

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/19426	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE LAZIO	LSC-202	
	PROGETTO Potenziamento Allacciamento Centrale Enel di Torrevaldaliga Nord (Roma) DN 400 (16") – DP 75 bar in Comune di Civitavecchia (RM)	Pagina 1 di 14	Rev. 0

Metanodotto:

POT. ALL. CENTRALE ENEL DI TORREVALDALIGA NORD (ROMA)
DN 400 (16") – DP 75 bar

REPORT INDAGINI GEOGNOSTICHE

Documentazione integrativa
STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE



0	Emissione	Gasperini	Polloni	Luminari	20/01/2020
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/19426	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE LAZIO	LSC-202	
	PROGETTO Potenziamento Allacciamento Centrale Enel di Torrevaldaliga Nord (Roma) DN 400 (16") – DP 75 bar in Comune di Civitavecchia (RM)	Pagina 2 di 14	Rev. 0

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO	4
3	LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI E GEOLOGICI.....	6
3.1	Inquadramento geologico.....	6
3.2	Inquadramento geomorfologico.....	8
4	QUADRO DELLE INDAGINI ESEGUITE	9
4.1	Perforazioni a carotaggio continuo.....	9
4.2	Parametri derivanti da prove SPT per terreni granulari.....	10
4.3	Indagini geofisiche	10
6	ALLEGATI	13

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/19426	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE LAZIO	LSC-202	
	PROGETTO Potenziamento Allacciamento Centrale Enel di Torrevaldaliga Nord (Roma) DN 400 (16") – DP 75 bar in Comune di Civitavecchia (RM)	Pagina 3 di 14	Rev. 0

1 PREMESSA

Il presente report è parte integrante alla *Relazione geologica LSC-170* emessa nell'ambito dello Studio d'Impatto Ambientale relativo al progetto per la realizzazione del metanodotto "Potenziamento Allacciamento Centrale Enel di Torrevaldaliga Nord (Roma) DN 400 (16") – DP 75 bar", avente una lunghezza complessiva di 0+523 km.

Lo scopo del presente elaborato è illustrare i risultati provenienti dalla campagna d'indagine geognostica condotta da GIT Service, costituito da:

- 3 sondaggi a carotaggio continuo profondi 15 m
- rilievi geofisici sismici (MASW e HVSR)

Le indagini in esso contenute sono state programmate per l'acquisizione di elementi utili ai fini della ricostruzione sia del modello geologico-geotecnico che sismico dei terreni in corrispondenza di aree di interesse progettuale. Tali dati saranno necessari per basare i successivi studi in fase di progettazione.

Lo studio effettuato tiene conto della legislazione, della normativa e delle raccomandazioni vigenti, in particolare di:

- D.M. 11 Marzo 1988: *Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.*
- CIRC. 24 Settembre 1988 n° 30483. D.M. 11 Marzo 1988: *Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni, Istruzioni per l'applicazione.*
- Ordinanza n. 3274 della Presidenza del Consiglio: *Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per la costruzione in zona sismica*
- Ordinanza n. 3274 della Presidenza del Consiglio: *Norme tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni*
- UNI ENV 1977-1- EUROCODICE n° 7: *Progettazione geotecnica*
- UNI ENV 1998- 5 - EUROCODICE n° 8: *Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture: Parte 5 fondazioni, strutture di contenimento e aspetti geotecnici*
- D.M. 17 Gennaio 2018: *Norme Tecniche per le costruzioni.*
- Circolare applicativa del D.M. 17/01/2018 (NTC 2018) del 11/02/2019

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/19426	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE LAZIO	LSC-202	
	PROGETTO Potenziamento Allacciamento Centrale Enel di Torrevaldaliga Nord (Roma) DN 400 (16") – DP 75 bar in Comune di Civitavecchia (RM)	Pagina 4 di 14	Rev. 0

2 LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

L'area in cui si colloca il tracciato in oggetto è localizzata nel territorio del comune di Civitavecchia, in provincia di Roma (v. Corografia in Fig. 2/A).

Essa ricade nel foglio IGM 142 Civitavecchia a scala 1:100.000 e nel foglio 363064 della cartografia tecnica della Regione Lazio a scala 1:10.000, di cui si riporta in figura 2 uno stralcio con il tracciato. La planimetria di progetto è rappresentata sul disegno COMIS NR/19426 PG-TP-001 (v. Fig. 2/B). In figura 2/C viene riportata l'ubicazione su immagine aerea Google.

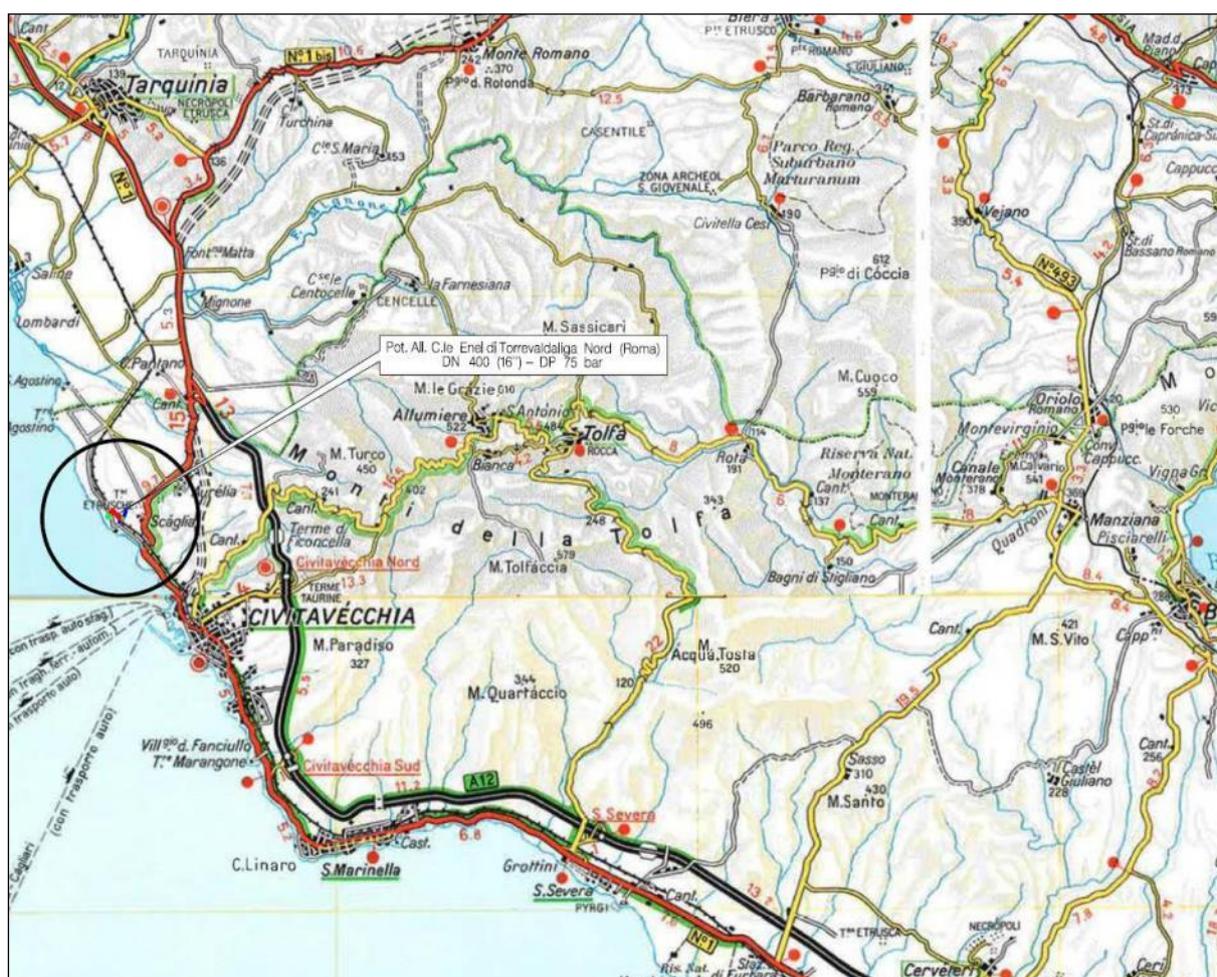


Figura 2/A – Corografia 1:200.000, con localizzazione del tracciato (cerchio nero)

