = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/sec

In tale formula appare evidente come il calcolo delle velocità sismiche di taglio non si riferisce più necessariamente alla profondità di 30 m, ma alla reale profondità del bedrock, ovvero, alla profondità di quella formazione rocciosa o terreno molto rigido, caratterizzato da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s, che inevitabilmente varierà di volta in volta in base alle condizioni geologiche del punto di indagine.

Basandosi sulle indagini sismiche svolte, è stata individuata la categoria del suolo di fondazione del sottosuolo in esame. Le indagini MASW hanno raggiunto una profondità investigativa massima di circa 20 m. Entro tale profondità non è stato rinvenuto il bedrock sismico (strato con  $V_s > 800$  m/s), pertanto si è proceduto al calcolo della  $V_{s,eq}$  estendendo la velocità dell'ultimo strato fino ai 30 m di profondità.



Le categorie di suolo individuate secondo le NTC 2018 sono:

Sintesi delle categorie di suolo			
Nome stendimento	N° scoppio	Vs,eq	Categoria sottosuolo
MASW01 2D	1	444 m/s	B
MASW01 2D	2	436 m/s	B
MASW01 2D	3	441 m/s	B
MASW01 2D	4	377 m/s	B
MASW02 2D	1	380 m/s	B
MASW02 2D	2	462 m/s	B
MASW02 2D	3	437 m/s	B
MASW02 2D	4	408 m/s	B

In definitiva è stato osservato che l'area oggetto di indagine (secondo le NTC 2018) rientra nella categoria "B" avendo ottenuto valori di Vs,eq compresi tra 360 e 800 m/s con un miglioramento delle caratteristiche meccaniche in profondità, così come riportato nella seguente Tabella (§NTC 2018):

*Tabella 3.2. II - Categoria di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato*

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
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.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente 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 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

## 4 STIMA DEI MODULI DINAMICI

Dalle velocità sismiche, ricavate dall'indagine a rifrazione superficiale classica in onde P e dalla metodologia MASW, sono stati calcolati alcuni parametri geotecnici. Si sottolinea che le velocità delle onde s riportate nelle tabelle sono state considerate come velocità medie dei vari valori ottenuti dai diversi punti di misura.

Assegnando, infatti, la densità in sito, ricavata empiricamente mediante l'equazione di Gardner, che lega la densità alla velocità delle onde longitudinali ( $V_p$ ), sono stati calcolati il *coefficiente di Poisson* e alcuni moduli elastici dinamici. Le determinazioni dei moduli elastici, eseguite mediante tali metodologie sismiche, sono riferibili a volumi significativi di terreno in condizioni relativamente indisturbate a differenza delle prove geotecniche di laboratorio che, pur raggiungendo un elevato grado di sofisticazione ed affidabilità, soffrono della limitazione di essere puntuali cioè relative ad un modesto volume di roccia.

I moduli elastici sismici possono essere correlati ai normali moduli statici attraverso un fattore di riduzione (*Rzhevsky et alii, 1971*) semplicemente evidenziando che si riferiscono, in virtù delle energie movimentate dall'indagine e del conseguente basso livello di deformazione raggiunto, ad un modulo statico tangente iniziale.

$$E_{din} = 8.3E_{stat} + 0,97$$

Infine, con i dati ottenuti dall'indagine eseguita è possibile calcolare il coefficiente di reazione del terreno  $K_s$  ( $\text{Kg}/\text{cm}^3$ ) attraverso la relazione di Vesic (1961):

$$K_s = E_s/B*(1 - \nu^2)$$

dove

B = larghezza della fondazione;

$E_s$  = modulo di elasticità del terreno;

$\nu$  = coefficiente di Poisson.

Per l'analisi dei pali sottoposti a forze orizzontali e nella verifica a svergolamento è stato determinato, indirettamente, il coefficiente di reazione orizzontale,  $K_h$ . Tale modulo viene determinato dalla formula di Chiarugi Maia secondo la quale è funzione di: modulo edometrico, modulo elastico del palo, diametro del palo, coefficiente di Poisson.

Di seguito sono riportati i principali moduli elastici dei terreni riguardanti la base sismica eseguita; tali valori si riferiscono all'ammasso pertanto devono essere intesi come valori medi.



Cat. OS20A Class. I  
Cat. OS20B Class. IIIBis



ISO 9001:2015

Certificate No: IT/0146Q/0283

<u>Note bibliografiche</u>			
Parametro calcolato	Bibliografia	Unità di misura	Formula
Modulo di Poisson (Bowles 1988)	Simeon Denis Poisson (Fisico e matematico francese)	Grandezza adimensionale	$\nu = \frac{1-\sigma}{1+\sigma}$
Densità naturale	Equazione di Gardner	gr/cm <sup>3</sup>	$\rho = 0,23Vp^{0,25}$
Correlazione empirica tra Vs e SPT	Imai and Yoshimura, 1977	Grandezza adimensionale	$Vs = f / (N_{spt})$
Coefficiente di sottofondo	Vesic, 1961	Kg/cm <sup>3</sup>	$k = E / [B(1-n_2)]$
Coefficiente di sottofondo verticale	Vol I di Geotecnica e tecnica delle fondazioni – Cestelli Guidi	Kg/cm <sup>3</sup>	$K_v = a_2 \cdot E_d / b$ dove $a_2 = 2 / \log_e(b+2H) / b$
Coefficiente di sottofondo orizzontale	Metodo Chiarugi-Maia	Kg/cm <sup>3</sup>	$k_h = \frac{E_s}{D \cdot (1-\nu^2)} \left( \frac{E_s \cdot D^3}{E_p \cdot J} \right)^{1/2}$  <small>E<sub>s</sub>: Modulo elastico  ν: Coefficiente di Poisson  E<sub>p</sub>: Modulo elastico della pila (E<sub>p</sub> = 19000 + ν<sub>p</sub>Pa)  D: Diametro del pile  J: Momento d'inerzia della sezione circolare (J = π · D<sup>4</sup> / 64)</small>
Modulo di Young dinamico	Bowles 1988	Mpa	$E = Vs^2 \rho \cdot [3Vp^2 - 4Vs^2 / Vp^2 - Vs^2]$
Modulo di Young statico	Rzhevsky et al., 1971	Mpa	$E_{din} = 8.3E_{stat} + 0,97$
Modulo di Bulk	Bowles 1988	Mpa	$K = E_{din} / (3 \cdot (1-2 \cdot n))$
Modulo di taglio dinamico	Bowles 1988	Mpa	$G_{din} = E_{din} / ((2 \cdot (1+n)))$
Modulo di taglio statico	Bowles 1988	Mpa	$G_{stat} = E_{stat} / (2 \cdot (1+n))$
Modulo di Compressione Edometrica	Relazione di Navier	Kh/cm <sup>2</sup>	$M = E \cdot [(1-n) / (1-n-2 \cdot n^2)]$

**BASE SISMICA 01 - STIMA DEI MODULI DINAMICI**

	STRATO 1	STRATO 2	STRATO 3
<b>Velocità onde P (m/s):</b>	531	729	2151
<b>Velocità onde S (m/s):</b>	141	248	528
<b>V<sub>LAB</sub> = Velocità onde P di laboratorio (m/s):</b>	6000	6000	6000
<b>SPESSORE MEDIO STRATO (m)</b>	2,50	2,50	5,00
<b>Litologia sintetica</b>	Terreno vegetale	Argille limose	Argilla
<b>Profondità Media Strato (m)</b>	1,25	3,75	7,50
<b>Modulo di Poisson (<math>\nu</math>)</b>	0,46	0,43	0,47
<b>Densità naturale (<math>\rho</math> in gr/cm<sup>3</sup>) = 0,23xVp<sup>0,25</sup> (Gardner et al., 1974)</b>	1,49	1,61	2,11
<b>Porosità % (<math>\emptyset</math>)</b> (correlazione Rzhvesky e Novik (1971))	45,79%	43,93%	30,64%
<b>MOD. di YOUNG DINAMICO - (E<sub>din</sub> in Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	865	2842	17279
<b>MOD. di TAGLIO DINAMICO (G<sub>din</sub> in Kg/cm<sup>2</sup>)</b> G <sub>din</sub> = E <sub>din</sub> /(2*(1+ $\nu$ ))	296	991	5886
<b>MOD. di BULK (K) (Kg/cm<sup>2</sup>):</b> K=E <sub>din</sub> /(3*(1-2* $\nu$ ))	3801	7240	89832
<b>MOD. di YOUNG STATICO (E<sub>stat</sub> in Kg/cm<sup>2</sup>)</b> (Rzhvesky et alii, 1971)	104	342	2082
<b>MOD. di TAGLIO STATICO (G<sub>stat</sub> in Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	36	119	709
<b>MOD. DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (M in Kg/cm<sup>2</sup>)</b> (da velocità onde P e densità) $\rho * Vp^2$ (valido per le terre)	43	87	996
<b>MOD. DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (M in Kg/cm<sup>2</sup>)</b> M=((Vp*Vp* $\rho$ *(1+ $\nu$ )*(1-2* $\nu$ )/(1- $\nu$ )) (relazione di NAVIER)	9	29	176
<b>MOD DI PIASTRA ovvero DEFORMABILITA' (M in Megapascal)</b> Md=D* $\Delta p/\Delta s$ =((1- $\nu$ ) <sup>2</sup> * $\pi/4$ )/E <sub>stat</sub> (normativa Svizzera SNV 670317a)	16,54	52,72	332,97
<b>Rigidità Sismica (<math>\gamma * Vp</math>) (Tonn/m<sup>2</sup>*sec)</b>	210	399	1115
<b>Frequenza dello Strato</b>	14	25	26
<b>Periodo dello Strato</b>	0,07	0,04	0,04
<b>STIMA PARAMETRI GEOTECNICI (VALIDO PER LE TERRE)</b>			
<b>N<sub>SPT</sub> (Imai and Yoshimura, 1977)</b>	7	36	>50
<b>N<sub>SPT</sub> = 7,24E-07xVs<sup>3,15</sup> (Formazioni a prevalente componente argillosa)</b>	4	25	>50
<b>N<sub>SPT</sub> = 1,77E-06xVs<sup>2,80</sup> (Formazioni argillose con intercalazioni litoidi)</b>	2	9	>50
<b>N<sub>SPT</sub> = 1,60E-06xVs<sup>2,90</sup> (Depositi Alluvionali)</b>	3	14	>50
<b><math>\Phi</math> = -80,942*<math>\nu^2</math>-105,19*<math>\nu</math>+73,668 (angolo di attrito da modello elastico)</b>	8	13	7
<b><math>\Phi</math> min = Vs<sub>1</sub><sup>0,44</sup>-6,2 (angolo di resistenza al taglio minimo)</b>	28	38	55
<b><math>\Phi</math> max = Vs<sub>1</sub><sup>0,44</sup> (angolo di resistenza al taglio massimo)</b>	34	44	62
<b>Cu (coesione non drenata in Kg/cm<sup>2</sup>=(Vs/23)<sup>1/0,475</sup>*0,010197 (Dickenson 1990))</b>	0,46	1,52	7,47
<b>Cu=(coesione non drenata=(Vs-17,5)/2,63 *0,010197 (Oh et al. 2008))</b>	0,48	0,89	1,98
<b>Cu=(coesione non drenata=(Vs/7,93)<sup>1/0,63</sup> *0,010197 (Levesques et al. 2007))</b>	0,98	2,41	7,99
<b>Cu=(coesione non drenata=(Vs/187)<sup>1/0,372</sup> *0,010197*100 da prove DH - Likitlersuang e Kyaw (2010))</b>	0,48	2,18	16,61
<b>Cu=(coesione non drenata=(Vs/228)<sup>1/0,510</sup> *0,010197*100 da prove MASW - Likitlersuang e Kyaw (2010))</b>	0,40	1,20	5,29
<b>COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO</b>			
<b>B (ipotesi dimensione fondazione superficiale in cm)</b>	100	100	100
<b>D (ipotesi diametro palo in m)</b>	0,50	0,50	0,50
<b>K = (Coeff. di Winkler in Kg/cm<sup>3</sup>--&gt;VESIC 1961) k=E/[B(1-<math>\nu</math>)<sup>2</sup>]</b>	1,32	4,22	26,65
<b>k = 17,2*Vs<sup>1,25</sup> Kg/cm<sup>3</sup>(Bowles 1997, Keceli, Imai e Yoshimura 2012)</b>	0,85	1,73	4,44
<b>K<sub>v</sub> (Coeff. di Winkler verticale in Kg/cm<sup>3</sup> --&gt; K<sub>v</sub> = <math>\alpha</math> 2*E/d/b dove <math>\alpha</math> 2=2/log<sub>e</sub>(b+2H)/b)</b>	0,14	0,45	3,67
<b>K<sub>h</sub> (Coeff. di Winkler orizzontale in Kg/cm<sup>3</sup> - Chiarugi-Maia)</b>	0,80	4,80	135,44
<b>INDICAZIONI SU CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE</b>			
<b>Fs (Fattore di sicurezza= Vp/Vs)</b>	3,8	2,9	4,1
<b>Q<sub>ult</sub> (kg/cm<sup>2</sup>) = <math>\gamma</math><sub>nat</sub>*vs*(0,1) (Keceli 2012)</b>	2,10	3,99	11,15
<b>Q<sub>amm</sub>=Q<sub>ult</sub>/Fs</b>	0,56	1,36	2,74

**BASE SISMICA 01 - STIMA DEI MODULI DINAMICI**

	STRATO 1	STRATO 2	STRATO 3
<b>Velocità onde P (m/s):</b>	<b>502</b>	<b>627</b>	<b>2038</b>
<b>Velocità onde S (m/s):</b>	<b>178</b>	<b>258</b>	<b>516</b>
<b>V<sub>LAB</sub> = Velocità onde P di laboratorio (m/s):</b>	<b>6000</b>	<b>6000</b>	<b>6000</b>
<b>SPESSORE MEDIO STRATO (m)</b>	<b>2,00</b>	<b>3,50</b>	<b>4,50</b>
<b>Litologia sintetica</b>	<b>Terreno agrario</b>	<b>Limo argilloso</b>	<b>Argilla</b>
<b>Profondità Media Strato (m)</b>	<b>1,00</b>	<b>3,75</b>	<b>7,75</b>
<b>Modulo di Poisson (<math>\nu</math>)</b>	0,43	0,40	0,47
<b>Densità naturale (<math>\rho</math> in gr/cm<sup>3</sup>) = 0,23xVp<sup>0,25</sup> (Gardner et al., 1974)</b>	1,47	1,55	2,08
<b>Porosità % (<math>\emptyset</math>)</b> (correlazione Rzhvesky e Novik (1971))	46,06%	44,89%	31,70%
<b>MOD. di YOUNG DINAMICO - (E<sub>din</sub> in Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	1328	2887	16257
<b>MOD. di TAGLIO DINAMICO (G<sub>din</sub> in Kg/cm<sup>2</sup>)</b> G <sub>din</sub> = E <sub>din</sub> /(2*(1+ $\nu$ ))	465	1033	5546
<b>MOD. di BULK (K) (Kg/cm<sup>2</sup>):</b> K=E <sub>din</sub> /(3*(1-2* $\nu$ ))	3078	4722	79117
<b>MOD. di YOUNG STATICO (E<sub>stat</sub> in Kg/cm<sup>2</sup>)</b> (Rzhvesky et alii, 1971)	160	348	1959
<b>MOD. di TAGLIO STATICO (G<sub>stat</sub> in Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	56	124	668
<b>MOD. DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (M in Kg/cm<sup>2</sup>)</b> (da velocità onde P e densità) $\rho * Vp^2$ (valido per le terre)	38	62	882
<b>MOD. DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (M in Kg/cm<sup>2</sup>)</b> M=((Vp*Vp* $\rho$ *(1+ $\nu$ )*(1-2* $\nu$ ))/(1- $\nu$ )) (relazione di NAVIER)	14	29	166
<b>MOD DI PIASTRA ovvero DEFORMABILITA' (M in Megapascal)</b> Md=D* $\Delta p/\Delta s$ =((1- $\nu^2$ )* $\pi/4$ )/E <sub>stat</sub> (normativa Svizzera SNV 670317a)	24,45	51,62	312,46
<b>Rigidità Sismica (<math>\gamma * Vp</math>) (Tonn/m<sup>2</sup>*sec)</b>	<b>261</b>	<b>400</b>	<b>1075</b>
<b>Frequenza dello Strato</b>	<b>22</b>	<b>18</b>	<b>29</b>
<b>Periodo dello Strato</b>	<b>0,04</b>	<b>0,05</b>	<b>0,03</b>
<b>STIMA PARAMETRI GEOTECNICI (VALIDO PER LE TERRE)</b>			
<b>N<sub>SPT</sub> (Imai and Yoshimura, 1977)</b>	<b>13</b>	<b>41</b>	<b>&gt;50</b>
<b>N<sub>SPT</sub> = 7,24E-07xVs<sup>3,15</sup> (Formazioni a prevalente componente argillosa)</b>	<b>9</b>	<b>29</b>	<b>&gt;50</b>
<b>N<sub>SPT</sub> = 1,77E-06xVs<sup>2,80</sup> (Formazioni argillose con intercalazioni litoidi)</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>&gt;50</b>
<b>N<sub>SPT</sub> = 1,60E-06xVs<sup>2,90</sup> (Depositi Alluvionali)</b>	<b>5</b>	<b>16</b>	<b>&gt;50</b>
<b><math>\Phi</math> = -80,942*<math>\nu^2</math> - 105,19*<math>\nu</math> + 73,668 (angolo di attrito da modello elastico)</b>	<b>14</b>	<b>19</b>	<b>7</b>
<b><math>\Phi</math> min = Vs<sub>1</sub><sup>0,44</sup> - 6,2 (angolo di resistenza al taglio minimo)</b>	<b>32</b>	<b>39</b>	<b>55</b>
<b><math>\Phi</math> max = Vs<sub>1</sub><sup>0,44</sup> (angolo di resistenza al taglio massimo)</b>	<b>38</b>	<b>45</b>	<b>61</b>
<b>Cu (coesione non drenata in Kg/cm<sup>2</sup> = (Vs/23)<sup>1/0,475</sup> * 0,010197 (Dickenson 1990))</b>	<b>0,76</b>	<b>1,65</b>	<b>7,12</b>
<b>Cu=(coesione non drenata=(Vs-17,5)/2,63 * 0,010197 (Oh et al. 2008))</b>	<b>0,62</b>	<b>0,93</b>	<b>1,93</b>
<b>Cu=(coesione non drenata=(Vs/7,93)<sup>1/0,63</sup> * 0,010197 (Levesques et al. 2007))</b>	<b>1,42</b>	<b>2,56</b>	<b>7,71</b>
<b>Cu=(coesione non drenata=(Vs/187)<sup>1/0,372</sup> * 0,010197*100 da prove DH - Likitlersuang e Kyaw (2010))</b>	<b>0,89</b>	<b>2,42</b>	<b>15,61</b>
<b>Cu=(coesione non drenata=(Vs/228)<sup>1/0,510</sup> * 0,010197*100 da prove MASW - Likitlersuang e Kyaw (2010))</b>	<b>0,63</b>	<b>1,30</b>	<b>5,06</b>
<b>COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO</b>			
<b>B (ipotesi dimensione fondazione superficiale in cm)</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>D (ipotesi diametro palo in m)</b>	<b>0,50</b>	<b>0,50</b>	<b>0,50</b>
<b>K = (Coeff. di Winkler in Kg/cm<sup>3</sup> --&gt; VESIC 1961) k=E/[B(1-<math>\nu^2</math>)]</b>	<b>1,96</b>	<b>4,13</b>	<b>25,01</b>
<b>k = 17,2*Vs<sup>1,25</sup> Kg/cm<sup>3</sup> (Bowles 1997, Keceli, Imai e Yoshimura 2012)</b>	<b>1,14</b>	<b>1,81</b>	<b>4,31</b>
<b>K<sub>v</sub> (Coeff. di Winkler verticale in Kg/cm<sup>3</sup> --&gt; K<sub>v</sub> = <math>\alpha^2 * E/d</math> dove <math>\alpha^2 = 2/\log_e(b+2H)/b</math>)</b>	<b>0,19</b>	<b>0,53</b>	<b>3,32</b>
<b>K<sub>h</sub> (Coeff. di Winkler orizzontale in Kg/cm<sup>3</sup> - Chiarugi-Maia)</b>	<b>0,54</b>	<b>3,21</b>	<b>122,21</b>
<b>INDICAZIONI SU CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE</b>			
<b>Fs (Fattore di sicurezza= Vp/Vs)</b>	<b>2,8</b>	<b>2,4</b>	<b>3,9</b>
<b>Q<sub>ult</sub> (kg/cm<sup>2</sup>) = <math>\gamma_{nat} * vs^*(0,1)</math> (Keceli 2012)</b>	<b>2,61</b>	<b>4,00</b>	<b>10,75</b>
<b>Q<sub>amm</sub>=Q<sub>ult</sub>/Fs</b>	<b>0,93</b>	<b>1,65</b>	<b>2,72</b>