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/19426	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE LAZIO	LSC-202	
	PROGETTO Potenziamento Allacciamento Centrale Enel di Torrevaldaliga Nord (Roma) DN 400 (16") – DP 75 bar in Comune di Civitavecchia (RM)	Pagina 5 di 14	Rev. 0

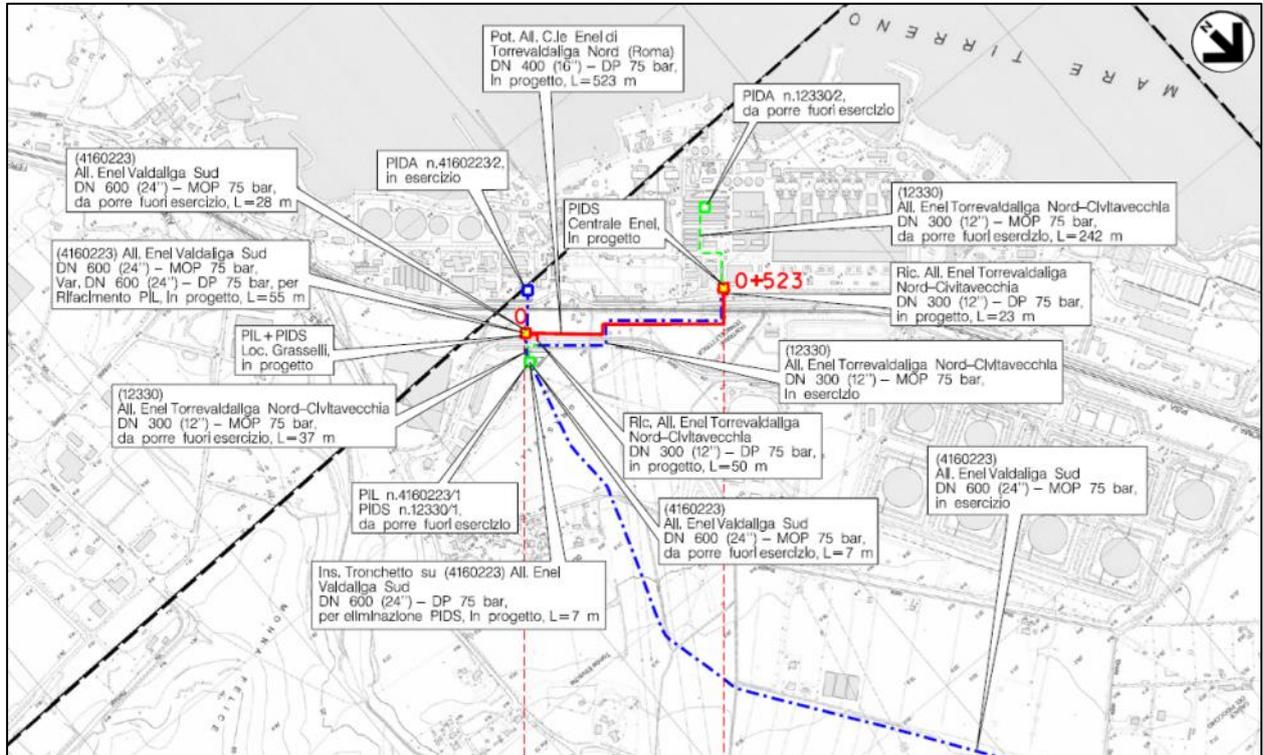


Figura 2/B – Stralcio planimetrico con localizzazione del tracciato in progetto

In Figura 2/C è rappresentata l'immagine aerea, tratta da Google Earth.



Figura 2/C – Immagine aerea del sito (su base Google Earth).

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/19426	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE LAZIO	LSC-202	
	PROGETTO Potenziamento Allacciamento Centrale Enel di Torvaldaliga Nord (Roma) DN 400 (16") – DP 75 bar in Comune di Civitavecchia (RM)	Pagina 6 di 14	Rev. 0

3 LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI E GEOLOGICI

3.1 Inquadramento geologico



Foto 3.1/A – Immagine 3D dell'area in cui si snoda il tracciato del metanodotto (linea rossa), met esistente (linea blu), in dismissione (linea verde).

Il territorio di Civitavecchia è rappresentato nella Cartografia Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 redatta dal Servizio Geologico d'Italia dell'ISPRA al foglio n. 142.

Buona parte del territorio del comune di Civitavecchia, che comprende anche la zona oggetto dell'intervento in progetto, è costituita dalla propaggini costiere del complesso geologico dei *Monti della Tolfa* (v. Fig. 3.1/A).

Questo è costituito da un'alternanza argillo-marnosa-calcareo di spessore notevole (500-600 m) di età tardo Cretacea-Oligocenica, intensamente tettonizzato e caratterizzato da pieghe rovesciate e coricate.

Una fase tettonica distensiva ha dato luogo alla formazione di bacini neogenici, sede di accumulo dei depositi plio-pleistocenici.

La forte discordanza angolare tra i depositi pliocenici e le sottostanti formazioni sedimentarie testimonia come l'ingressione del mare pliocenico sia avvenuta su di un substrato già fortemente dislocato.

Sul basamento sedimentario si sono accumulati i depositi quaternari costituiti da sabbie, arenarie, conglomerati e calcari organogeni della Panchina Tirreniana.

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/19426	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE LAZIO	LSC-202	
	PROGETTO Potenziamento Allacciamento Centrale Enel di Torrevaldaliga Nord (Roma) DN 400 (16") – DP 75 bar in Comune di Civitavecchia (RM)	Pagina 7 di 14	Rev. 0



Figura 3. 1/B – Stralcio della Carta Geologica d'Italia Fg. 142 a scala 1:100.000 (cerchio rosso zona di intervento)

Come si può osservare in figura 3.1/B, stralcio della Carta Geologica, l'area in cui si snoda il tracciato è rappresentata da un flysch argilloso-calcareo-arenaceo che costituisce l'unità di età Oligocene-Maastrichtiano "Completo Comprensivo" sopra la quale si trovano localmente depositi recenti di sabbie, marne e argille di età Olocenica (v. sezione geologica di figura 3.1/C).

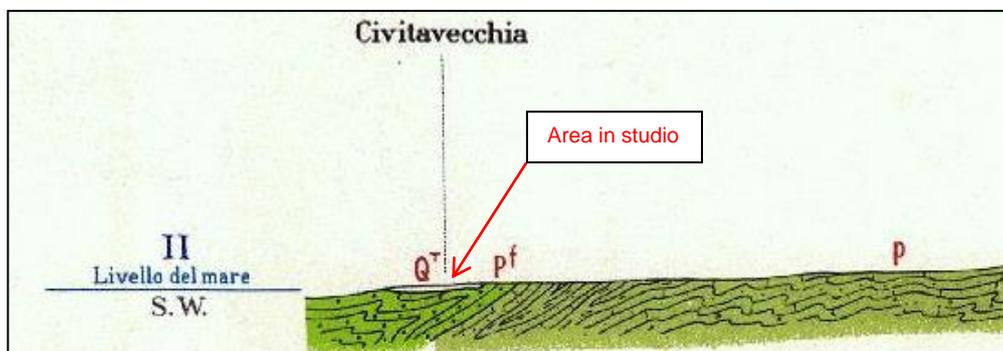


Figura 3.1/C – Sezione geologica tratta dal Fg. 142 della Carta geologica d'Italia

Vista l'eterogeneità litologica dei depositi presenti, la precisa definizione dei materiali presenti lungo la linea ha necessitato di mirate indagini geognostiche.

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/19426	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE LAZIO	LSC-202	
	PROGETTO Potenziamento Allacciamento Centrale Enel di Torrevaldaliga Nord (Roma) DN 400 (16") – DP 75 bar in Comune di Civitavecchia (RM)	Pagina 8 di 14	Rev. 0

3.2 Inquadramento geomorfologico

Il territorio interessato dalle opere in progetto è costituito da un'ampia pianura costiera dolcemente inclinata verso la linea di costa con pendenza di circa 2-3 %, interessata da una scarpata di erosione marina profondamente modificata dall'azione antropica.