## ALLEGATO 01 – PLANIMETRIE

- UBICAZIONE PROSPEZIONE SISMICA IN ONDE P: TOMOGRAFIA SISMICA
- UBICAZIONE PROSPEZIONE SISMICA DI SUPERFICIE PER LA STIMA DEL VS,EQ: MASW



Cat. OS20A Class. I  
Cat. OS20B Class. III Bis



ISO 9001:2015

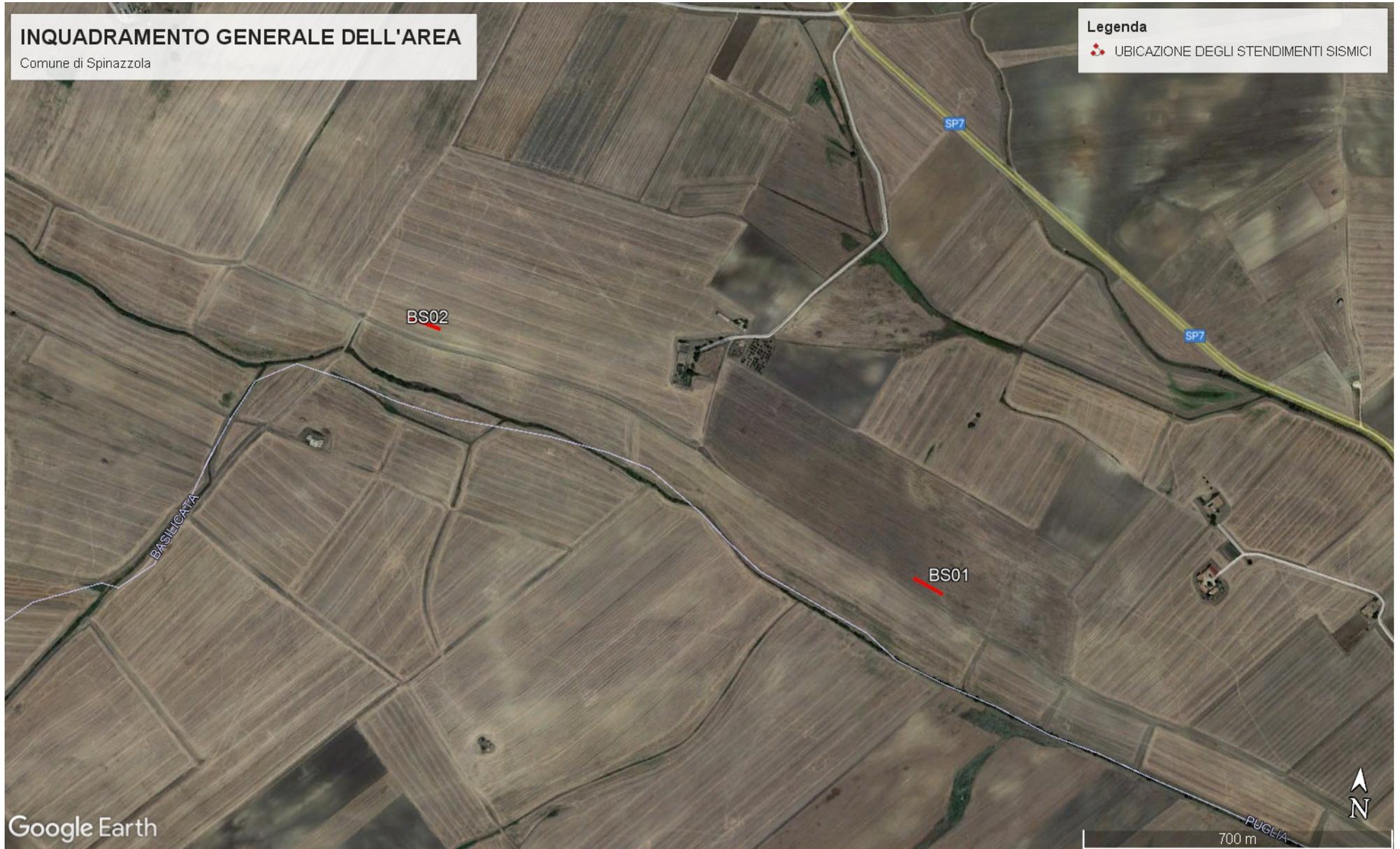
Certificate No: IT/0146Q/0283

## INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA

Comune di Spinazzola

### Legenda

 UBICAZIONE DEGLI STENDIMENTI SISMICI



Google Earth



Cat. OS20A Class. I  
Cat. OS20B Class. III Bis



ISO 9001:2015

Certificate No: IT/0146Q/0283

### Ubicazione di dettaglio base sismica 1 (onde P e MASW 2D)

Comune di Spinazzola

#### Legenda

- UBICAZIONE STENDIMENT SISMICO BS01
- UBICAZIONE PRIMO E ULTIMO GEOFONO





Cat. OS20A Class. I  
Cat. OS20B Class. III Bis



ISO 9001:2015

Certificate No: IT/0146Q/0283

### Ubicazione di dettaglio base sismica 2 (onde P e MASW 2D)

Comune di Spinazzola

#### Legenda

- UBICAZIONE PRIMO E ULTIMO GEOFONO
- ▬ UBICAZIONE STENDIMENT SISMICO BS02





## ALLEGATO 02A - PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE DI SUPERFICIE IN ONDE P

- SISMOGRAMMI ONDE P
- DROMOCRONE ONDE P
- SEZIONI TOMOGRAFICHE E MODELLI SISMOSTRATIGRAFICI



Cat. OS20A Class. I  
Cat. OS20B Class. IIIBis

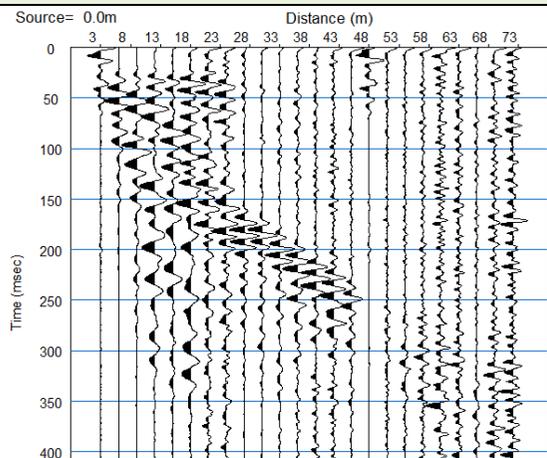


ISO 9001:2015

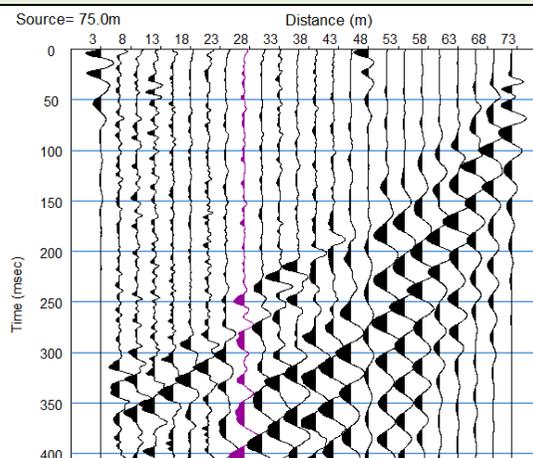
Certificate No: IT/0146Q/0283

**Località agro di Spinazzola (BAT) - BASE SISMICA BS01 – ONDE P**

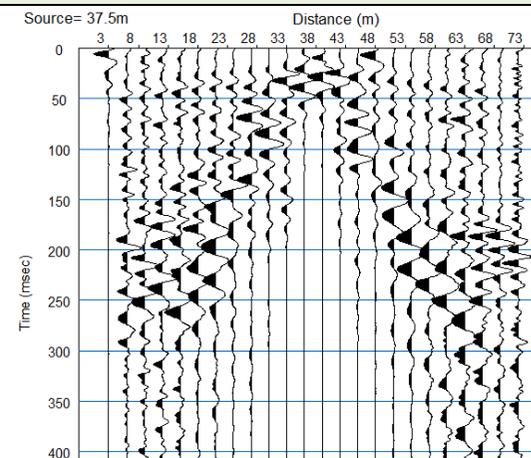
**Sismogramma scoppio A**



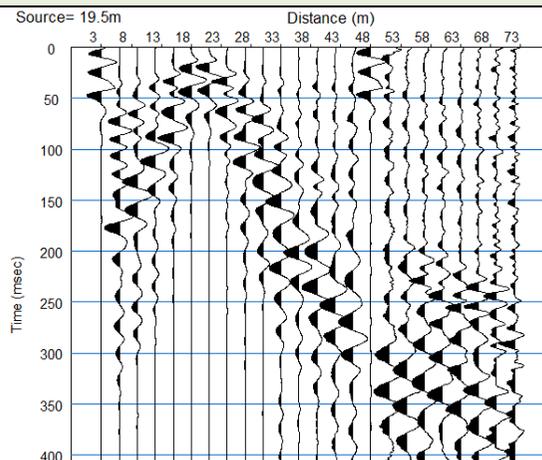
**Sismogramma scoppio B**



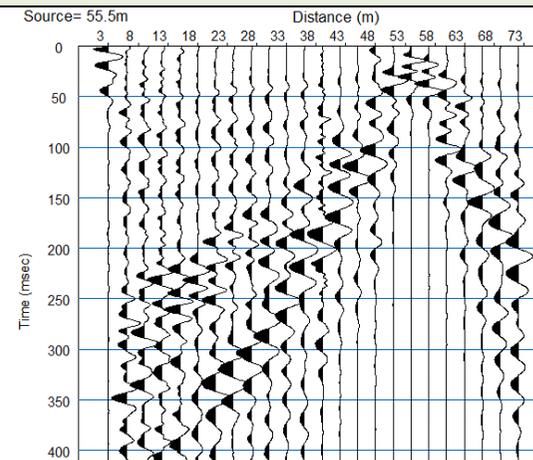