Il tracciato si mantiene, per la prima parte di circa 450 m, sulla piana in parallelo all'orlo della scarpata a quota circa 12 m. Proseguendo la strada discende attraversando dapprima la sede della ferrovia Roma-Grosseto poi la strada della Torre Valdaliga per un dislivello di circa 8 m.

Tale attraversamento sarà realizzato con tecnica trenchless della *trivellazione con spingitubo*.



Foto 3.2/A – Discesa del tracciato lungo la scarpata, con attraversamento della linea ferroviaria, della strada della Torre Valdaliga e della strada Enel (tracciato di progetto linea rossa)

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/19426	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE LAZIO	LSC-202	
	PROGETTO Potenziamento Allacciamento Centrale Enel di Torrevaldaliga Nord (Roma) DN 400 (16") – DP 75 bar in Comune di Civitavecchia (RM)	Pagina 9 di 14	Rev. 0

4 QUADRO DELLE INDAGINI ESEGUITE

Nel periodo di gennaio 2020 è stata condotta una campagna di indagini geognostiche e geofisiche finalizzata, oltre alla ricostruzione litostratigrafica e la presenza della falda superficiale.

Le indagini hanno permesso di acquisire elementi utili ai fini della ricostruzione sia del modello geologico-geotecnico che sismico dei terreni in corrispondenza delle aree di interesse progettuale, quali attraversamenti delle principali infrastrutture viarie, ferroviarie e delle aree dove è prevista la realizzazione di impianti di linea relativi.

La localizzazione planimetrica dei sondaggi effettuati è rappresentata nella figura 4.3/A e nell'allegato Dis. PG-TPS-001-G.

I sondaggi eseguiti hanno sempre rinvenuto il substrato marnoso-argilloso-calcareo, consistente, ricoperto da uno strato di alterazione con matrice limo-argillosa contenente frammenti fratturati della formazione.

Tale spessore di copertura varia da 5 a 8 m circa nella piana al di sopra della scarpata, mentre è quasi del tutto assente (solo 1.5 m comprensivi di riporti/rimaneggiamenti antropici) nella piana sottostante, punto di arrivo del metanodotto.

4.1 Perforazioni a carotaggio continuo

Rispetto la campagna prevista in *Relazione geologica LSC-170* del SIA, sono state aumentate le profondità di perforazione per meglio identificare il volume significativo interessato dalle opere.

Alle profondità indagate non è stata rilevata la falda.

A tal fine sono stati condotti:

- 3 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 15 m con prove in situ (Standard Penetration Test, Pocket).

Non è stato possibile prelevare campioni indisturbati nello strato di copertura d'alterazione a causa della presenza di abbondanti frammenti litici.

Dall'esame delle singole stratigrafie è possibile operare la seguente schematizzazione:

Sondaggio SG1	Profondità (m)
Materiale antropico con clasti in matrice limo-argillo-sabbiosa	0.00-1.00
Limo argilloso con clasti centimetrici	1.00-4.60
Marna argillosa	4.60-15.00

Sondaggio SG2	Profondità (m)
Materiale antropico con clasti in matrice limo-sabbiosa	0.00-2.00
Limo argilloso con clasti centimetrici	2.00-2.50
Limo con argilla, consistente	2.50-3.20
Limo argilloso	3.20-4.00
Travertino con porzioni molto alterate	4.00-5.50
Limo argilloso da molto consistente a duro	5.50-5.80
Alternanza di argilla marnosa, marna argillosa e marna calcarea	5.80-8.00
Flysch calcareo marnoso	8.00-15.00

Sondaggio SG3	Profondità (m)
Materiale antropico limo-argilloso con clasti	0.00-0.50
Materiale antropico costituito da clasti e blocchi in sabbia limosa	0.50-1.00
Limo argilloso grigiastro	1.00-1.40
Marne argillose con marne calcaree e calcare marnoso	1.40-15.00

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/19426	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE LAZIO	LSC-202	
	PROGETTO Potenziamento Allacciamento Centrale Enel di Torvaldaliga Nord (Roma) DN 400 (16") – DP 75 bar in Comune di Civitavecchia (RM)	Pagina 10 di 14	Rev. 0

4.2 Parametri derivanti da prove SPT per terreni granulari

A partire dalle prove Standard Penetration Test (SPT) sono stati ricavati i parametri di resistenza e di elasticità dei terreni granulari.

Tali prove permettono, in particolare, di stimare per i terreni granulari i valori di densità relativa (D_r) e quindi di resistenza al taglio (ϕ'), utilizzando la duplice correlazione densità relativa $D_r = f(N_{SPT})$ e angolo di attrito $\phi' = f(D_r)$, ed inoltre i valori del modulo di elasticità E .

Nella tabella 4.2/A di seguito riportata vengono elencate tutte le prove SPT eseguite con i relativi risultati.

Sondaggio	profondità	Colpi/15 cm			N_{SPT}	Terreno
SG1	4.00	16	14	24	38	Limo argilloso
	7.00	33	50	-	rifiuto	Flysch calcareo marnoso
	12.00	50	-	-	rifiuto	Flysch calcareo marnoso
SG2	3.10	13	12	18	30	Limo con argilla
	6.60	24	38	42	80	Argilla marnosa
	9.30	50	-	-	rifiuto	Flysch calcareo marnoso
SG3	4.50	35	50	-	rifiuto	Flysch calcareo marnoso
	8.00	50	-	-	rifiuto	Flysch calcareo marnoso
	13.00	42	50	-	rifiuto	Flysch calcareo marnoso

Tabella 4.2/A – Risultati delle prove SPT

4.3 Indagini geofisiche

Per quanto concerne le indagini geofisiche (M.A.S.W. e H.V.S.R.), descritte nello *Studio sismico LSC-203* le stesse sono state eseguite per integrare le risultanze puntuali emerse dai sondaggi, per definire la velocità delle onde di taglio V_{seq} necessarie alla classificazione sismica dei differenti terreni secondo la normativa vigente (NTC-2018).

Per l'ubicazione delle indagini geognostiche si rimanda all'allegato Dis. PG-TPS-001-G *Tracciato di Progetto con punti di sondaggio geognostico (scala 1:10.000)* opportunamente aggiornato rispetto quanto previsto nel prospetto fornito all'interno della relazione geologica.

In particolare è stato rimodulato il piano d'indagine prevedendo l'esecuzione di un'indagine geofisica MASW e HVSR nei pressi di ogni impianto di progetto.

Rilievi geofisici MASW+HVSR	
Descrizione	Ubicazione
MASW 1 + HVSR 1	PIDS centrale Enel
MASW 2 + HVSR 2	PIL+PIDS loc. Grasselli

I valori delle V_{SEQ} ottenuti nelle varie prove e la relativa categoria di sottosuolo (v. Tab. 4.3/A) sono di seguito riportati.

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/19426	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE LAZIO	LSC-202	
	PROGETTO Potenziamento Allacciamento Centrale Enel di Torrevaldaliga Nord (Roma) DN 400 (16") – DP 75 bar in Comune di Civitavecchia (RM)	Pagina 11 di 14	Rev. 0

MASW 1

Strato n°	Spessore (m)	Profondità (m)	Vs (m/sec)
1	9,10	9,10	553
2	3,80	12,90	735
3	semispazio	> 12,90	1014

MASW 1 $V_{sEQ} = 597$ Categoria B

MASW 2

Strato n°	Spessore (m)	Profondità (m)	Vs (m/sec)
1	3,80	3,80	353
2	6,90	10,70	486
3	semispazio	> 10,70	1112

MASW 2 $V_{sEQ} = 429$ Categoria B

Tab. 4.3/A Valori di Vs in funzione delle profondità

Dalle prove eseguite è emerso che la categoria di sottosuolo è quella B (secondo la classificazione NTC 2018 tab. 4.3/B).

CATEGORIA	TIPOLOGIA SUOLO
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , 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	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente non conducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tabella 4.3/B – Categorie di suolo secondo NTC 2018

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/19426	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE LAZIO	LSC-202	
	PROGETTO Potenziamento Allacciamento Centrale Enel di Torrevaldaliga Nord (Roma) DN 400 (16") – DP 75 bar in Comune di Civitavecchia (RM)	Pagina 12 di 14	Rev. 0



Figura 4.3/A – Stralcio Google Earth con ubicazione dei sondaggi (SG1, SG2, SG3) e delle prove geofisiche (MASW1, HVS1, MASW2, HVS2). Sono riportati: con linea rossa il tracciato di progetto, verde dismissione e blu esistente.

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/19426	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE LAZIO	LSC-202	
	PROGETTO Potenziamento Allacciamento Centrale Enel di Torrevaldaliga Nord (Roma) DN 400 (16") – DP 75 bar in Comune di Civitavecchia (RM)	Pagina 13 di 14	Rev. 0

6 ALLEGATI

- Allegato 1 - Rapporto delle indagini geognostiche e sismiche
- PG-TPS-001-G - Planimetria in scala 1:10.000 con Punti di Sondaggio Geologico

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/19426	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE LAZIO	LSC-202	
	PROGETTO Potenziamento Allacciamento Centrale Enel di Torrevaldaliga Nord (Roma) DN 400 (16") – DP 75 bar in Comune di Civitavecchia (RM)	Pagina 14 di 14	Rev. 0

ALLEGATO 1

RAPPORTO DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E SISMICHE

COMIS S.R.L.

METANODOTTO POT. ALL. CENTRALE ENEL TORREVALDANIGA



RAPPORTO DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E SISMICHE

CODICE COMMESSA VS. VSRIF. ORD.-06/2019	COMMITENTE COMIS S.R.L.	PROGETTATO GENNAIO 2020
LA DITTA ESECUTRICE  GEOLOGIA INFRASTRUTTURE TERRITORIO	Sede Legale: Via Belgio n. 4 65015 Montesivano (PE) Sede Operativa: Via provinciale per Belmonte del Sannio s.c 86081 Agnone (IS) tel. 086578831 fax 0865779986	IL GEOLOGO dott. geol. Domenico Di Pasquo

SOMMARIO

1	PREMESSA	2
2	NORMATIVE E RACCOMANDAZIONI	2
3	INDAGINE GEOGNOSTICA	3
3.1	SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO.....	4
3.2	PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE IN FORO TIPO S.P.T.....	6
3.3	PRELIEVO DI CAMPIONI	8
3.3.1	<i>Campionamento per l'analisi dei composti non volatili</i>	8
4	INDAGINE SISMICA	10
4.1	INDAGINE SISMICA MASW	10
4.1.1	<i>Strumentazione Impiegata</i>	11
4.1.2	<i>Metodologia Operativa</i>	11
4.1.3	<i>Metodologia interpretativa</i>	12
4.2	PROVA SISMICA HVSR	13
4.2.1	<i>Strumentazione impiegata</i>	14
4.2.2	<i>Metodologia Interpretativa</i>	15

1 PREMESSA

Nella presente relazione si espongono i risultati di una campagna di indagini geognostiche, geotecniche e prospezioni geofisiche, realizzata su incarico di "COMIS S.R.L.", nell'ambito del contratto (Vs. Rif. ORD-06/2019) stipulato con G.I.T. s.r.l.s. unipersonale, per il progetto: *Metanodotto Pot. All. Centrale Enel Torrevaldaliga*.

L'attività d'indagine è stata eseguita nel mese di gennaio 2020 e sono stati eseguiti/e:

- n. 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti alla profondità di -15 m dal p.c;
- n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo di tipo ambientale, spinto alla profondità di 3.00 m
- n. 9 prove penetrometriche standard in foro SPT;
- prelievo di n. 11 campioni di terreno per l'esecuzione di analisi chimiche per composti non volatili;
- n. 2 profili sismici di tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves);
- n. 2 misure sismiche HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio).

2 NORMATIVE E RACCOMANDAZIONI

Le attività geognostiche in sito sono state svolte in base alle normative vigenti e secondo quanto riportato sulle norme tecniche di appalto della committenza.

- *Decreto Ministeriale n. 47 (11/3/1988). "Norme Tecniche riguardanti le indagini su terreni e sulle rocce; i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".*
- *Istruzioni relative alle "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione" - Cir. Dir. Cen. Tecn. n° 97/81.*

- A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana) - "Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche".
- UNI-ENV 1997-3:2002 (Eurocodice 7): "Progettazione Geotecnica-Progettazione assistita con prove in sito".
- Decreto legislativo 9 aprile 2008, n.81 - "Attuazione dell'art. 1 della legge agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro" e s.m.i.
- DM 17/04/08, Regola tecnica per la progettazione, costruzione, collaudo, esercizio e sorveglianza delle opere e degli impianti di trasporto di gas naturale con densità non superiore a 0,8;
- DPR 13 giugno 2017, n. 120 "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'Art. 8 del DL 12 settembre 2014, n. 133, con modificazioni, della L. 11 novembre 2014, n. 164";
- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 - "Norme tecniche per le costruzioni" (NTC2018), pubblicato nella G.U. del 20.02.2008 n.42 e s.m.i.
- Circolare 21 Gennaio 2019 n. 7 "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018".
- ASTM D2216-80; ASTM D85483; ASTM D4318-84; ASTM D421-85; ASTM D2166-91; ASTM3080-72.
- ASTM D1586 - Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT and Split- Barrel Sampling of Soils.

3 INDAGINE GEOGNOSTICA

Le indagini geognostiche si sono svolte nella Regione Lazio, in provincia di Roma, nel comprensorio comunale di Civitavecchia, all'interno e nelle aree a ridosso della Centrale Enel Torrevaldaniga.

Le indagini si sono svolte in osservanza ad un programma fornitoci dal committente.

I sondaggi geognostici a carotaggio continuo sono stati programmati ed eseguiti allo scopo di caratterizzare dal punto di vista litostratigrafico e geotecnico i siti, eseguire prove penetrometriche standard in foro (SPT) per definire lo stato di addensamento dei depositi e prelevare campioni di terreno da inviare al laboratorio geotecnico e chimico per la caratterizzazione fisica e meccanica e la determinazione dei composti non volatili.

La posizione delle singole indagini è stata concordata con il committente.

Si espongono di seguito le metodologie d'indagine adottate. Tutte le fasi lavorative sono state eseguite con la continua assistenza in cantiere di un geologo.

L'ubicazione delle singole postazioni di indagine, unitamente alle stratigrafie di dettaglio, documentazione fotografica dei sondaggi geognostici ai risultati delle Prove Penetrometriche Standard in foro di sondaggio (SPT), nonché i risultati delle indagini geofisiche, sono riportati negli allegati al presente documento:

- *ALLEGATO n. 1: Documentazione sondaggi geognostici a carotaggio continuo.*
- *ALLEGATO n. 2: Elaborazione prove penetrometriche standard SPT.*
- *ALLEGATO n. 3: Risultati Indagini Geofisiche.*

3.1 SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO

Allo scopo di caratterizzare da un punto di vista litostratigrafico il sito di indagine sono stati eseguiti n. 3 sondaggi geognostici ad andamento verticale e n. 1 sondaggio con metodologia per campionamento ambientale.

La metodica è stata quella della perforazione a carotaggio continuo, al fine di ottenere una precisa visione delle litologie attraversate e una buona conservazione delle carote estratte, nonostante il disturbo laterale dovuto alla rotazione.

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono stati annotati sistematicamente dal geologo presente in cantiere, i caratteri granulometrici, la consistenza e/o addensamento e il colore dei terreni attraversati oltre alla composizione mineralogica macroscopica.

Per l'esecuzione dei sondaggi è stata utilizzata una macchina operatrice CMV MK 800 su trattore Landini.

La perforazione conformemente alla natura dei terreni attraversati è avvenuta mediante metodo tradizionale, con l'impiego di un carotiere semplice di lunghezza 1,5 m e 3,0 m, diametro 101 mm, con corona in widia e batteria di aste del diametro di 76 mm.

Durante le fasi di lavorazione, i fori di sondaggio, sono stati rivestiti provvisoriamente poiché in alcuni tratti le condizioni litostratigrafiche non garantivano l'autosostentamento delle pareti. La penetrazione del rivestimento provvisorio è avvenuta tramite l'immissione di acque chiare come fluido di circolazione, mentre la perforazione a carotaggio è avvenuta prevalentemente a secco per permettere un migliore recupero dei materiali carotati.