**Sismogramma scoppio C**



**Sismogramma scoppio D**



**Sismogramma scoppio E**





Cat. OS20A Class. I  
Cat. OS20B Class. III Bis

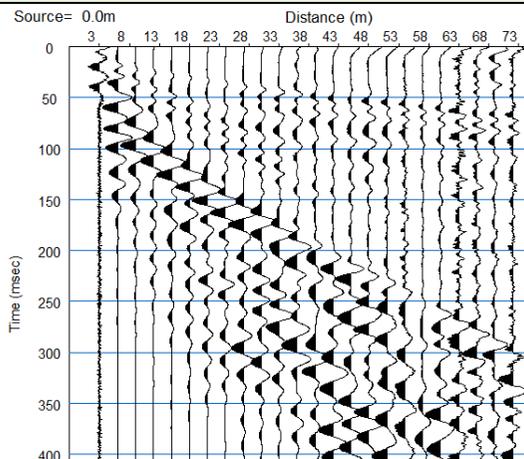


ISO 9001:2015

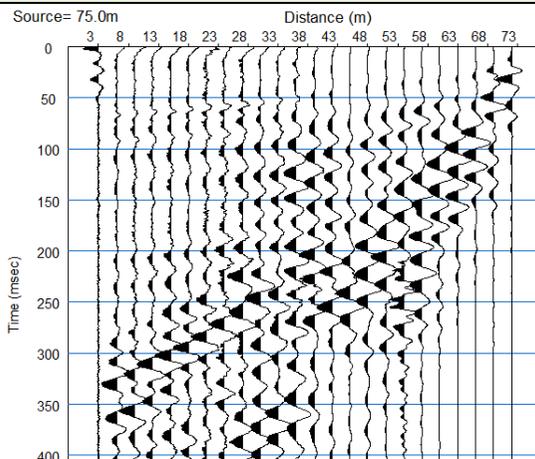
Certificate No: IT/0146Q/0283

**Località agro di Spinazzola (BAT) - BASE SISMICA BS02 – ONDE P**

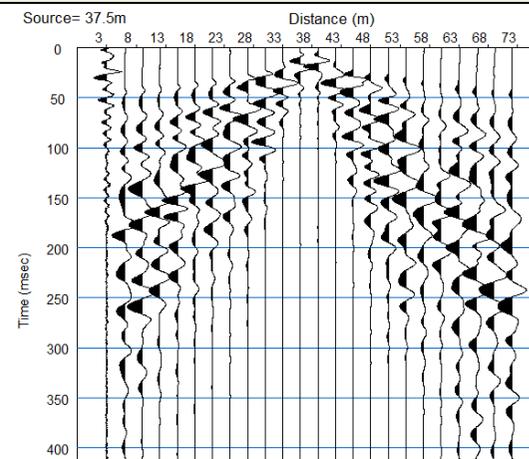
**Sismogramma scoppio A**



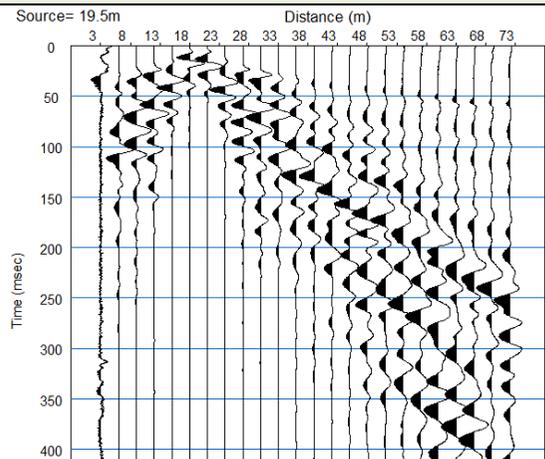
**Sismogramma scoppio B**



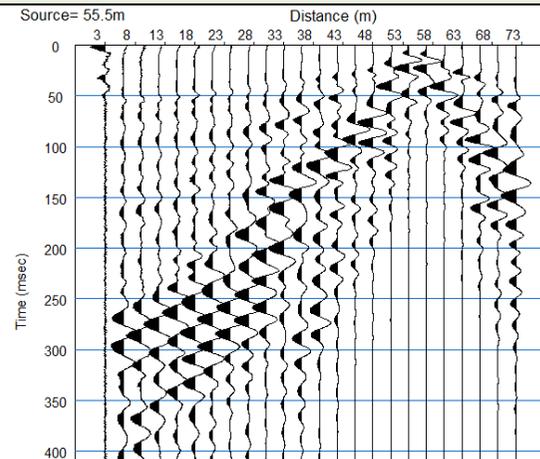
**Sismogramma scoppio C**



**Sismogramma scoppio D**

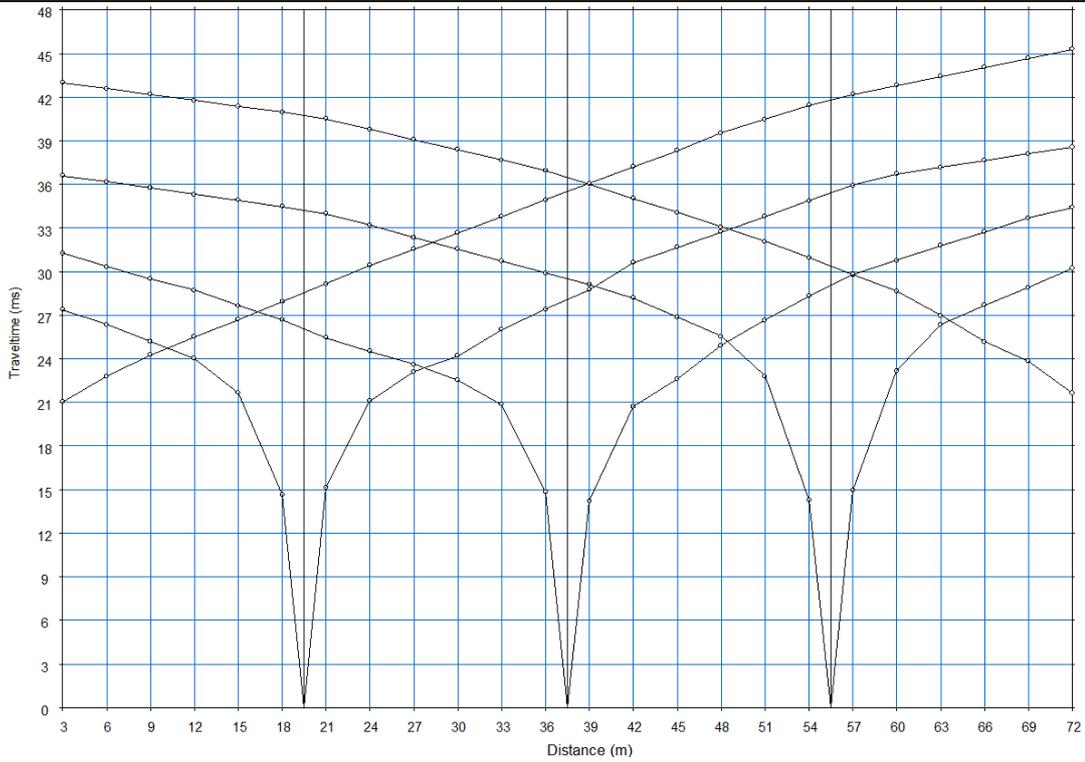


**Sismogramma scoppio E**

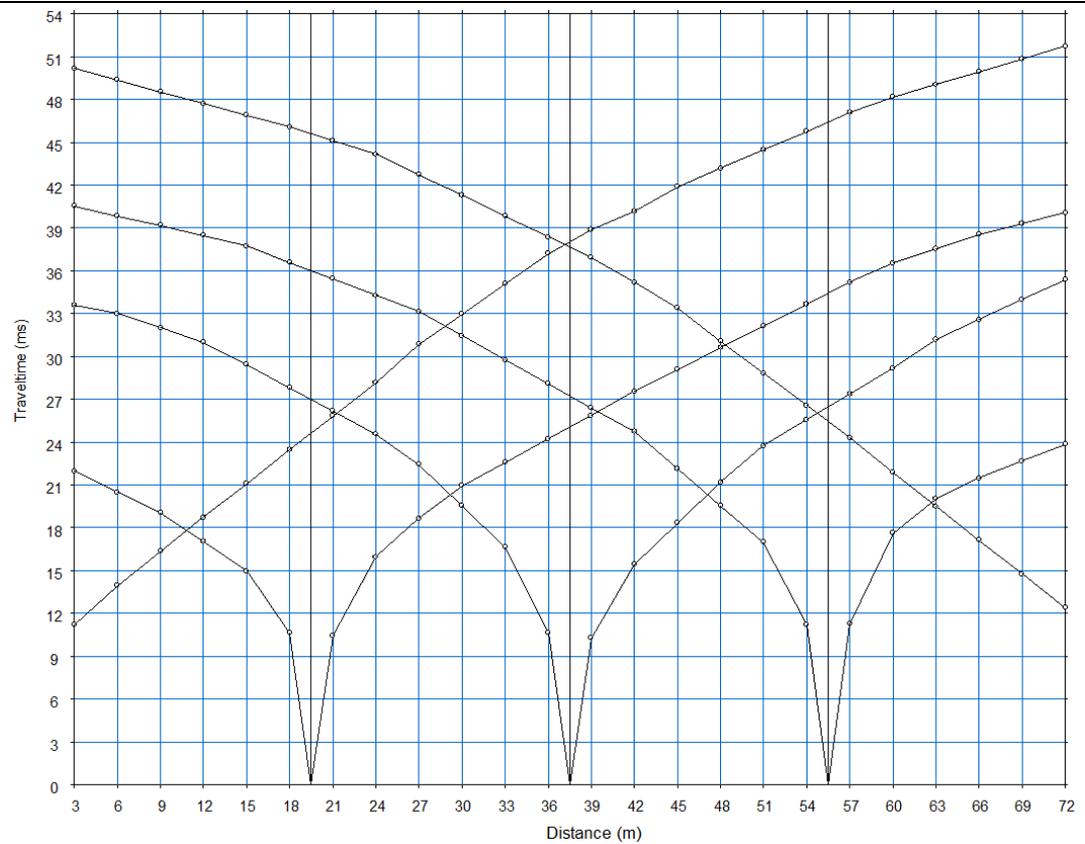




**Località agro di Spinazzola (BAT) - DROMOCRONE BS01 e BS02 – ONDE P**



**BS01 – Onde P**



**BS02 – Onde P**



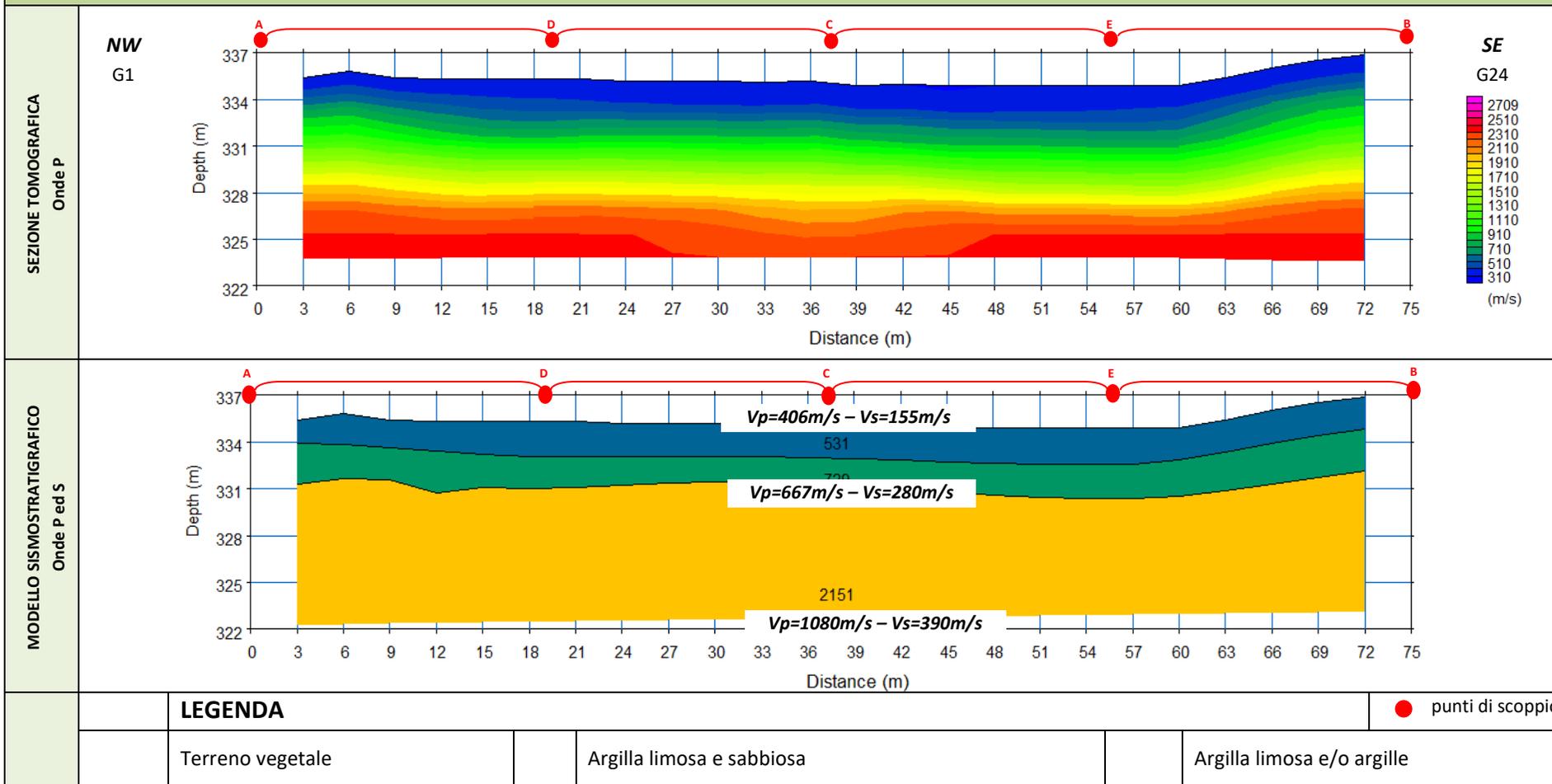
Cat. OS20A Class. I  
Cat. OS20B Class. IIIBis



ISO 9001:2015

Certificate No: IT/0146Q/0283

### Località agro di Spinazzola (BAT) – BASE SISMICA BS01





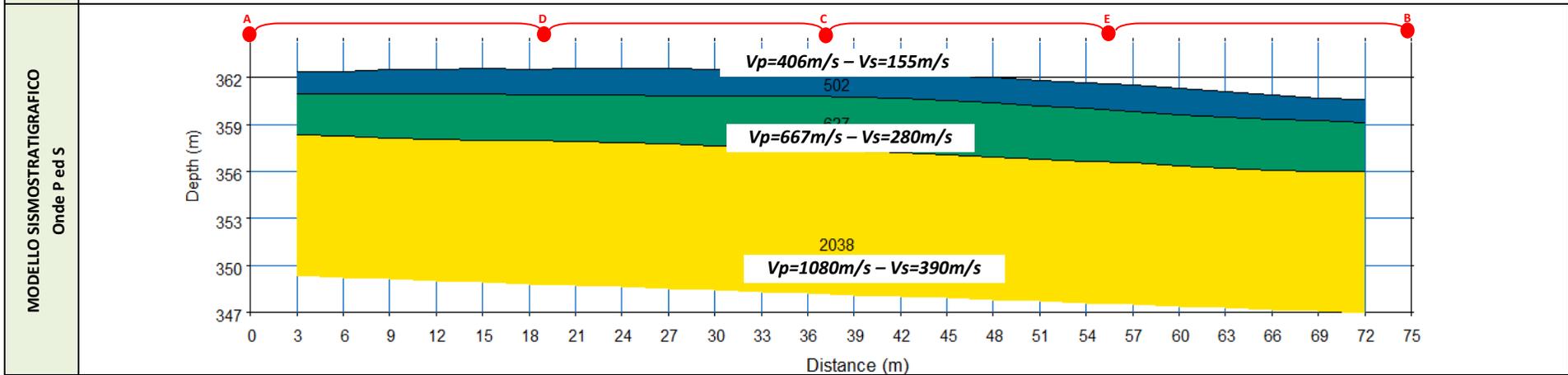
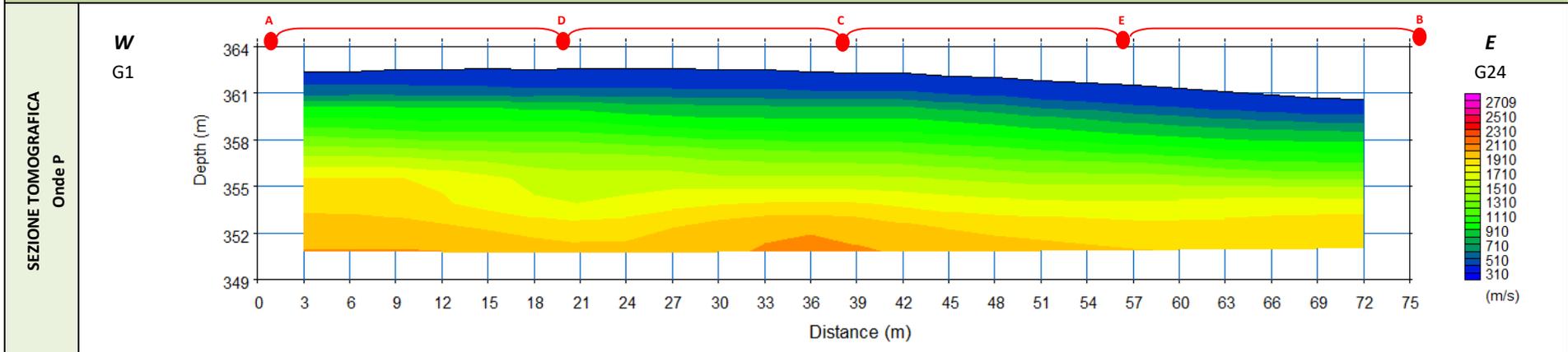
Cat. OS20A Class. I  
Cat. OS20B Class. IIIBis



ISO 9001:2015

Certificate No: IT/0146Q/0283

**Località agro di Spinazzola (BAT) – BASE SISMICA BS02**



**LEGENDA**

● punti di scoppio

Terreno vegetale e/o riporto

Limo argilloso e sabbioso

Argilla limosa e/o argille



## ALLEGATO 02B – PROSPEZIONI SISMICHE PER LA STIMA DEL $V_{s,eq}$

- 
- ELABORATI INDAGINI MASW
    - SISMOGRAMMI MEDI
    - SPETTRI DELLE FREQUENZE
    - CURVE DI DISPERSIONE
    - PROFILI VS
    - TABELLE VALORI VS
-