La perforazione del sondaggio SA1 è avvenuta con carotiere della lunghezza di 1.20 m per campionamento ambientale.

Le carote estratte dai sondaggi eseguiti sono state conservate in apposite cassette catalogatrici in PVC provviste di scomparti di 1 m di lunghezza con coperchio apribile.



Fig. 1: Perforatrice CMV MK 800 su trattore Landini

Le caratteristiche tecniche dei sondaggi eseguiti sono riportate nella tabella sottostante:

Tabella 3.1 Riepilogo sondaggi geognostici a carotaggio continuo

Sigla sondaggio	Perforazione	Prof.(m)	Campioni ambientali	Prove SPT	Riempimento
SG1	carotaggio continuo	15	3	3	materiale di risulta
SG2	carotaggio continuo	15	3	3	materiale di risulta
SG3	carotaggio continuo	15	3	3	materiale di risulta
SA1	carotaggio per campionamento ambientale	3	3	-	materiale di risulta

Le stratigrafie di dettaglio e la documentazione fotografica sono riportate in ALLEGATO 1.

3.2 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE IN FORO TIPO S.P.T.

Nel corso della perforazione nei fori di sondaggio sono state eseguite prove penetrometriche dinamiche in foro S.P.T. (Standard Penetration Test).

La Prova Penetrometrica dinamica S.P.T., ideata negli Stati Uniti nel 1927, è la prova in sito più diffusa ed utilizzata in tutto il mondo, sia per la semplicità operativa e il basso costo, sia per la vasta letteratura tecnica esistente sull'interpretazione dei risultati. Essa consente di ottenere informazioni sui valori quantitativi della resistenza del suolo/terreno alla penetrazione restituendo informazioni geotecniche differenti in base alla litologia attraversata (per le sabbie informazioni sulla densità e consistenza; per le argille informazioni sulla consistenza, per le ghiaie informazioni sul grado di addensamento).

Le prove sono state eseguite con attrezzature conformi a quanto stabilito nelle normative di riferimento:

- *ASTM D 1586-87 (1992) – standard Test Method Penetration and Spilt-Barrel Sampling of Soils.*
- *UNI-ENV 1997-3:2002 (Eurocodice 7).*
- *UNI EN ISO 22476-3:2005 Indagini e prove geotecniche-Prove in sito- parte 3: Prova Penetrometrica dinamica tipo SPT.*

La prova consiste nell'infissione a percussione, mediante un maglio, di un campionatore standard (Campionatore Raymond) sul fondo del foro pulito, registrando il numero di colpi necessario per farlo avanzare di 15 cm. Il procedimento è ripetuto per tre tratti, per un totale di 45 cm.

Il campionatore è collegato tramite una batteria di aste, ad un maglio del peso di 63.5 kg che cade da un'altezza libera di 0.76 m.

Il dispositivo utilizzato per la prova presenta le seguenti caratteristiche tecniche:

- peso massa battente = 63,5 kg
- altezza di caduta libera = 76 cm
- diametro punta conica = 51 mm
- area base punta conica = 20,43 cm²
- angolo di apertura punta conica = 60°
- diametro aste = 50 mm

Il campionatore Raymond ha un diametro esterno di 51 mm e una lunghezza complessiva, comprendente scarpa e raccordo con aste, di 813 mm. Esso è costituito da un tubo metallico diviso longitudinalmente a metà con avvitata alla base una scarpa tagliente o una punta conica chiusa, a seconda delle litologie attraversate. Nel caso specifico tutte le prove SPT sono state eseguite a punta chiusa. Complessivamente durante la prova il campionatore sarà infisso di 15+15+15=45 cm e si misura:

- N_1 : numero di colpi necessari per l'avanzamento dei primi 15 cm del campionatore;
- N_2 : numero di colpi necessari per l'avanzamento dei successivi 15 cm del campionatore;
- N_3 : colpi necessari per l'avanzamento degli ultimi 15 cm.

Il valore di NSPT è ricavato dalla somma del numero di colpi necessari per la penetrazione del campionatore di 30 cm, del secondo e del terzo tratto, in quanto si trascurano i colpi necessari per la penetrazione dei primi 15 cm, secondo la formula:

$$NSPT = N_2 + N_3$$

Se con $N_1=50$ l'avanzamento è minore di 15 cm l'infissione è sospesa e la prova è conclusa annotando la relativa penetrazione (ad esempio $N_1=50/13\text{cm}$).

Se con $N_2+N_3=100$ non si raggiunge l'avanzamento di 30 cm l'infissione è sospesa e la prova è conclusa annotando la relativa penetrazione.

Per i risultati ottenuti dall'elaborazione delle prove penetrometriche in foro SPT si rimanda all'ALLEGATO 2 del presente documento.



Fig. 2: Campionatore Raymond. a) punta aperta; b) punta chiusa; c) campionatore diviso longitudinalmente senza punta

3.3 PRELIEVO DI CAMPIONI

Per ciascun punto d'indagine sono stati prelevati campioni di terreno per l'esecuzione di analisi chimiche di laboratorio.

Il prelievo di campioni in generale ha seguito il seguente criterio:

campione 1: primo metro di perforazione da 0.5 m a 1 m (strato superficiale);

campione 2: secondo metro di perforazione da 1.25 m a 2 m;

campione 3: nel terzo o nel quarto metro di perforazione.

3.3.1 Campionamento per l'analisi dei composti non volatili

I campioni sono stati prelevati dalle carote estratte in fase di sondaggio. La preparazione del campione è avvenuta in distinte fasi:

- il materiale estratto dal carotiere nell'intervallo di campionamento è stato deposto su un telo di polietilene;

- è stata eseguita un omogeneizzazione manuale e asportazione dei materiali estranei che avrebbero potuto alterare i risultati finali (pezzi di vetro, ciottoli, rami, foglie, ecc.);
- il campione è stato suddiviso in più parti omogenee, adottando, laddove è possibile, metodi di quartatura conformi alle norme IRSA CNR;
- il campione è stato privato della frazione maggiore a 2 cm, che è stata scartata mediante apposito setaccio.

I campioni così raccolti sono stati prelevati in singola aliquota con volume di almeno 1000 ml e conservati in contenitori di vetro dotati di tappo a vite a tenuta (tipo Bormioli).

Onde evitare fenomeni di "cross contamination", le attrezzature per il prelievo dei campioni sono state bonificate tra un campionamento ed il successivo.

Ad ogni campione è stato assegnato un codice identificativo apposto con un etichetta sul contenitore. Tutte le operazioni svolte per il campionamento (prelievo, identificazione, trasporto e conservazione del campione) sono state riportate su un verbale di campionamento consegnato al laboratorio unitamente ai campioni. I campioni prelevati sono stati mantenuti a temperatura di 4°C circa fino all'arrivo al laboratorio.

Si riporta di seguito l'elenco dei campioni prelevati:

Tabella 3.2 campioni di terreno prelevati per analisi chimiche di laboratorio

Sigla sondaggio	Campione	Prof.(m)
SG1	CA1	0.50-1.00 m
SG1	CA2	1,75-2.00 m
SG1	CA3	4.00-4.50 m
SG2	CA1	0.50-1.00 m
SG2	CA2	1,25-1.75 m
SG2	CA3	3.00-3.50 m
SG3	CA1	0.50-1.00 m
SG3	CA2	1,75-2.00 m
SG3	CA3	4.00-4.50 m
SA1	CA1	0.50-1.00 m
SA1	CA2	1.75-2.00 m

4 INDAGINE SISMICA

Allo scopo di caratterizzare le varie formazioni litologiche affioranti nell'area in esame, determinare gli spessori delle coperture oltre che il valore del V_{Seq} e la conseguente Categoria, ai sensi del D.M. 17/01/2018, ed allo scopo di individuare le frequenze caratteristiche di risonanza dei terreni in sito, è stata eseguita una campagna di indagine geofisica con l'esecuzione di profili sismici M.A.S.W. (multichannel analysis of surface waves) e misure HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio).