Cat. OS20A Class. I  
Cat. OS20B Class. III Bis



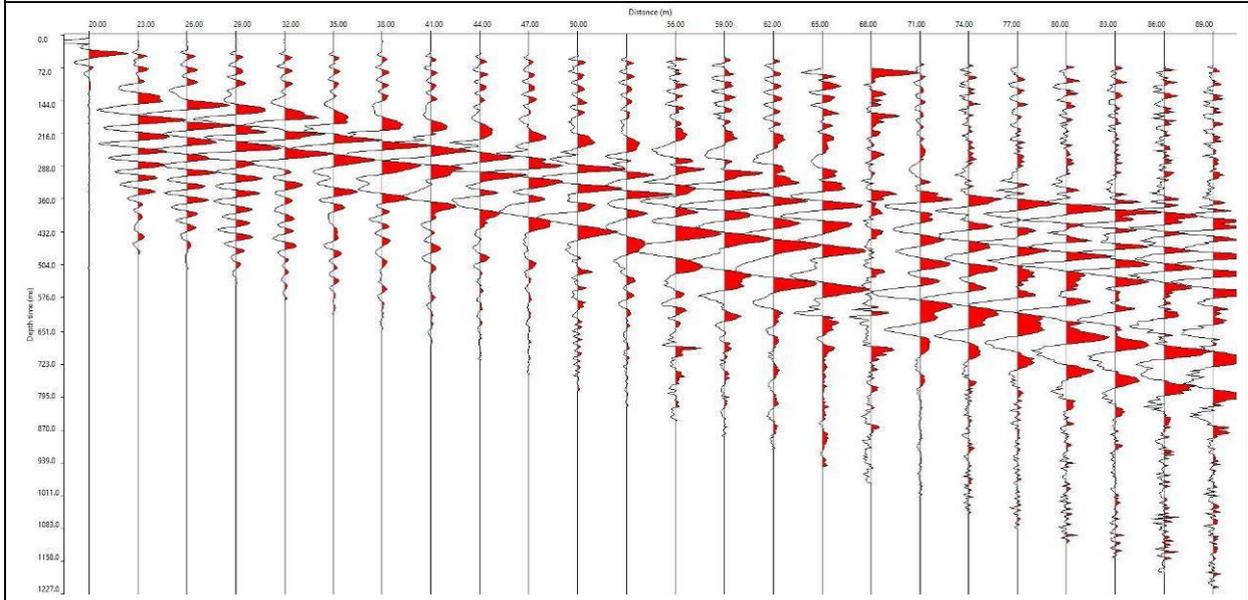
ISO 9001:2015

Certificate No: IT/0146Q/0283

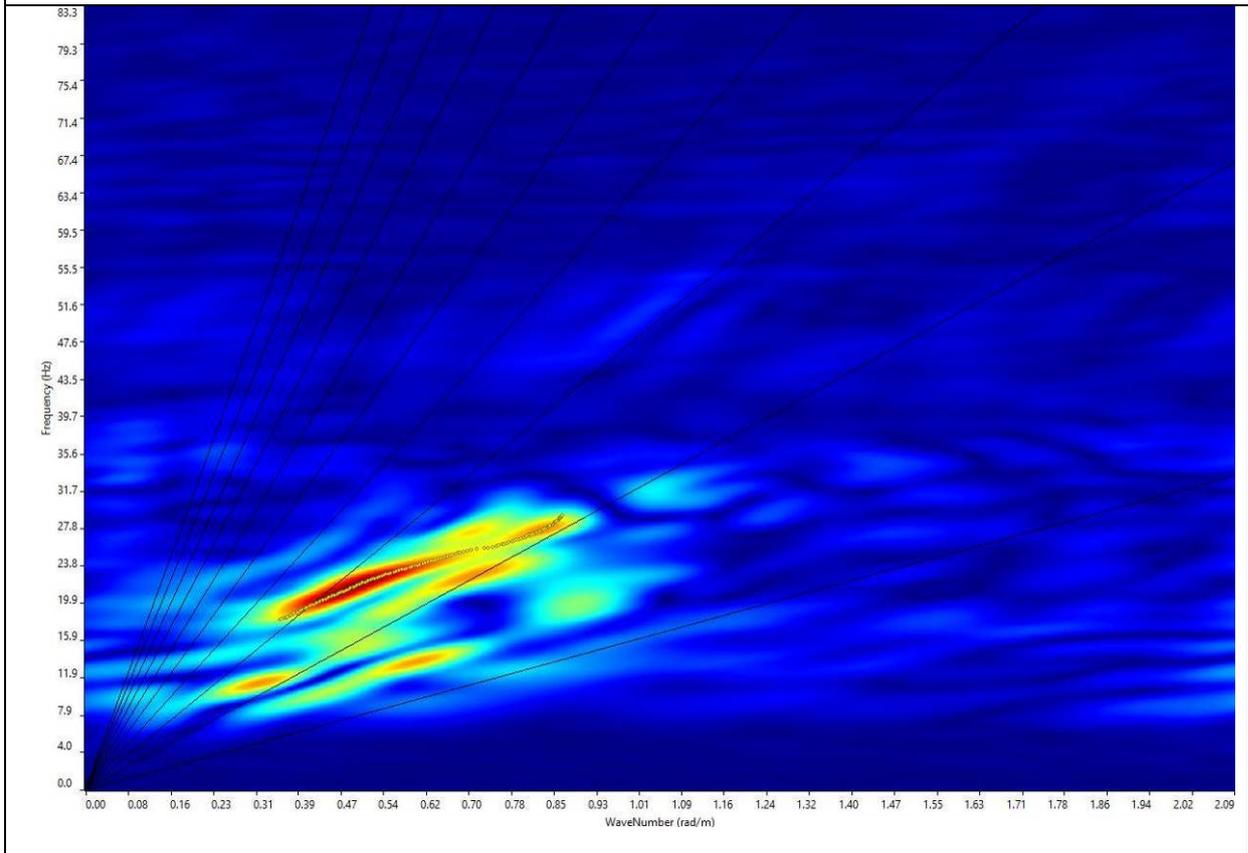
### MASW01

### Località agro di Spinazzola (BAT) – MASW 01 – SCOPPIO 1

### SISMOGRAMMA MEDIO



### GRAFICO F-K CON L'INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DELLA CURVA DI DISPERSIONE



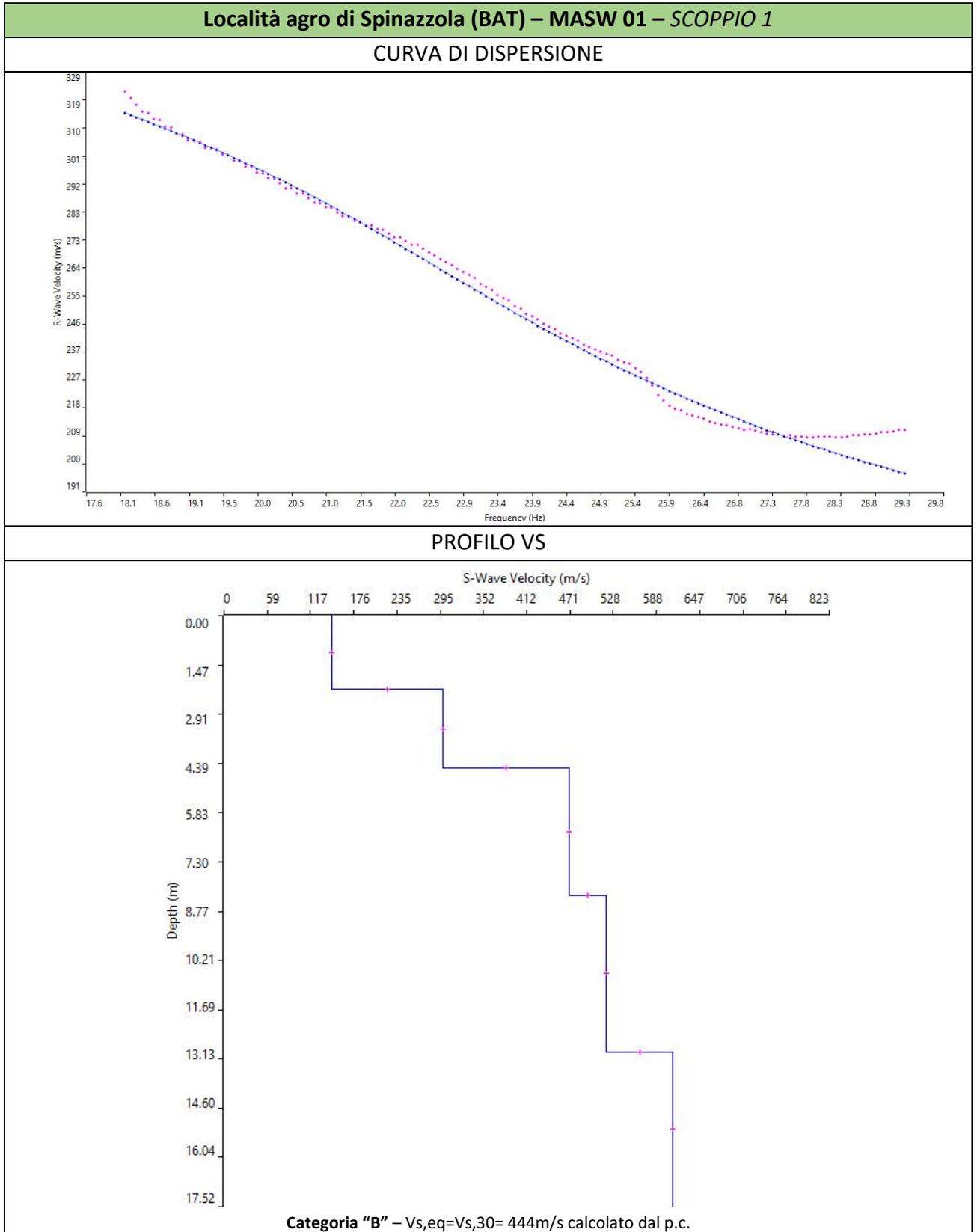


Cat. OS20A Class. I  
Cat. OS20B Class. III Bis



ISO 9001:2015

Certificate No: IT/0146Q/0283





Cat. OS20A Class. I  
Cat. OS20B Class. IIIBis



ISO 9001:2015

Certificate No: IT/0146Q/0283

### Località agro di Spinazzola (BAT) – MASW 01 – SCOPPIO 1

#### N. SISMOSTRATI – SPESSORI – PROFONDITÀ - VELOCITÀ ONDE S

		Thickness	Depth	Vs
Layer 1	<input type="checkbox"/>	2.16	0.00 <input type="checkbox"/>	147
Layer 2	<input type="checkbox"/>	2.37	2.16 <input type="checkbox"/>	297
Layer 3	<input type="checkbox"/>	3.76	4.53 <input type="checkbox"/>	470
Layer 4	<input type="checkbox"/>	4.65	8.29 <input type="checkbox"/>	520
Layer 5	<input type="checkbox"/>	INF	12.93 <input type="checkbox"/>	610



Cat. OS20A Class. I  
Cat. OS20B Class. III Bis

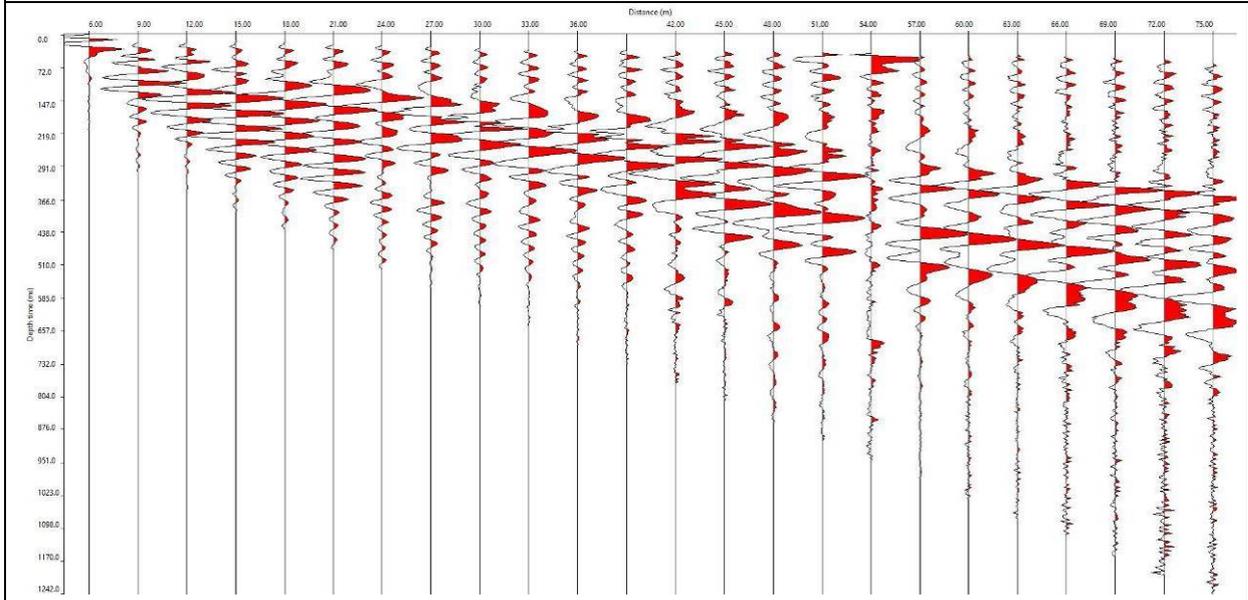


ISO 9001:2015

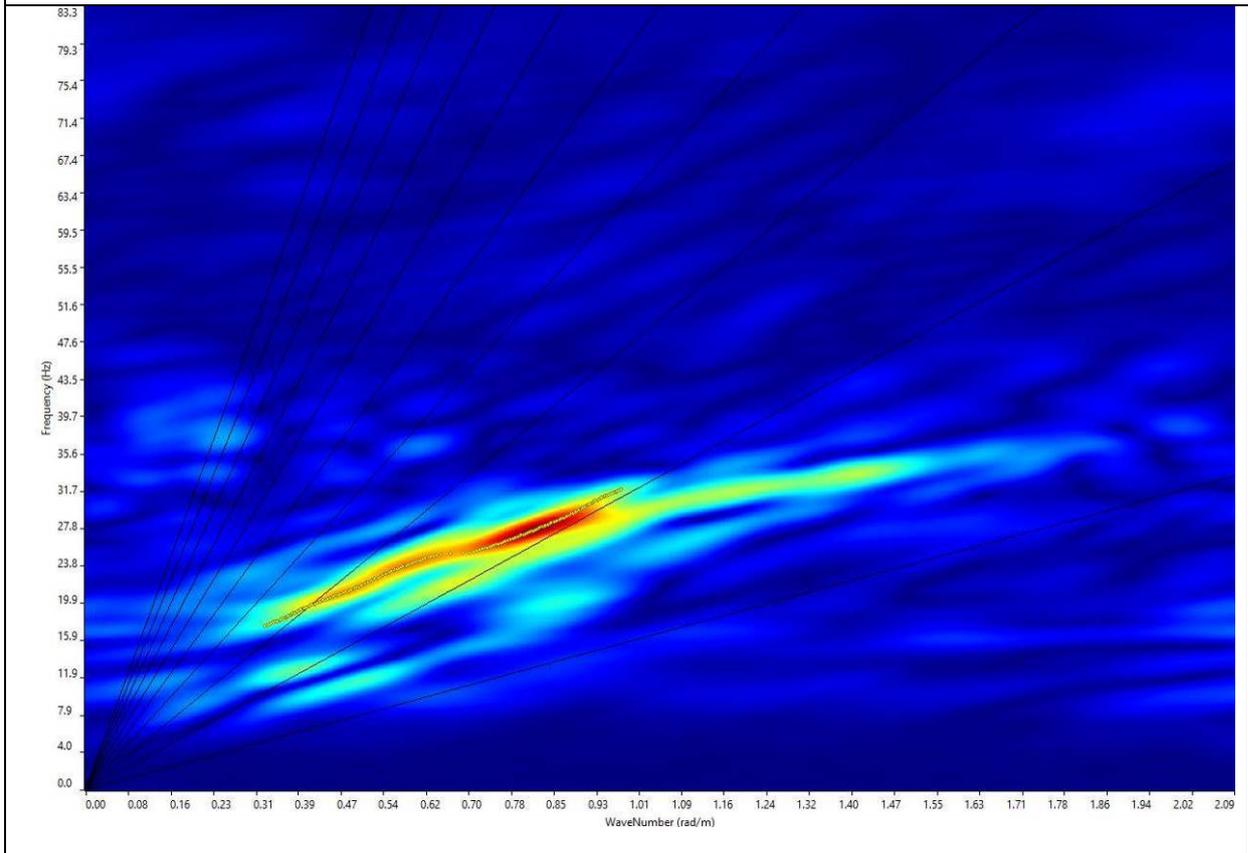
Certificate No: IT/0146Q/0283

### Località agro di Spinazzola (BAT) – MASW 01 – SCOPPIO 2

#### SISMOGRAMMA MEDIO



#### GRAFICO F-K CON L'INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DELLA CURVA DI DISPERSIONE





Cat. OS20A Class. I  
Cat. OS20B Class. III Bis

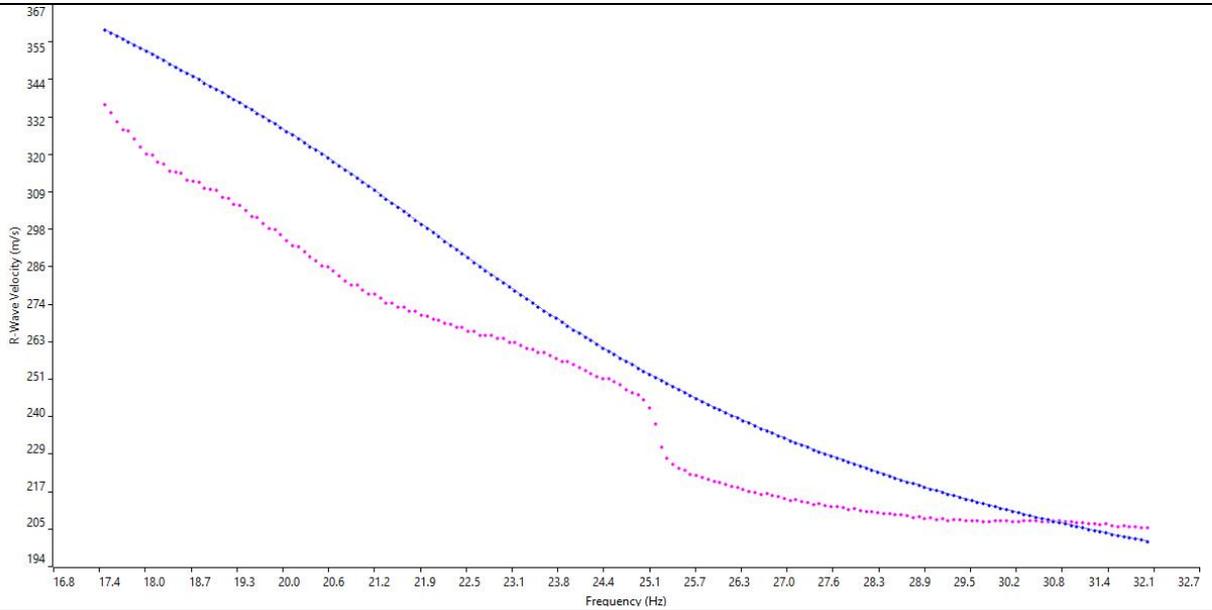


ISO 9001:2015

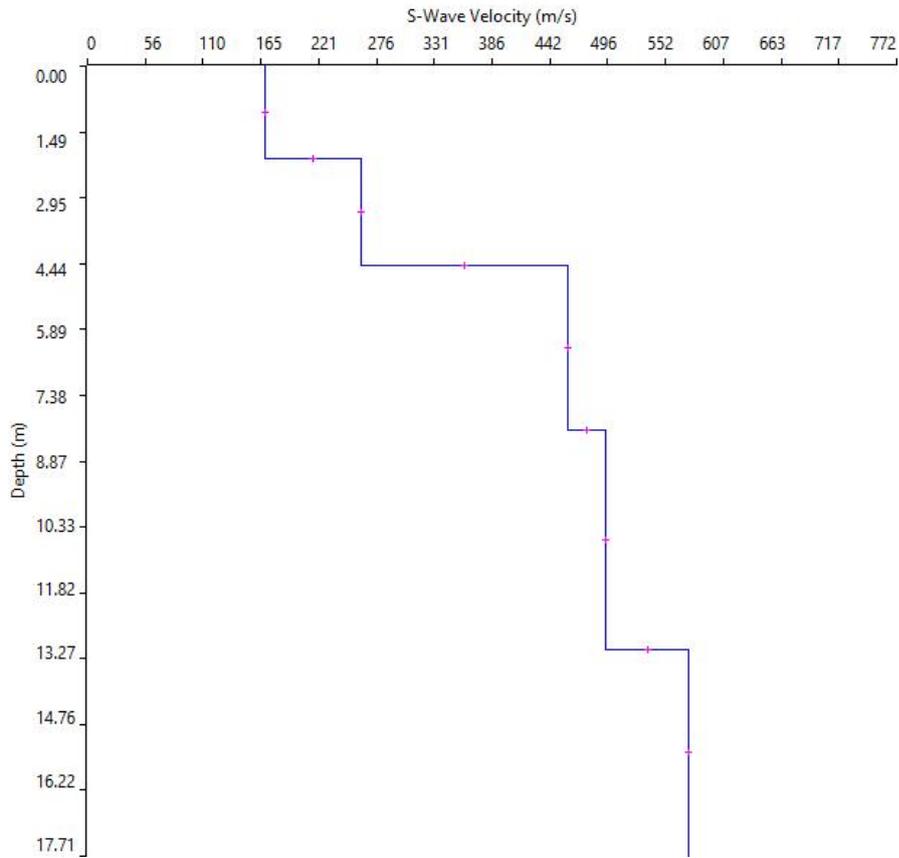
Certificate No: IT/0146Q/0283

**Località agro di Spinazzola (BAT) – MASW 01 – SCOPPIO 2**

**CURVA DI DISPERSIONE**



**PROFILO VS**



**Categoria "B" –  $V_{s,eq} = V_{s,30} = 436$  m/s calcolato dal p.c.**



Cat. OS20A Class. I  
Cat. OS20B Class. IIIBis



ISO 9001:2015

Certificate No: IT/0146Q/0283

### Località agro di Spinazzola (BAT) – MASW 01 – SCOPPIO 2

#### N. SISMOSTRATI – SPESSORI – PROFONDITÀ - VELOCITÀ ONDE S

		Thickness	Depth	Vs
Layer 1	<input type="checkbox"/>	2.06	0.00 <input type="checkbox"/>	170
Layer 2	<input type="checkbox"/>	2.41	2.06 <input type="checkbox"/>	261
Layer 3	<input type="checkbox"/>	3.70	4.47 <input type="checkbox"/>	459
Layer 4	<input type="checkbox"/>	4.90	8.17 <input type="checkbox"/>	495
Layer 5	<input type="checkbox"/>	INF	13.07 <input type="checkbox"/>	574



Cat. OS20A Class. I  
Cat. OS20B Class. IIIBis

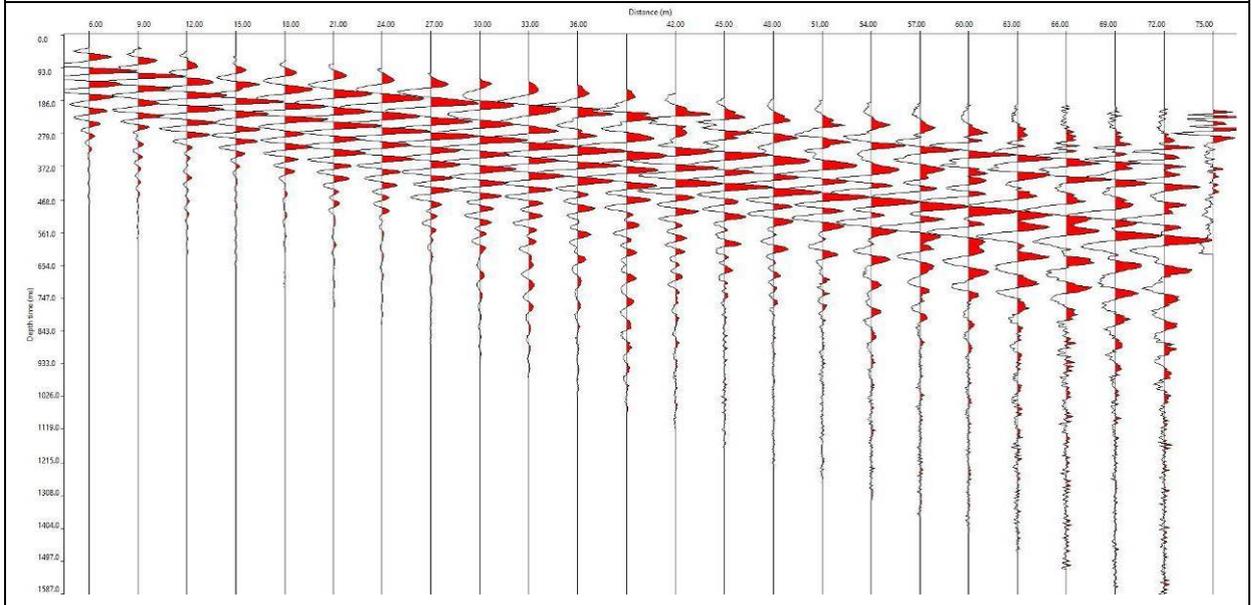


ISO 9001:2015

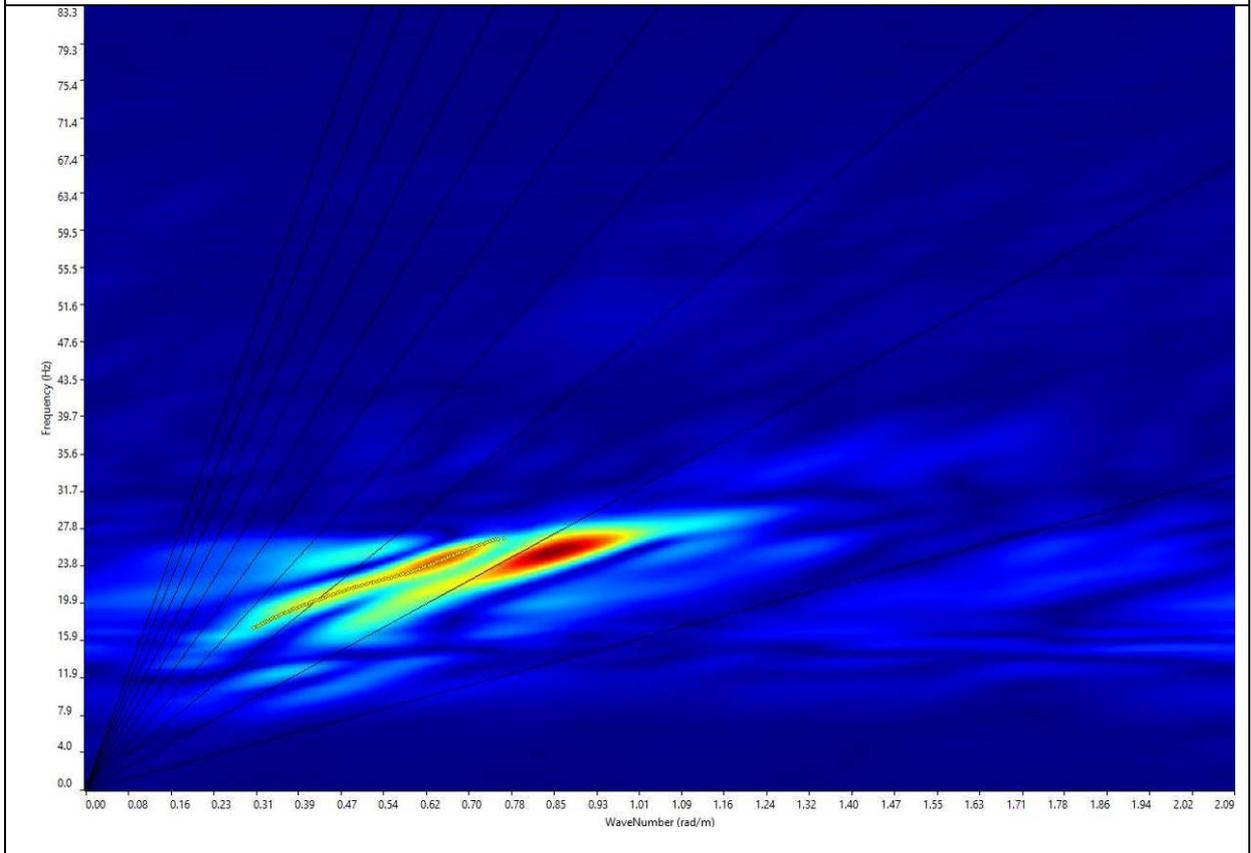
Certificate No: IT/0146Q/0283

### Località agro di Spinazzola (BAT) – MASW 01 – SCOPPIO 3

#### SISMOGRAMMA MEDIO



#### GRAFICO F-K CON L'INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DELLA CURVA DI DISPERSIONE





Cat. OS20A Class. I  
Cat. OS20B Class. III Bis

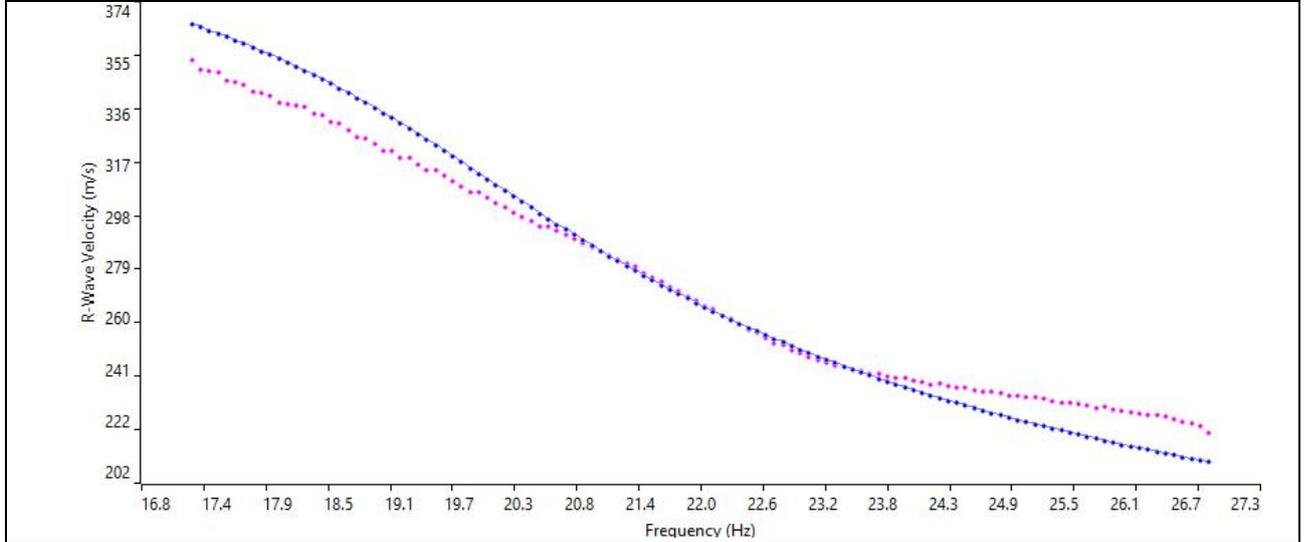


ISO 9001:2015

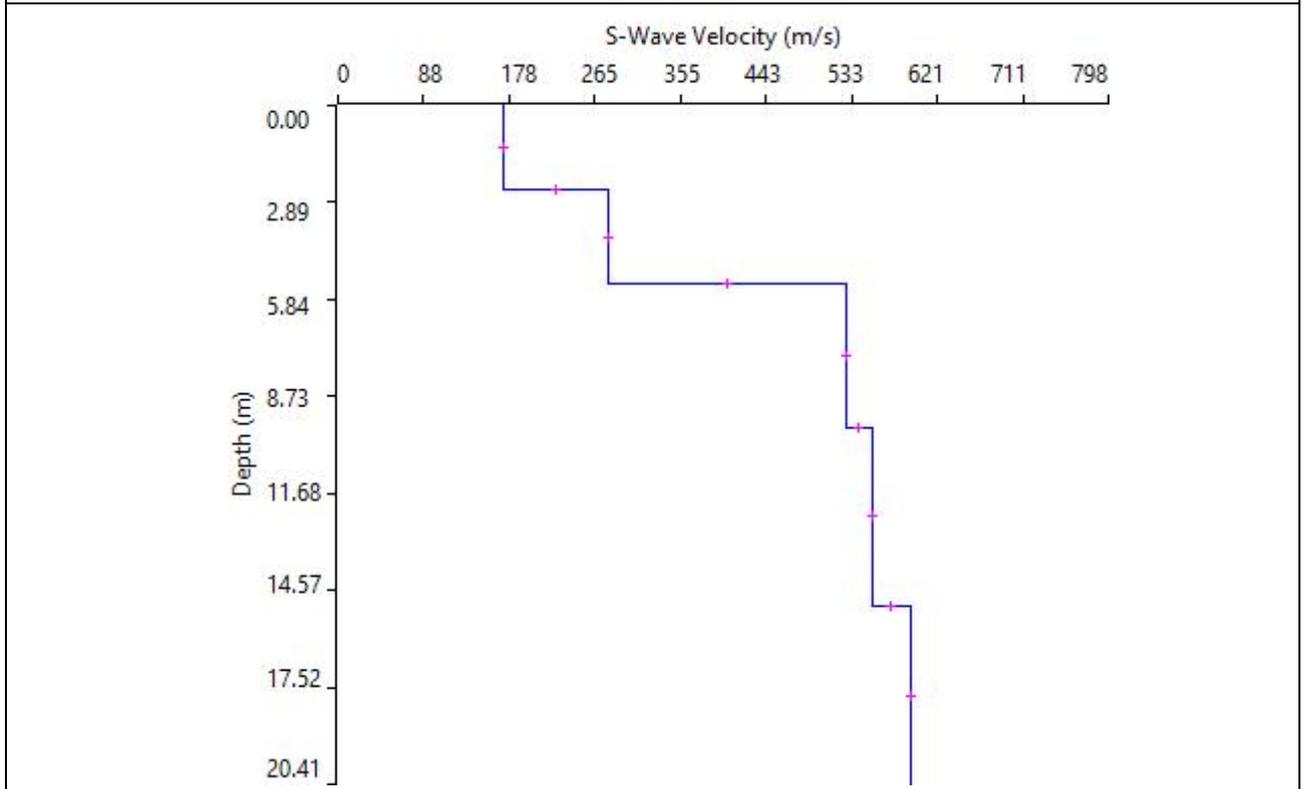
Certificate No: IT/0146Q/0283

**Località agro di Spinazzola (BAT) – MASW 01 – SCOPPIO 3**

**CURVA DI DISPERSIONE**



**PROFILO VS**



**Categoria "B"** –  $V_{s,eq} = V_{s,30} = 441 \text{ m/s}$  calcolato dal p.c.



Cat. OS20A Class. I  
Cat. OS20B Class. IIIBis



ISO 9001:2015

Certificate No: IT/0146Q/0283

### Località agro di Spinazzola (BAT) – MASW 01 – SCOPPIO 3

#### N. SISMOSTRATI – SPESSORI – PROFONDITÀ - VELOCITÀ ONDE S

		Thickness	Depth	Vs
Layer 1	<input type="checkbox"/>	2.53	0.00 <input type="checkbox"/>	171
Layer 2	<input type="checkbox"/>	2.84	2.53 <input type="checkbox"/>	281
Layer 3	<input type="checkbox"/>	4.30	5.37 <input type="checkbox"/>	527
Layer 4	<input type="checkbox"/>	5.40	9.67 <input type="checkbox"/>	553
Layer 5	<input type="checkbox"/>	INF	15.07 <input type="checkbox"/>	593



Cat. OS20A Class. I  
Cat. OS20B Class. III Bis

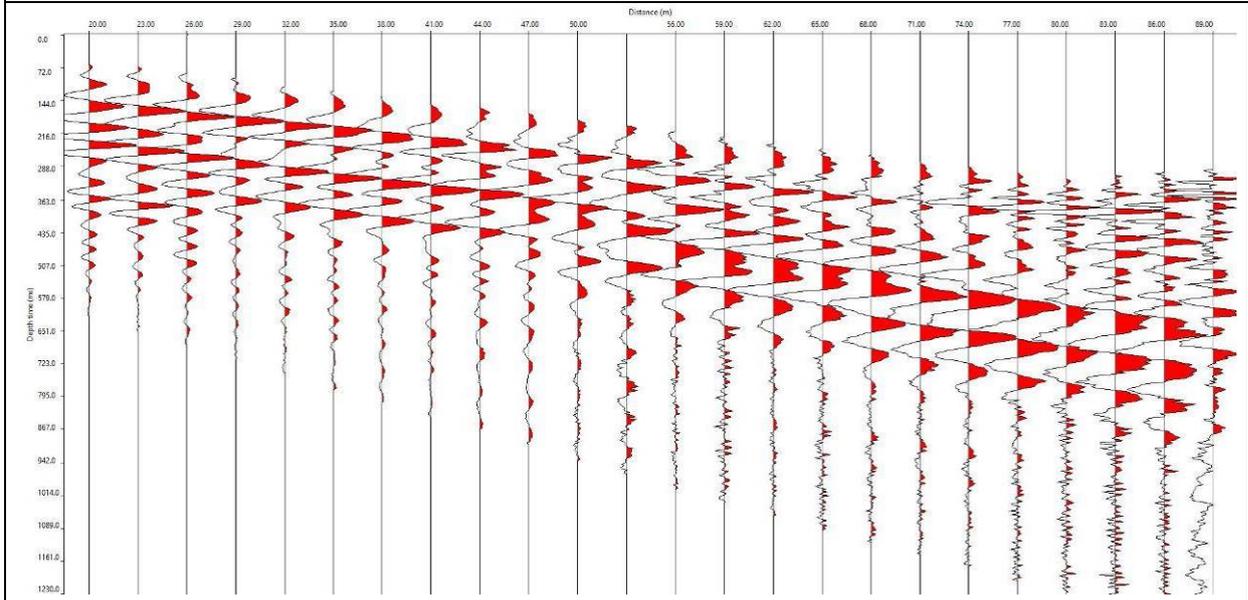


ISO 9001:2015

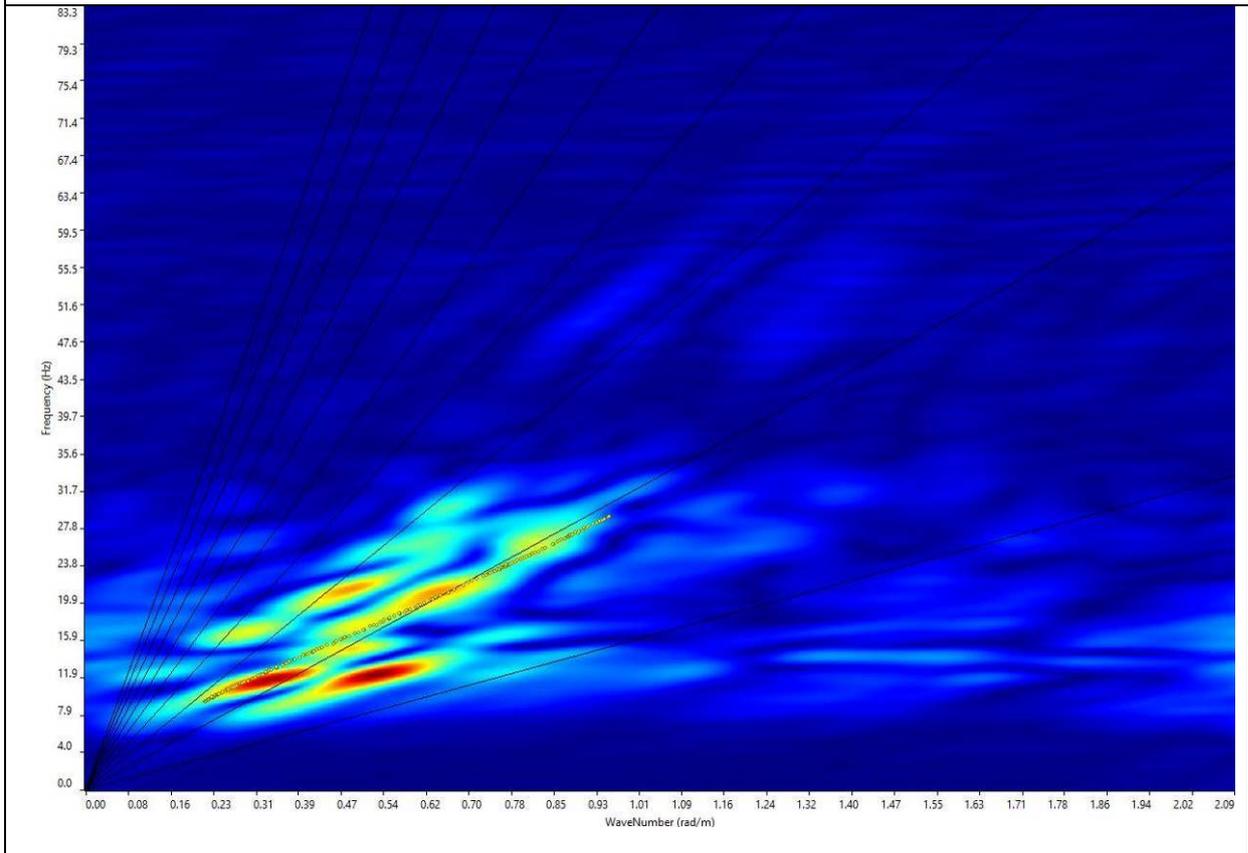
Certificate No: IT/0146Q/0283

### Località agro di Spinazzola (BAT) – MASW 01 – SCOPPIO 4

#### SISMOGRAMMA MEDIO



#### GRAFICO F-K CON L'INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DELLA CURVA DI DISPERSIONE



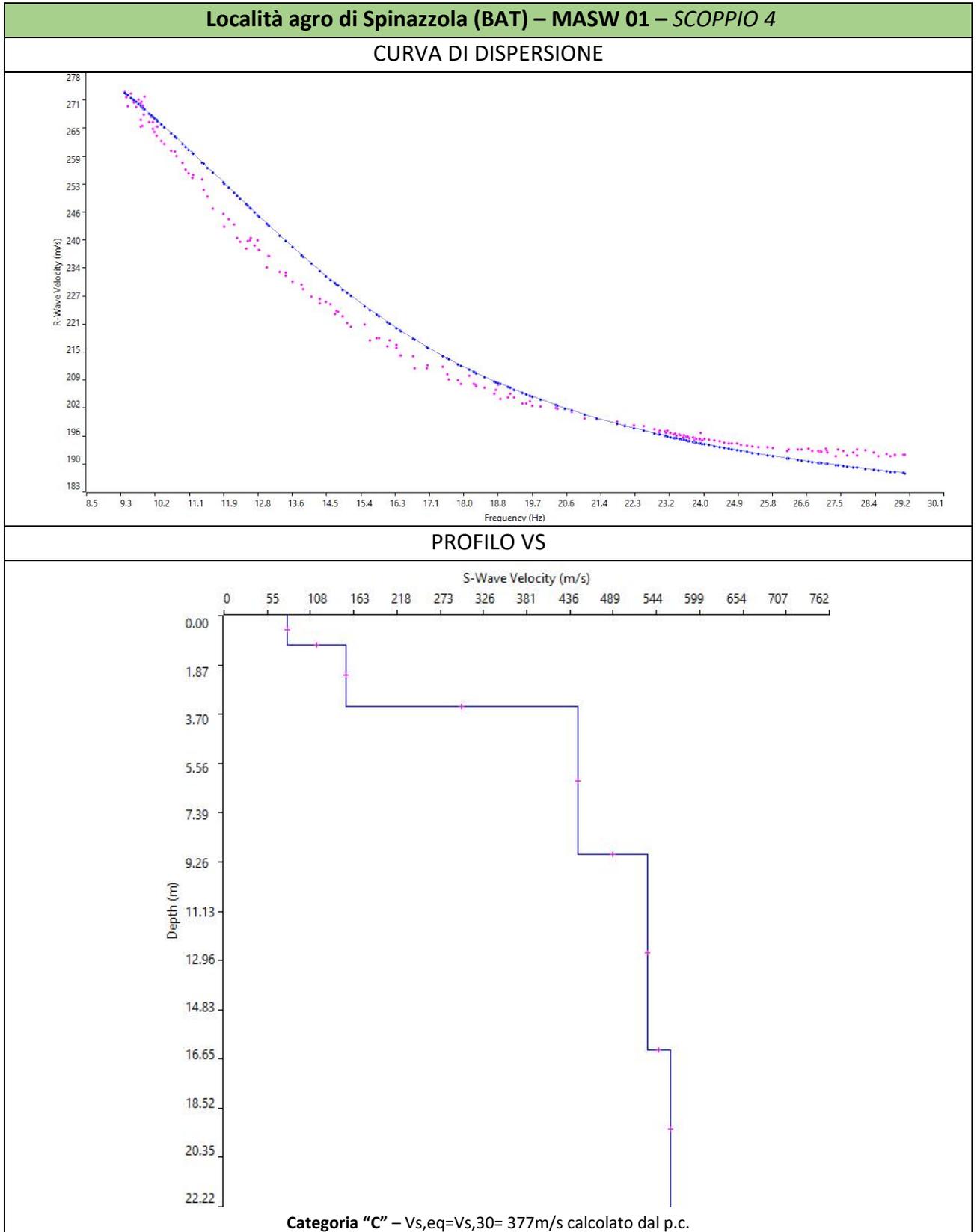


Cat. OS20A Class. I  
Cat. OS20B Class. III Bis



ISO 9001:2015

Certificate No: IT/0146Q/0283





Cat. OS20A Class. I  
Cat. OS20B Class. IIIBis



ISO 9001:2015

Certificate No: IT/0146Q/0283

### Località agro di Spinazzola (BAT) – MASW 01 – SCOPPIO 4

#### N. SISMOSTRATI – SPESSORI – PROFONDITÀ - VELOCITÀ ONDE S

		Thickness	Depth	Vs
Layer 1	<input type="checkbox"/>	1.08	0.00 <input type="checkbox"/>	79
Layer 2	<input type="checkbox"/>	2.34	1.08 <input type="checkbox"/>	153
Layer 3	<input type="checkbox"/>	5.57	3.42 <input type="checkbox"/>	445
Layer 4	<input type="checkbox"/>	7.34	8.99 <input type="checkbox"/>	533
Layer 5	<input type="checkbox"/>	INF	16.33 <input type="checkbox"/>	562