Le postazione delle indagini eseguite e i risultati ottenuti sono riportati in ALLEGATO 3

4.1 INDAGINE SISMICA MASW

Ai fini della caratterizzazione sismica delle aree indagate sono state realizzate **n° 2 prove sismiche tipo M.A.S.W.**

Il rilievo geofisico MASW (multichannel analysis of surface waves) è utilizzato per la determinazione dei profili verticali della velocità delle onde di taglio (V_S) tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh effettuata con *algoritmi genetici*.

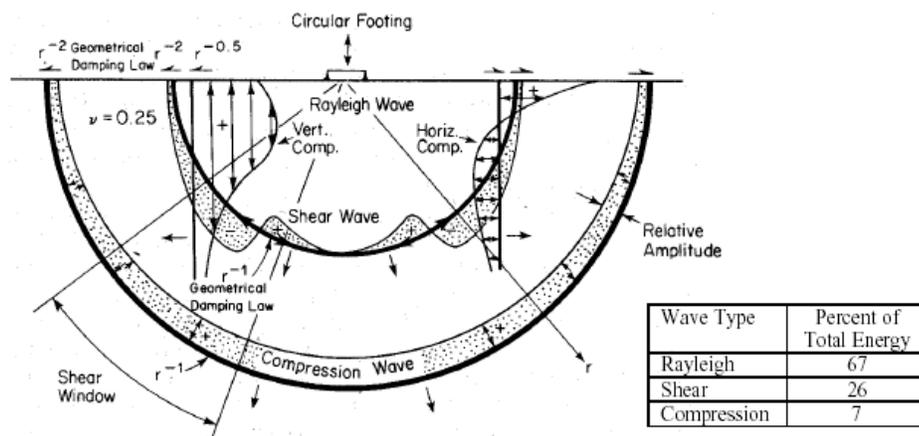


Fig. 3: Schema propagazione onde Rayleigh

I vantaggi dell'uso di questa metodologia geofisica rispetto ai metodi tradizionali sono:

1. Particolarmente indicato per suoli altamente attenuanti ed ambienti rumorosi
2. Non limitato – a differenza del metodo a rifrazione – dalla presenza di inversioni di velocità in profondità
3. Buona risoluzione (a differenza del metodo a riflessione)
4. Permette la ricostruzione della distribuzione verticale della velocità delle onde di taglio (S) – fondamentale per la caratterizzazione geotecnica del sito

Inoltre:

- La percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%).

- L'ampiezza delle *surface waves* dipende da \sqrt{r} e non da r come per le *body waves*

4.1.1 Strumentazione Impiegata

L'indagine è stata eseguita utilizzando un sismografo a 24 canali della **MAE** di Frosolone (CB), modello **A6000S**, trattamento del segnale a 24 bit, con funzione di incremento multiplo del segnale. I guadagni sono selezionabili da software manualmente per ogni canale o in modo automatico e le acquisizioni sono automaticamente registrate sullo strumento. Il trigger è dato da un geofono starter esterno, con possibilità di pre-trigger (0-10 ms).

Sono stati utilizzati 24 geofoni da 4,5 Hz e come sorgente energizzante, una massa battente (martello) da 5 Kg battuta su una piastra metallica.

4.1.2 Metodologia Operativa

Acquisire un set di dati per l'indagine MASW non è troppo diverso da una comune acquisizione per un'indagine a rifrazione (o riflessione). E' sufficiente effettuare uno stendimento di geofoni allineati con la sorgente ed utilizzare una sorgente ad impatto verticale (martello).

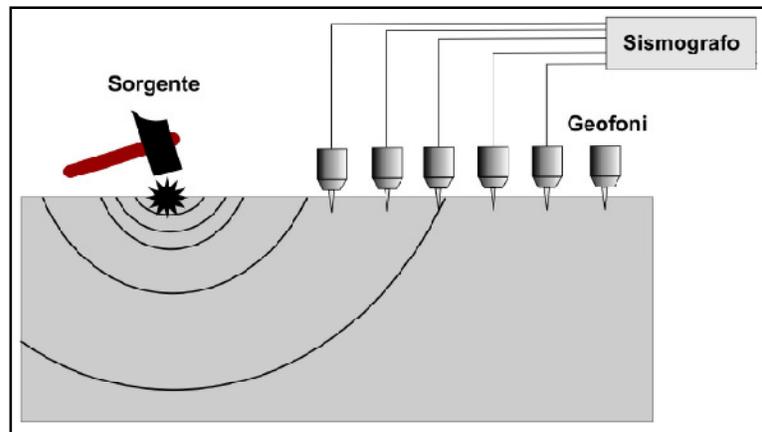


Fig. 4: Schema geometrico prova simica MASW

Tutti i profili MASW sono stati eseguiti utilizzando n° 24 geofoni allineati sul terreno con la seguente geometria:

Interdistanza geofonica, (metri)	Distanza dei punti di battuta dal geofono n° 1,	Lunghezza massima profilo (metri)
2	2 m-2.5 m-4 m-10 m e 10.5 m	56.5

La scelta delle diverse distanze dei punti di scoppio è stata effettuata per avere la certezza di generare la dispersione delle onde superficiali a prescindere dai differenti litotipi presenti nel sottosuolo dell'area investigata. La lunghezza totale dello stendimento sismico è calcolata tenendo conto anche la posizione del "geofono starter", ovvero il geofono di battuta.

4.1.3 Metodologia interpretativa

Il software *winMASW v.3 C 6.0* consente di analizzare dati sismici (*common-shot gathers* acquisiti in campagna) in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della V_s (velocità delle onde di taglio). Tale risultato è ottenuto tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh, determinate tramite la tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves).

La procedura si sviluppa in due operazioni svolte in successione:

- 1) determinazione dello spettro di velocità;
- 2) inversione della curva di dispersione attraverso l'utilizzo di algoritmi genetici.

Gli algoritmi evolutivi rappresentano un tipo di procedura di ottimizzazione appartenente alla classe degli algoritmi euristici (o anche *global-search methods* o *soft computing*). Rispetto ai comuni metodi di inversione lineare basati su metodi del gradiente (matrice Jacobiana), queste tecniche di inversione offrono un'affidabilità del risultato di gran lunga superiore per precisione e completezza.

I comuni metodi lineari forniscono infatti soluzioni che dipendono pesantemente dal modello iniziale di partenza che l'utente deve necessariamente fornire. Per la natura del problema (inversione delle curve di dispersione), la grande quantità di minimi locali porta necessariamente ad attrarre il modello iniziale verso un minimo locale che può essere significativamente diverso da quello reale (o globale). In altre parole, i metodi lineari richiedono che il modello di partenza sia già di per sé vicinissimo alla soluzione reale. In caso contrario il rischio è quello di fornire soluzioni erranee. Gli algoritmi evolutivi offrono invece un'esplorazione molto più ampia delle possibili soluzioni. A differenza dei metodi lineari non è necessario fornire alcun modello di partenza. E' invece necessario definire uno "spazio di ricerca" (*search space*) all'interno del quale vengono valutate diverse possibili soluzioni.

Quella finale viene infine proposta con anche una stima della sua attendibilità (*deviazioni standard*) attenuata grazie all'impiego di tecniche statistiche.

Il principale punto di forza del software utilizzato è quindi proprio quello di fornire risultati molto più robusti rispetto a quelli ottenibili con altre metodologie, arricchiti anche da una stima dell'attendibilità.

4.2 PROVA SISMICA HVSR

Nel sito in questione sono state eseguite misure di microtremore a stazione singola di tipo HVSR.

La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratios) è un'indagine finalizzata all'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito. Esse sono correlabili ai cambi litologici presenti sia all'interno della copertura che nell'ammasso roccioso.

Un'onda SH (onda di taglio polarizzata sul piano orizzontale) che incide verticalmente dal basso sull'interfaccia di un singolo strato (es. bedrock-copertura)

tenderà a rimanere intrappolata in superficie per riflessioni multiple (alla superficie libera, al bedrock e così via) e darà luogo a fenomeni di risonanza per lunghezze d'onda incidenti $\lambda = n \cdot 4 H$, ossia alle frequenze descritte dalla legge:

$$f = n \cdot \frac{V_s}{4 \cdot H} \quad n = 1,3,5, \dots$$

dove n indica l'ordine del modo di vibrare (fondamentale, primo superiore ecc.). Nella maggior parte dei casi nei sistemi coperture tenere vs. bedrock, a causa dell'attenuazione delle coperture, il solo modo visibile è il fondamentale.