Cat. OS20A Class. I  
Cat. OS20B Class. III Bis



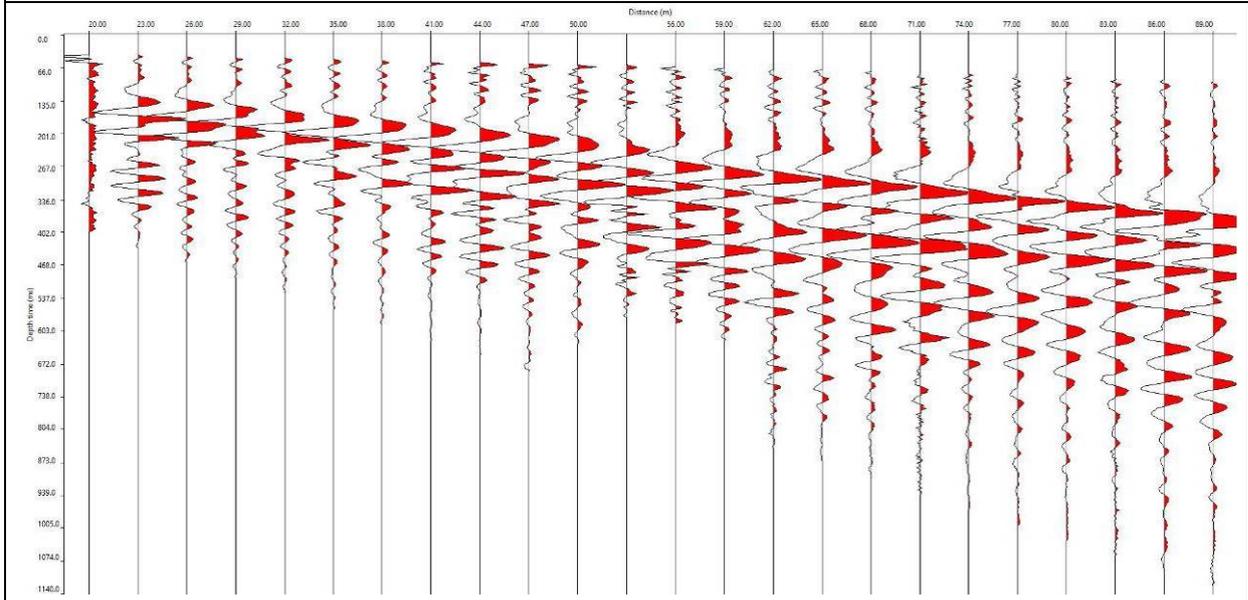
ISO 9001:2015

Certificate No: IT/0146Q/0283

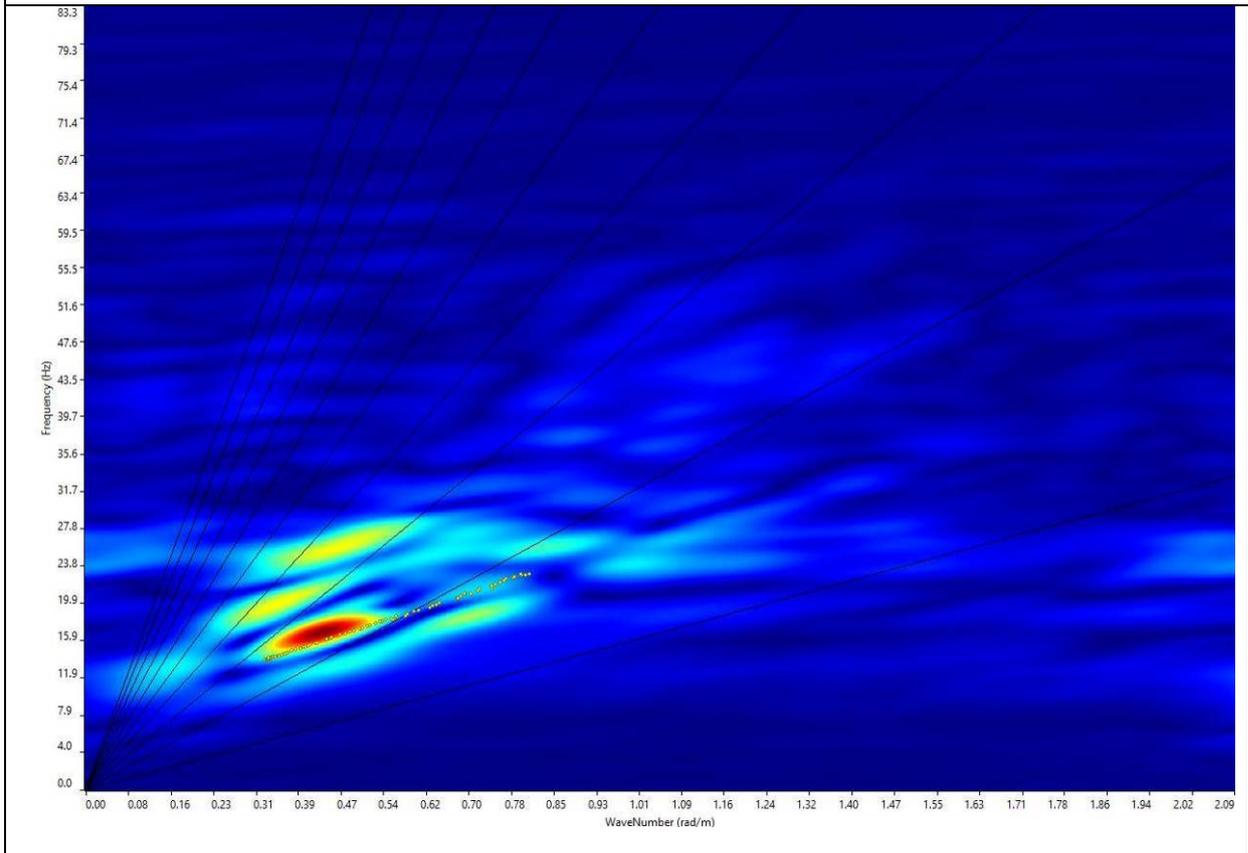
### MASW02

#### Località agro di Spinazzola (BAT) – MASW 02 – SCOPPIO 1

#### SISMOGRAMMA MEDIO



#### GRAFICO F-K CON L'INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DELLA CURVA DI DISPERSIONE





Cat. OS20A Class. I  
Cat. OS20B Class. IIIBis

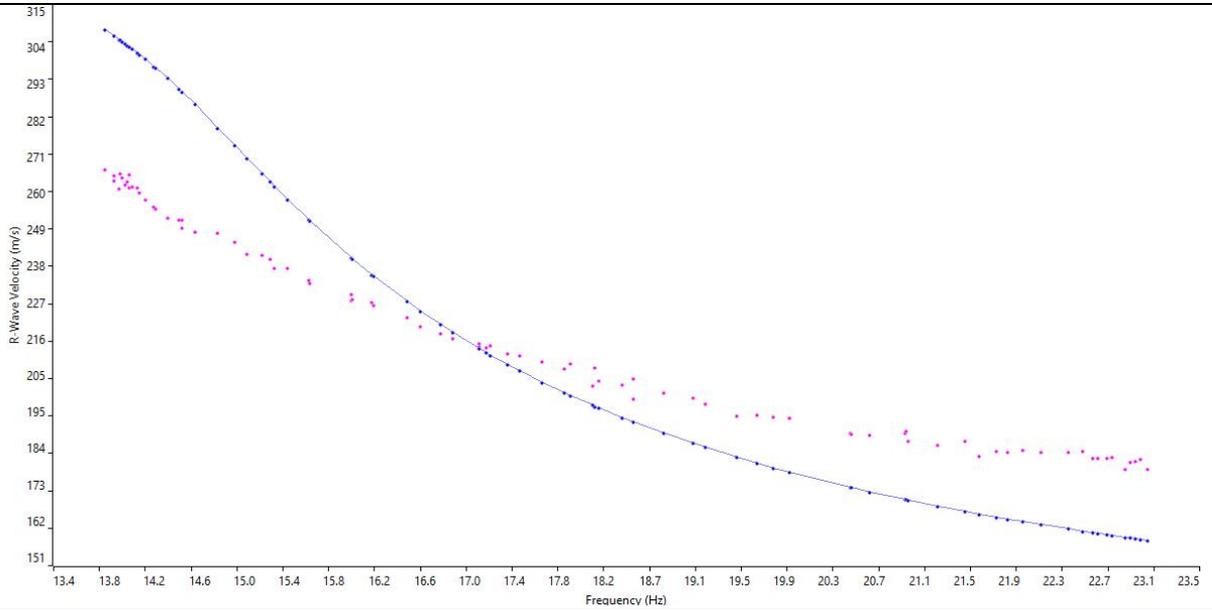


ISO 9001:2015

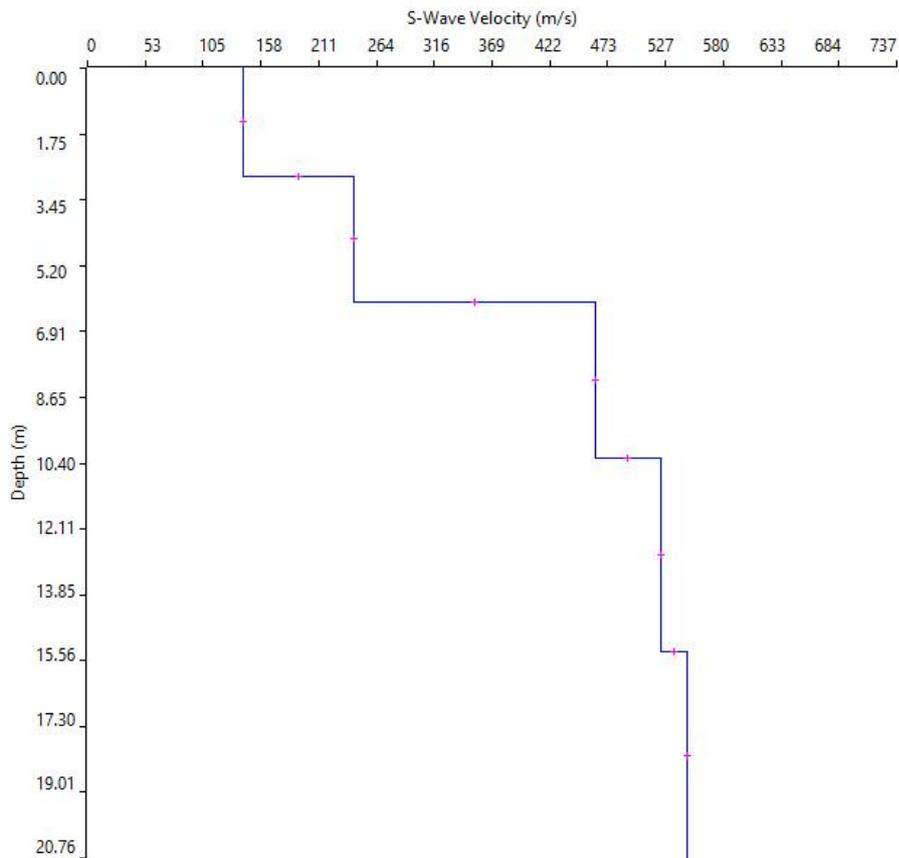
Certificate No: IT/0146Q/0283

**Località agro di Spinazzola (BAT) – MASW 02 – SCOPPIO 1**

**CURVA DI DISPERSIONE**



**PROFILO VS**



**Categoria "B" –  $V_{s,eq} = V_{s,30} = 380$  m/s calcolato dal p.c.**



Cat. OS20A Class. I  
Cat. OS20B Class. IIIBis



ISO 9001:2015

Certificate No: IT/0146Q/0283

### Località agro di Spinazzola (BAT) – MASW 02 – SCOPPIO 1

#### N. SISMOSTRATI – SPESSORI – PROFONDITÀ - VELOCITÀ ONDE S

		Thickness	Depth	Vs
Layer 1	<input type="checkbox"/>	2.84	0.00 <input type="checkbox"/>	142
Layer 2	<input type="checkbox"/>	3.30	2.84 <input type="checkbox"/>	243
Layer 3	<input type="checkbox"/>	4.10	6.14 <input type="checkbox"/>	463
Layer 4	<input type="checkbox"/>	5.10	10.24 <input type="checkbox"/>	522
Layer 5	<input type="checkbox"/>	INF	15.34 <input type="checkbox"/>	547