Un suolo vibra con maggiore ampiezza a specifiche frequenze (per l'appunto di risonanza) non solo quando è eccitato da un terremoto ma anche quando è eccitato da un qualsiasi tremore di qualsiasi origine.

Questo fa sì che la misura delle frequenze di risonanza dei terreni sia possibile ovunque anche senza terremoti ed è il principio alla base della sismica passiva a stazione singola.

Una stima delle frequenze proprie di vibrare dei terreni è possibile tramite la tecnica sismica passiva a stazione singola denominata H/V (rapporto spettrale tra componenti orizzontali H e componenti verticali V; Nogoshi e Igarashi, 1979; Nakamura, 1989).

Le tecniche sismiche passive sfruttano il campo di vibrazione ambientale che è composto prevalentemente da onde di superficie (SESAME, 2004 e referenze). Considerazioni sia teoriche che sperimentali mostrano come sia possibile stimare le frequenze di risonanza dell'onda SH a partire da misure di onde di superficie.

4.2.1 Strumentazione impiegata

Per l'esecuzione della prova HVSR si è utilizzato uno strumento con le seguenti caratteristiche:

- sismografo MAE A6000S 24 bit, 24 canali;
- sensore 3 D 4.5 Hz Geospace.

4.2.2 Metodologia Interpretativa

L'elaborazione della registrazione effettuata è stata eseguita con il software HVlab, e prevede che vengano individuati i picchi di H/V significativi da analizzare singolarmente per rilevarne la significatività anche in chiave di qualità della misura.

La scheda di output della misura riporta le informazioni "di campagna" del sito oggetto di indagine, le principali assunzioni adottate per l'analisi delle registrazioni e quindi i risultati "grafici" dell'elaborazione e la verifica del soddisfacimento dei criteri per giungere all'attribuzione della classe di qualità della misura e ai valori qualitativi su profondità del substrato e contrasto di impedenza.

Là dove siano presenti più picchi in un'unica registrazione, l'elaborazione prevede una prima scansione della registrazione su tutto il range di frequenze significative comprese fra 0.2 Hz e 50 Hz, quindi una successiva scansione con range di frequenze campionate più ristretto (intorno al picco relativo) per evidenziare le caratteristiche dello specifico picco di interesse e valutare la qualità della misura in quello specifico range.

La visione d'insieme dell'area in esame permette di inquadrare correttamente ciascuna singola misura nel contesto più ampio e quindi con il contributo di una interpretazione svolta su più punti e con più riferimenti connessi alle stratigrafie da indagini dirette disponibili.

Le considerazioni sono di carattere "stratigrafico", inquadrando le risposte della prova con le conoscenze geologiche disponibili (individuazione di modeste coperture e zone di detensionamento superficiale per alterazione), ma divengono sostanziali, dal punto di vista "ingegneristico", là dove il picco di risonanza rientra nel range di frequenze di vibrazione di edifici e manufatti (0.5-10 Hz) per le implicazioni dirette che possono avere con fenomeni di risonanza delle strutture.

I risultati delle due prove HVSR sono riportati in ALLEGATO 3.

Agnone, gennaio 2020

Dott. Geol. Domenico Di Pasquo

ALLEGATO 1

DOCUMENTAZIONE SONDAGGI GEOGNOSTICI A CAROTAGGIO CONTINUO

SONDAGGIO: SG1

Data: **13/01/2020**

DESCRIZIONE: Il sondaggio è ubicato in un terreno sul bordo di Via Dino Marrani, nel settore Nord-Occidentale del comprensorio comunale di Civitavecchia (RM)

COORDINATE WGS84

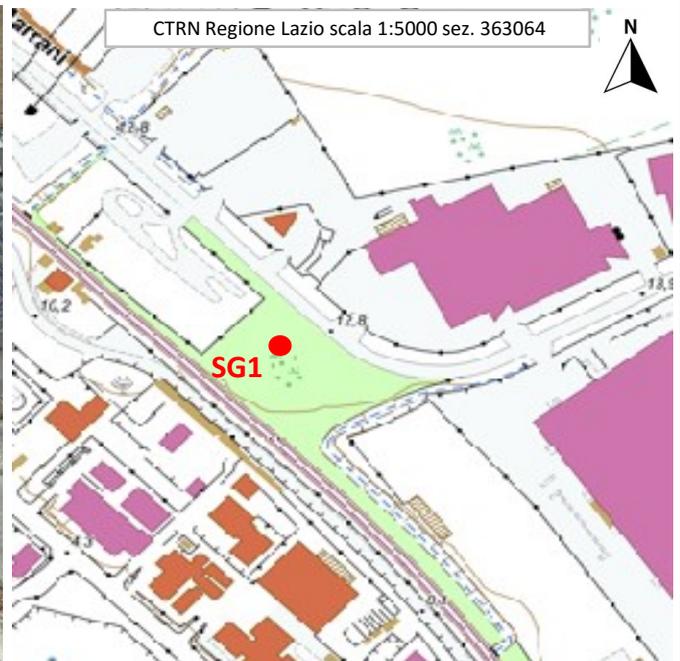
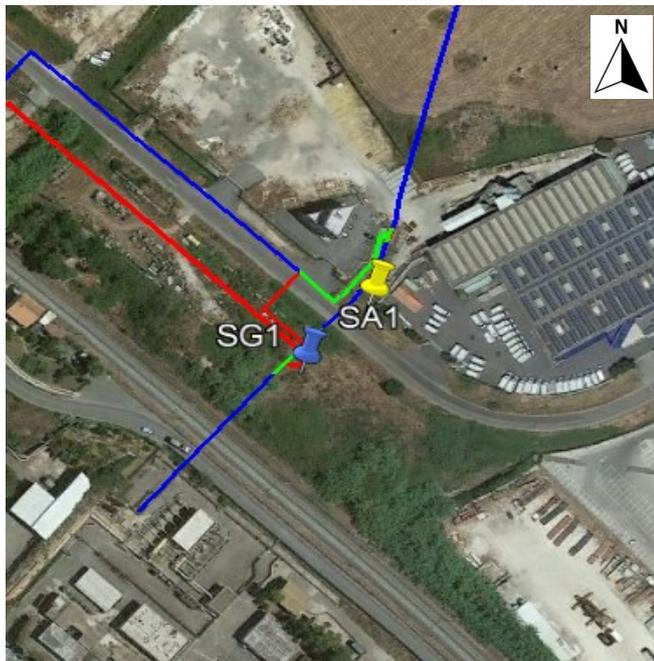
LAT.= 42° 07' 28.55" LONG.= 11° 45' 59.55"

COORDINATE GAUSS-BOAGA (FUSO OVEST)

N= 4667330.48 E= 1728712.02

P.P.= LIVELLO TERRENO

QUOTA GEOIDICA: 011 m s.l.m.



Committente: COMIS S.R.L.	Sondaggio: SG1
Riferimento: METANODOTTO POT. ALL. CENTRALE ENEL TORREVALDALIGA	Data: 10-13/01/2020
Coordinate: VEDI MONOGRAFIA	Quota: VEDI MONOGRAFIA
Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO	

SCALA 1 :115

STRATIGRAFIA - SG1

Pagina 1/1

Ø mm	R v	A f	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	Prel. % 0 --- 100	Standard Penetration Test			VT	prof. m	DESCRIZIONE
									m	S.P.T.	N Pt			
				1		CA1) Rirø 0,50 1,00							1,0	Materiale antropico di colore marrone nocciola con clasti e blocchi centimetrici e pluricentimetrici di varia natura in limo argilloso sabbioso.
				2		CA2) Rirø 1,75 2,00								Limo argilloso di colore marrone nocciola con porzioni centimetriche grigiastre. Inglobati locali clasti centimetrici sub-angolari.
				4		CA3) Rirø 4,00 4,50		4,0	16-14-24	38	C		4,6	
				5										Marna argillosa di colore grigio con intercalati subordinati livelli di argilla marnosa e marna debolmente calcarea (FLYSCH CALCAREO MARNOSO).
				7				7,0	33-50/13cm	Rif	C			
				12				12,0	50/14cm	Rif	C			
101				15									15,0	

Note:

Il materiale prelevato nel corso del sondaggio è stato conservato in 3 cassette catalogatrici.