Cat. OS20A Class. I  
Cat. OS20B Class. III Bis

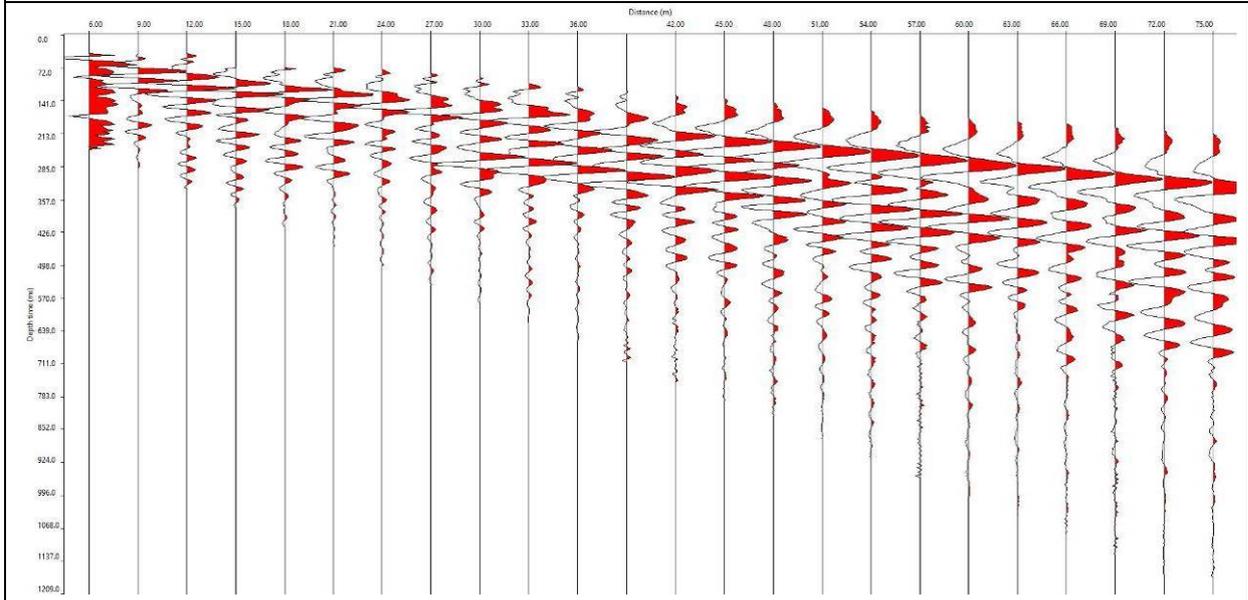


ISO 9001:2015

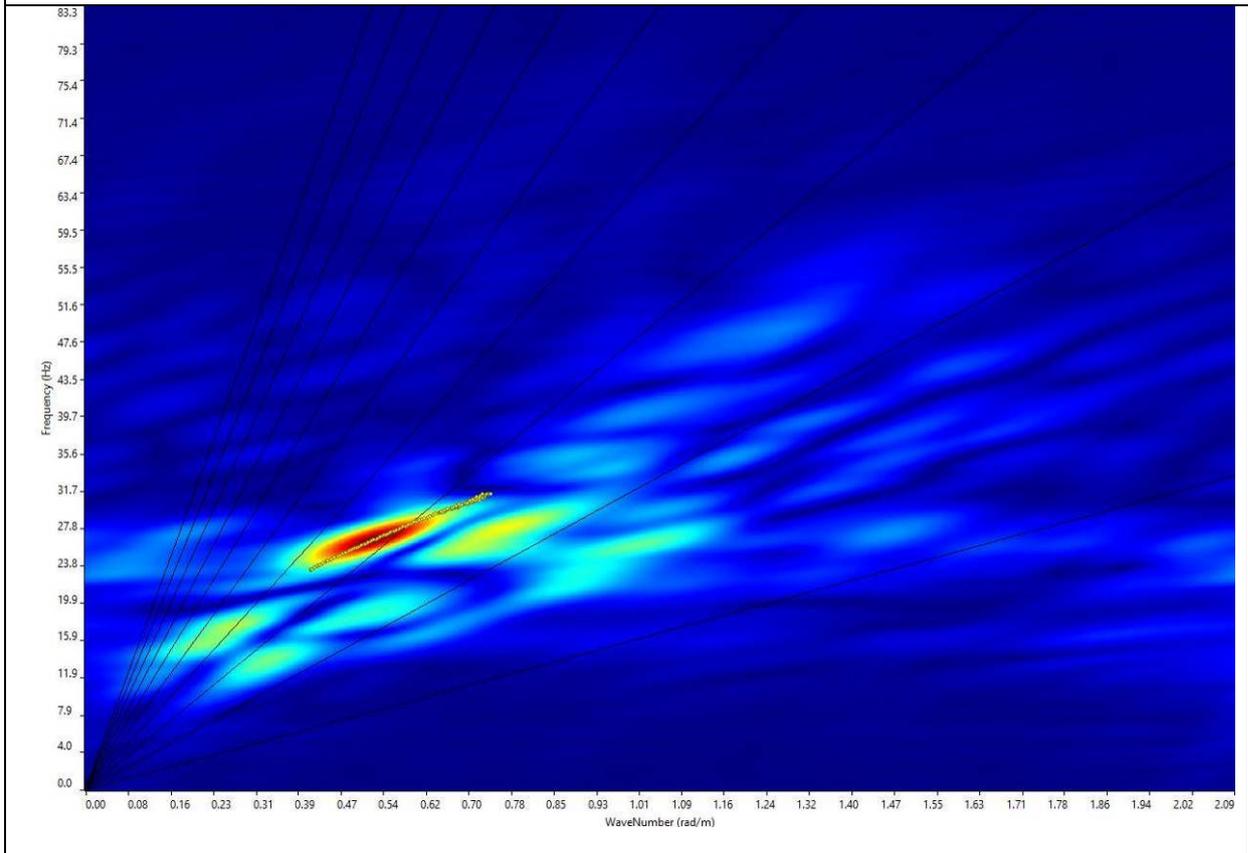
Certificate No: IT/0146Q/0283

### Località agro di Spinazzola (BAT) – MASW 02 – SCOPPIO 2

#### SISMOGRAMMA MEDIO



#### GRAFICO F-K CON L'INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DELLA CURVA DI DISPERSIONE



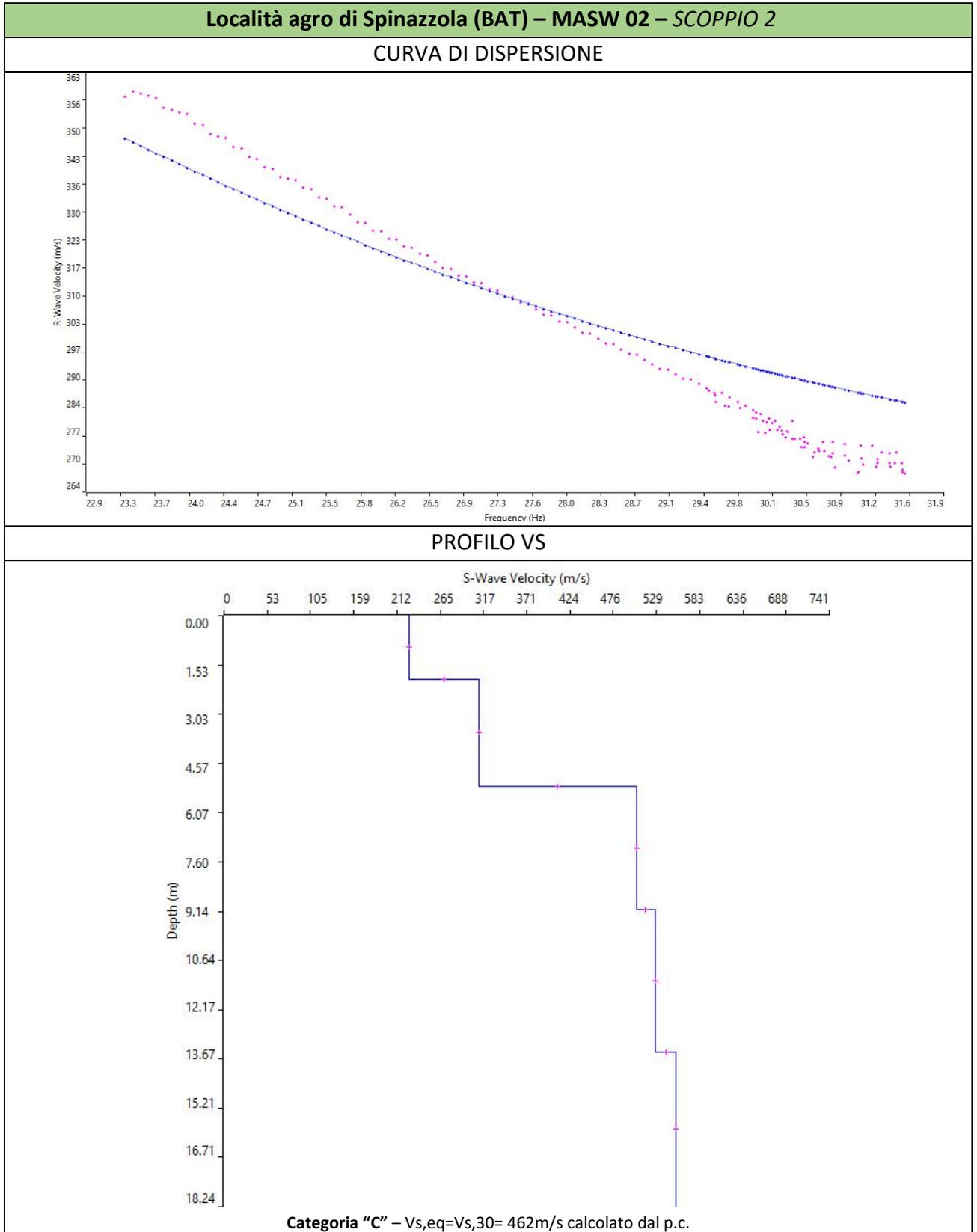


Cat. OS20A Class. I  
Cat. OS20B Class. III Bis



ISO 9001:2015

Certificate No: IT/0146Q/0283





Cat. OS20A Class. I  
Cat. OS20B Class. IIIBis



ISO 9001:2015

Certificate No: IT/0146Q/0283

### Località agro di Spinazzola (BAT) – MASW 02 – SCOPPIO 2

#### N. SISMOSTRATI – SPESSORI – PROFONDITÀ - VELOCITÀ ONDE S

		Thickness	Depth	Vs
Layer 1	<input type="checkbox"/>	1.96	0.00 <input type="checkbox"/>	227
Layer 2	<input type="checkbox"/>	3.30	1.96 <input type="checkbox"/>	312
Layer 3	<input type="checkbox"/>	3.80	5.26 <input type="checkbox"/>	505
Layer 4	<input type="checkbox"/>	4.40	9.06 <input type="checkbox"/>	528
Layer 5	<input type="checkbox"/>	INF	13.46 <input type="checkbox"/>	554



Cat. OS20A Class. I  
Cat. OS20B Class. III Bis

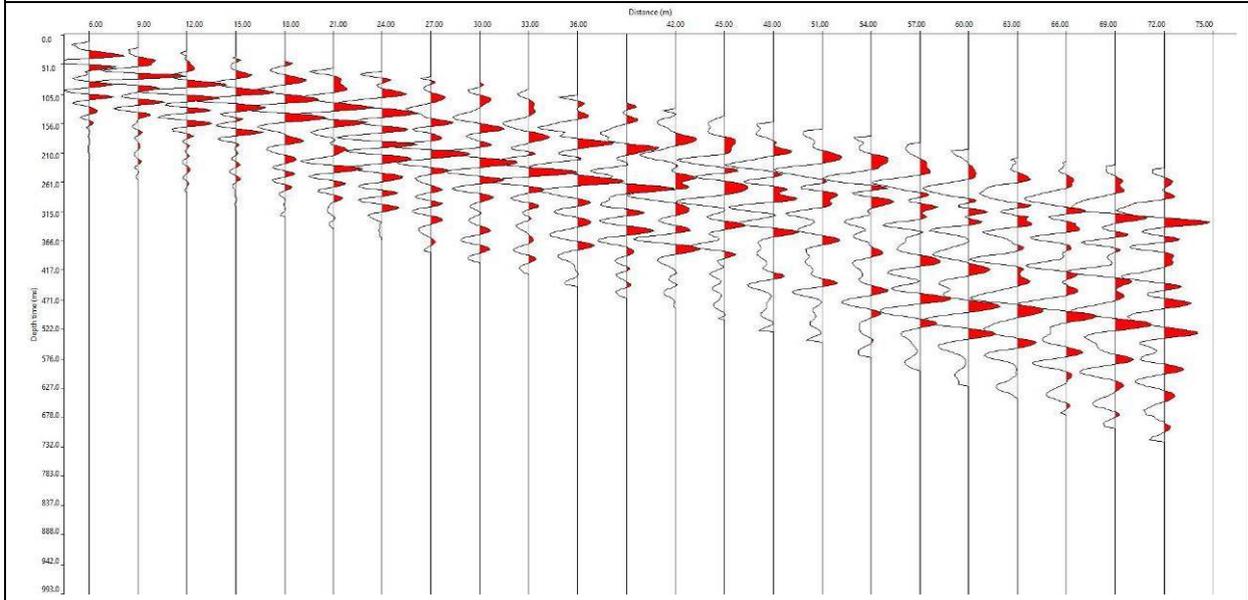


ISO 9001:2015

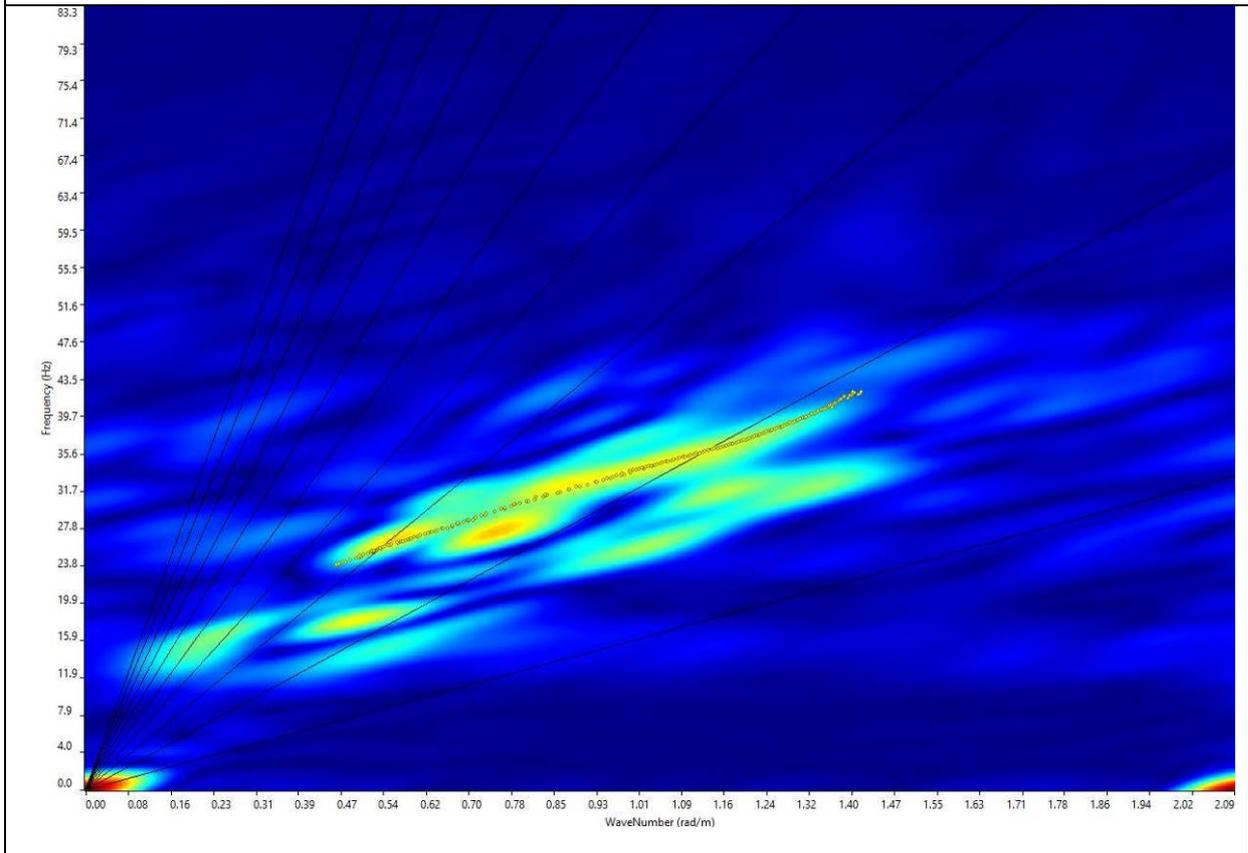
Certificate No: IT/0146Q/0283

### Località agro di Spinazzola (BAT) – MASW 02 – SCOPPIO 3

#### SISMOGRAMMA MEDIO



#### GRAFICO F-K CON L'INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DELLA CURVA DI DISPERSIONE





Cat. OS20A Class. I  
Cat. OS20B Class. III Bis

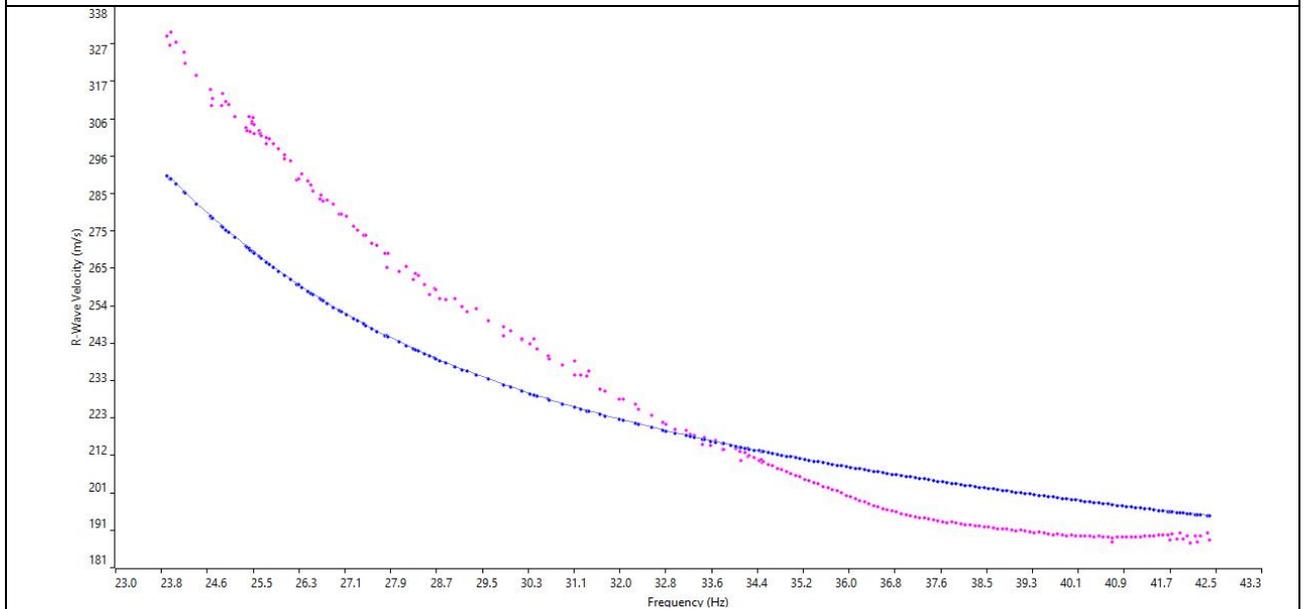


ISO 9001:2015

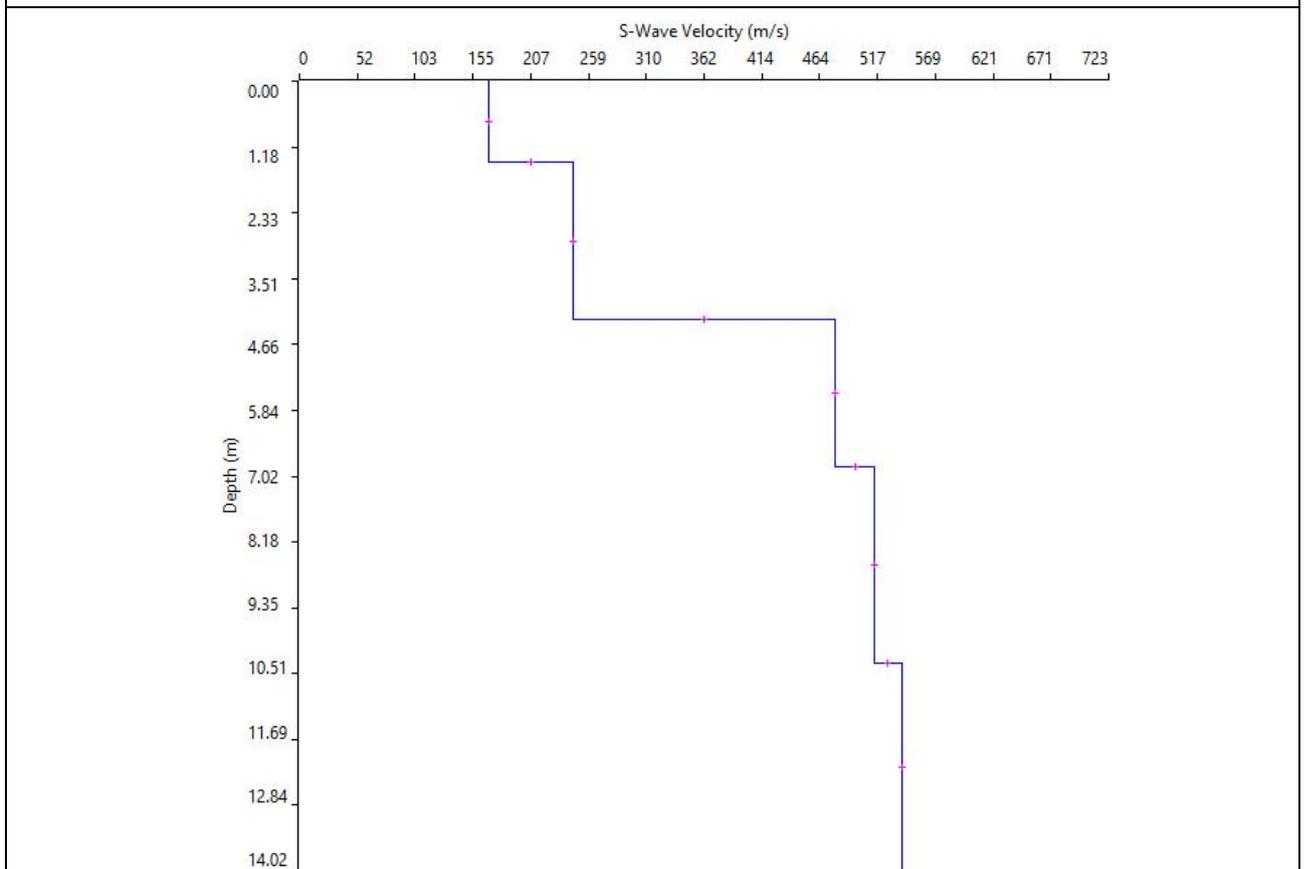
Certificate No: IT/0146Q/0283

**Località agro di Spinazzola (BAT) – MASW 02 – SCOPPIO 3**

**CURVA DI DISPERSIONE**



**PROFILO VS**



**Categoria "B" –  $V_{s,eq} = V_{s,30} = 437 \text{ m/s}$  calcolato dal p.c.**



Cat. OS20A Class. I  
Cat. OS20B Class. IIIBis



ISO 9001:2015

Certificate No: IT/0146Q/0283

### Località agro di Spinazzola (BAT) – MASW 02 – SCOPPIO 3

#### N. SISMOSTRATI – SPESSORI – PROFONDITÀ - VELOCITÀ ONDE S

		Thickness	Depth	Vs
Layer 1	<input type="checkbox"/>	1.43	0.00 <input type="checkbox"/>	169
Layer 2	<input type="checkbox"/>	2.81	1.43 <input type="checkbox"/>	245
Layer 3	<input type="checkbox"/>	2.60	4.24 <input type="checkbox"/>	479
Layer 4	<input type="checkbox"/>	3.50	6.84 <input type="checkbox"/>	514
Layer 5	<input type="checkbox"/>	INF	10.34 <input type="checkbox"/>	538



Cat. OS20A Class. I  
Cat. OS20B Class. IIIBis

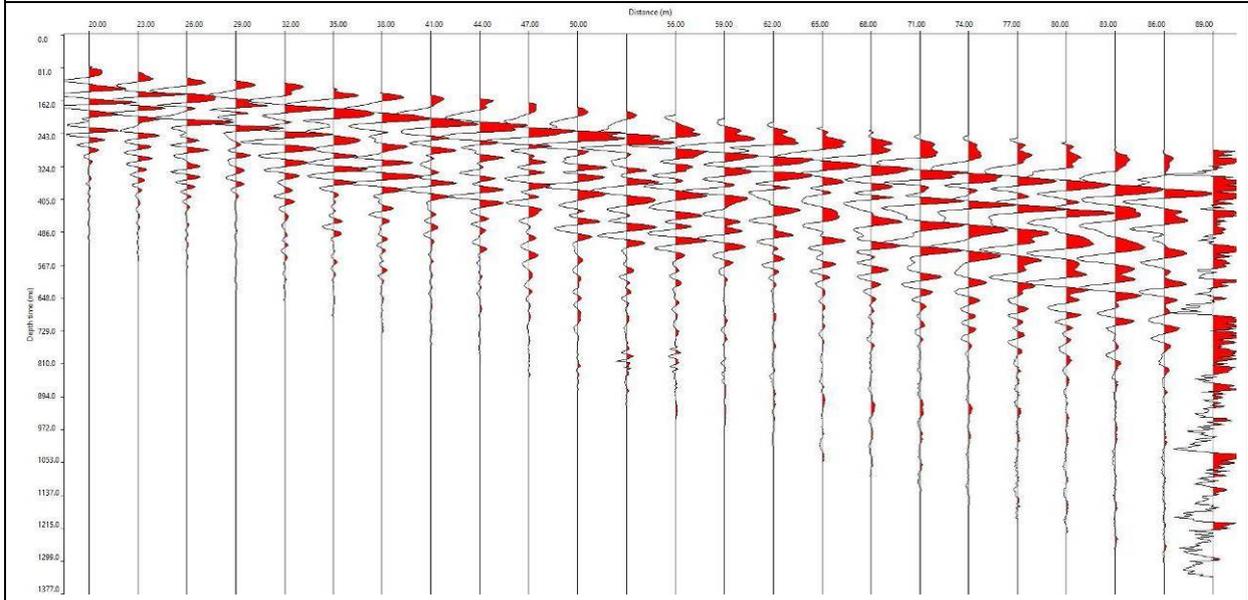


ISO 9001:2015

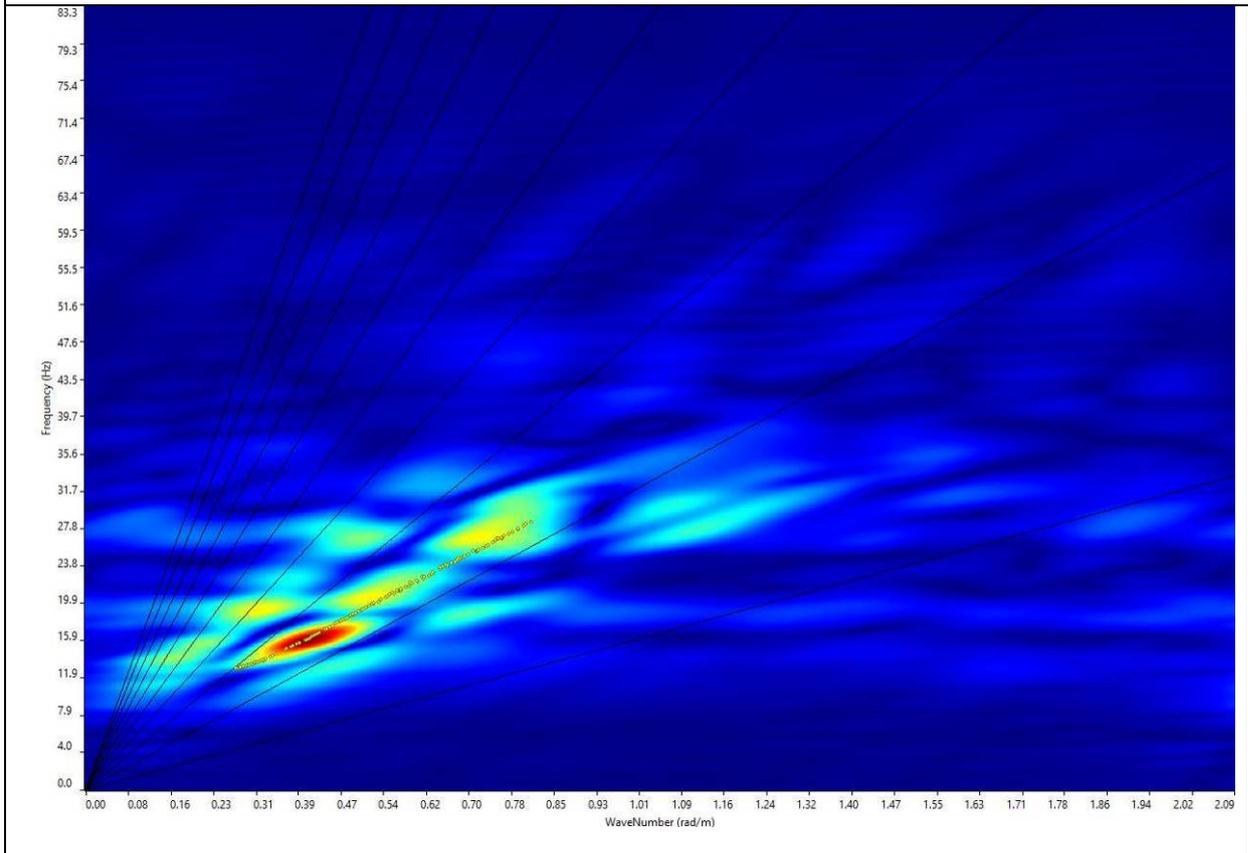
Certificate No: IT/0146Q/0283

### Località agro di Spinazzola (BAT) – MASW 02 – SCOPPIO 4

#### SISMOGRAMMA MEDIO



#### GRAFICO F-K CON L'INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DELLA CURVA DI DISPERSIONE





Cat. OS20A Class. I  
Cat. OS20B Class. III Bis

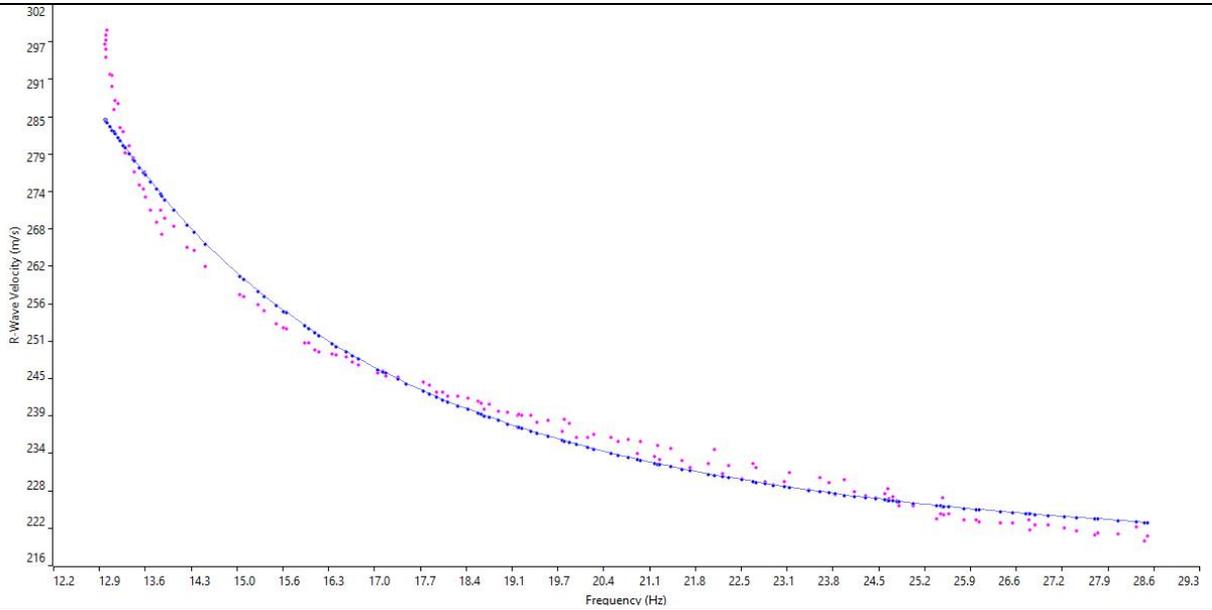


ISO 9001:2015

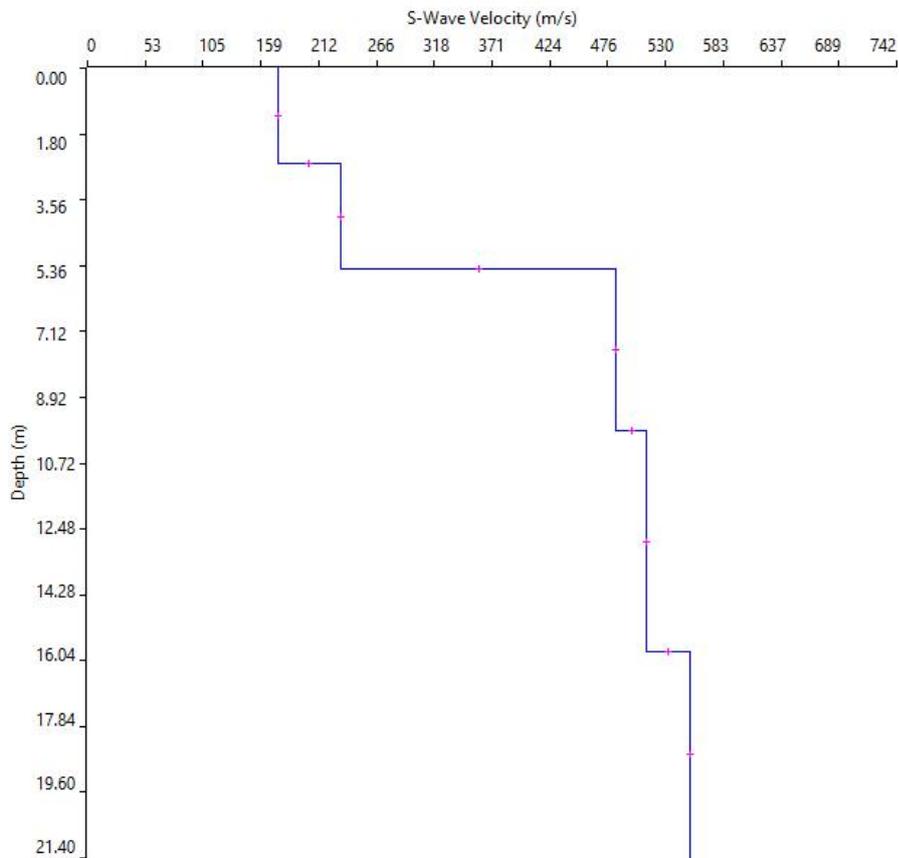
Certificate No: IT/0146Q/0283

**Località agro di Spinazzola (BAT) – MASW 02 – SCOPPIO 4**

**CURVA DI DISPERSIONE**



**PROFILO VS**



**Categoria "B" –  $V_{s,eq} = V_{s,30} = 408 \text{ m/s}$  calcolato dal p.c.**



Cat. OS20A Class. I  
Cat. OS20B Class. IIIBis



ISO 9001:2015

Certificate No: IT/0146Q/0283

**Località agro di Spinazzola (BAT) – MASW 02 – SCOPPIO 4**

**N. SISMOSTRATI – SPESSORI – PROFONDITÀ - VELOCITÀ ONDE S**

		Thickness	Depth	Vs
Layer 1	<input type="checkbox"/>	2.60	0.00 <input type="checkbox"/>	175
Layer 2	<input type="checkbox"/>	2.83	2.60 <input type="checkbox"/>	232
Layer 3	<input type="checkbox"/>	4.40	5.43 <input type="checkbox"/>	485
Layer 4	<input type="checkbox"/>	5.97	9.83 <input type="checkbox"/>	513
Layer 5	<input type="checkbox"/>	INF	15.80 <input type="checkbox"/>	552



Cat. OS20A Class. I  
Cat. OS20B Class. IIIBis

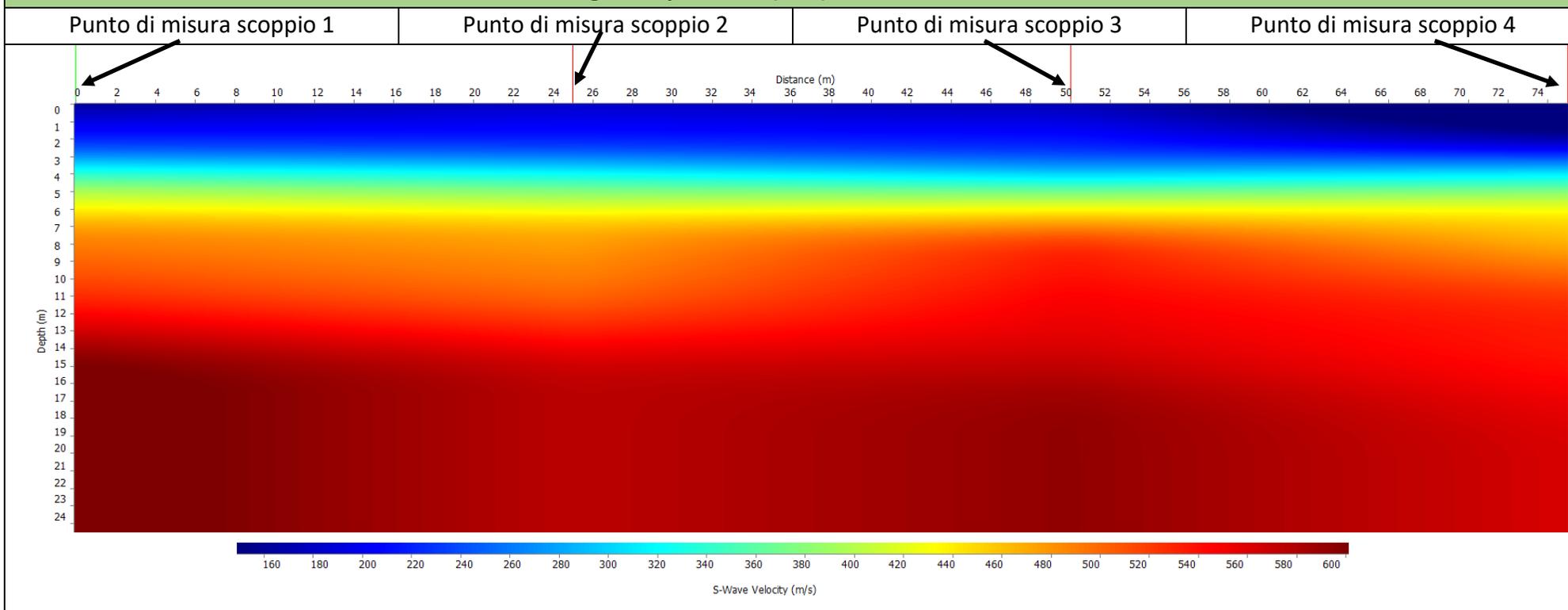


ISO 9001:2015

Certificate No: IT/0146Q/0283

### SEZIONI MASW01 2D

#### Località agro di Spinazzola (BAT) – MASW 01 – SEZIONE 2D





Cat. OS20A Class. I  
Cat. OS20B Class. IIIBis

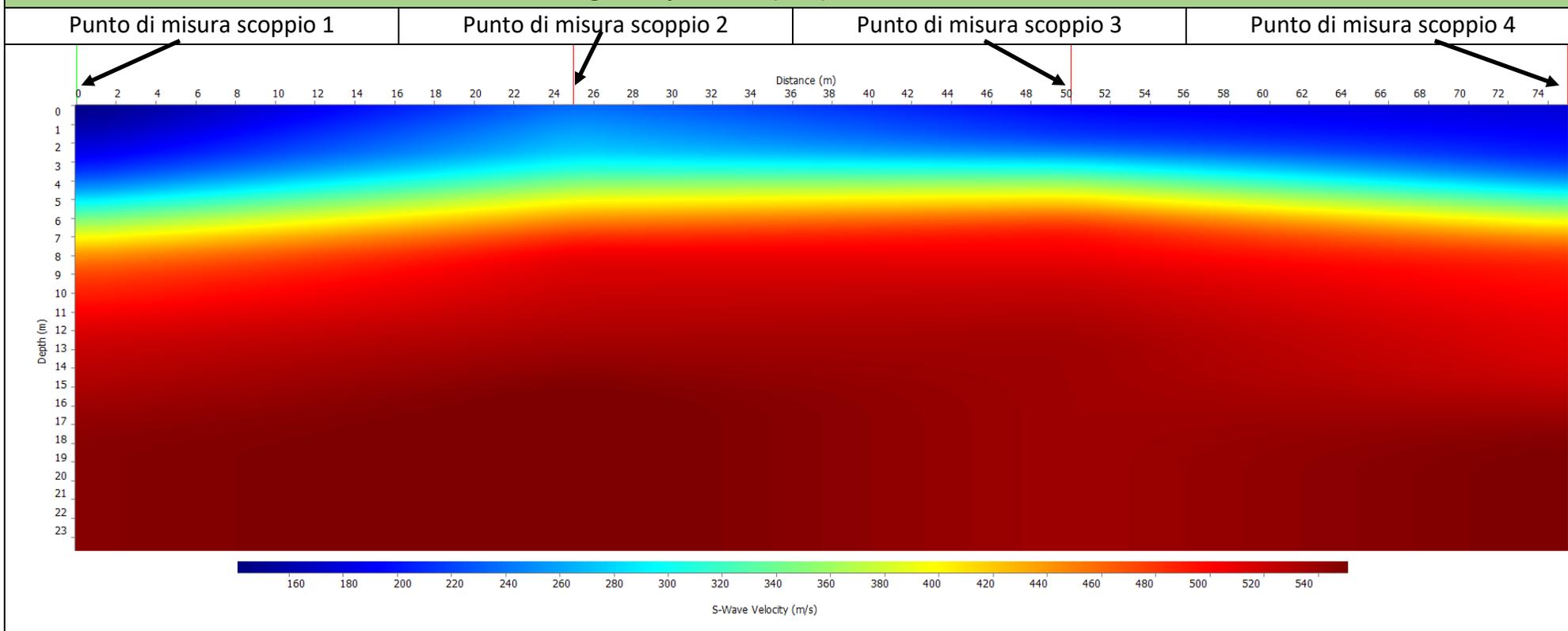


ISO 9001:2015

Certificate No: IT/0146Q/0283

### SEZIONI MASW02 2D

#### Località agro di Spinazzola (BAT) – MASW 02 – SEZIONE 2D





## ALLEGATO 03 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

- PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE DI SUPERFICIE IN ONDE P
- PROSPEZIONE SISMICA DI SUPERFICIE PER LA STIMA DEL VS,EQ: MASW 01



Cat. OS20A Class. I  
Cat. OS20B Class. IIIBis



ISO 9001:2015

Certificate No: IT/0146Q/0283

**Località agro di Spinazzola (BAT): BS01 e BS02 in onde P e MASW 2D**

BS01 e MASW 01, con p.to di vista dal geofono G1



BS01 e MASW 01, con p.to di vista dal geofono G24



BS01 e MASW 01, particolare della strumentazione



BS02 e MASW2, con p.to di vista dal geofono G1



BS02 e MASW2, con p.to di vista dal geofono G24



BS02 e MASW2, con p.to di vista dal geofono G1