Macchina operatrice: CMV MK 800 su trattore gommato Landini.

Operatore: Giaquinto Pietro (operaio qualificato).

Assistente geologo di cantiere: dott. geol. Domenico Di Pasquo.

Carotiere e corona: la perforazione è stata eseguita da p.c. a 15 m con carotiere semplice del diametro di 101 mm e lunghezza 3.0 m con corona in widia.

Rivestimento provvisorio diametro 127 mm da p.c. a 3 m.

Fluidi di circolazione: la penetrazione del rivestimento provvisorio è avvenuta tramite immissione di acque chiare mentre la perforazione a carotaggio è avvenuta a secco fatta eccezione per brevi tratti dove l'avanzamento è avvenuto con immissione di acqua.

Il foro di sondaggio non è stato condizionato ed è stato riempito con materiale di risulta.

Prelevate aliquote di campioni di terreno per analisi chimiche di laboratorio di tipo ambientale, conservate in barattoli, alle profondità da 0.5 a 1.0 m da 1.75 m a 2.0 m e da 4.0 m a 4.5 m.

Alle profondità indagate non è stata intercettata la falda aquifera.

Denominazione:	SG1	Profondità (m)	15	Data	10-13/01/2020
Coordinate del sondaggio	vedi monografia	Macchina per perforazione		Modalità di perforazione	
		CMV MK 800 su trattore Landini		carotaggio continuo	
Numero cassette catalogatrici		Numero fotografie		Operatore	
3		3		dott. geol. Domenico Di Pasquo	



FOTO 1 (profondità 0,00-5,00 metri)

Cassetta n°1



FOTO 2 (profondità 5,00-10,00 metri)

Cassetta n°2

Denominazione:	SG1	Profondità (m)	15	Data	10-13/01/2020
Coordinate del sondaggio	vedi monografia	Macchina per perforazione		Modalità di perforazione	
		CMV MK 800 su trattore Landini		carotaggio continuo	
Numero cassette catalogatrici		Numero fotografie		Operatore	
3		3		dott. geol. Domenico Di Pasquo	



FOTO 3 (profondità 10,00 - 15,00 m)

Cassetta n°3

SONDAGGIO: SG2

Data: 10/01/2020

DESCRIZIONE: Il sondaggio è ubicato in un'area di stoccaggio di un'azienda privata, a ridosso di Via Dino Marrani, nel settore Nord-Occidentale del comprensorio comunale di Civitavecchia (RM)

COORDINATE WGS84

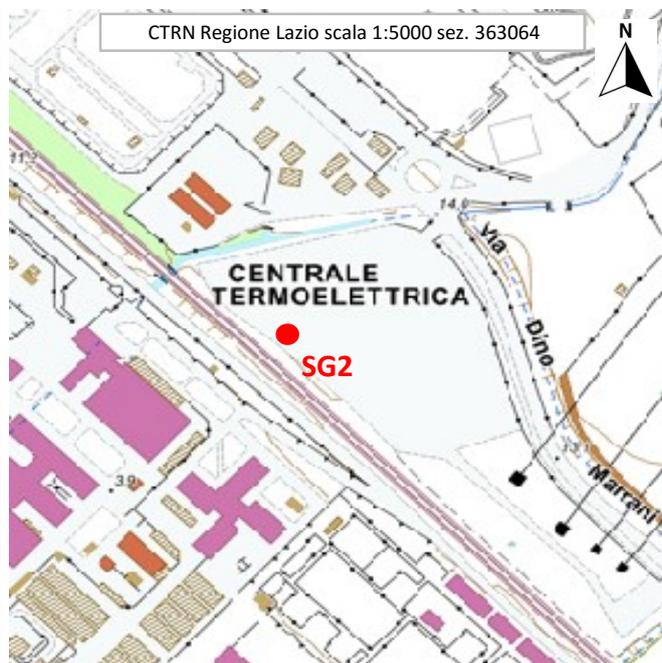
LAT.= 42° 07' 37.57" LONG.= 11° 45' 44.62"

COORDINATE GAUSS-BOAGA (FUSO OVEST)

N= 4667597.61 E= 1728360.18

P.P.= LIVELLO TERRENO

QUOTA GEOIDICA: 09 m s.l.m.



Denominazione:	SG2	Profondità (m)	15	Data	09-10/01/2020
----------------	------------	----------------	-----------	------	----------------------

Coordinate del sondaggio	vedi monografia	Macchina per perforazione	Modalità di perforazione
		CMV MK 800 su trattore Landini	carotaggio continuo

Numero cassette catalogatrici	Numero fotografie	Operatore
3	3	dott. geol. Domenico Di Pasquo



FOTO 1 (profondità 0,00-5,00 metri)

Cassetta n°1



FOTO 2 (profondità 5,00-10,00 metri)

Cassetta n°2

Denominazione:	SG2	Profondità (m)	15	Data	09-10/01/2020
Coordinate del sondaggio	vedi monografia	Macchina per perforazione		Modalità di perforazione	
		CMV MK 800 su trattore Landini		carotaggio continuo	
Numero cassette catalogatrici		Numero fotografie		Operatore	
3		3		dott. geol. Domenico Di Pasquo	

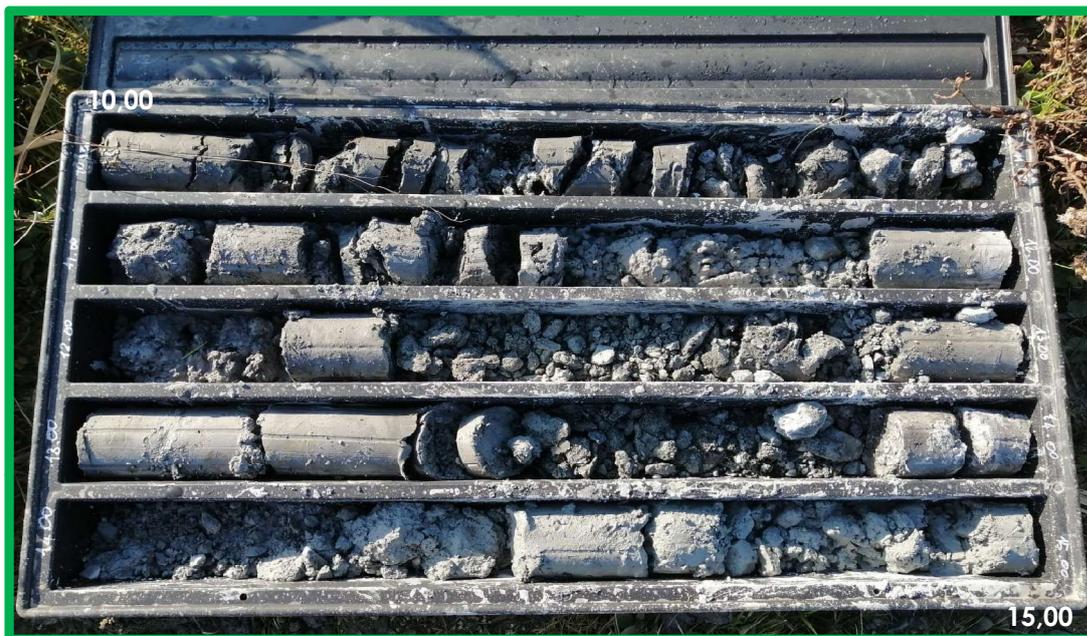


FOTO 3 (profondità 10,00 - 15,00 m)

Cassetta n°3

SONDAGGIO: SG3

Data: 15/01/2020

DESCRIZIONE: Il sondaggio è ubicato in un'aiuola all'ingresso della Centrale Enel di Torrevaldaliga, nel settore Nord-Occidentale del comprensorio comunale di Civitavecchia (RM)

COORDINATE WGS84

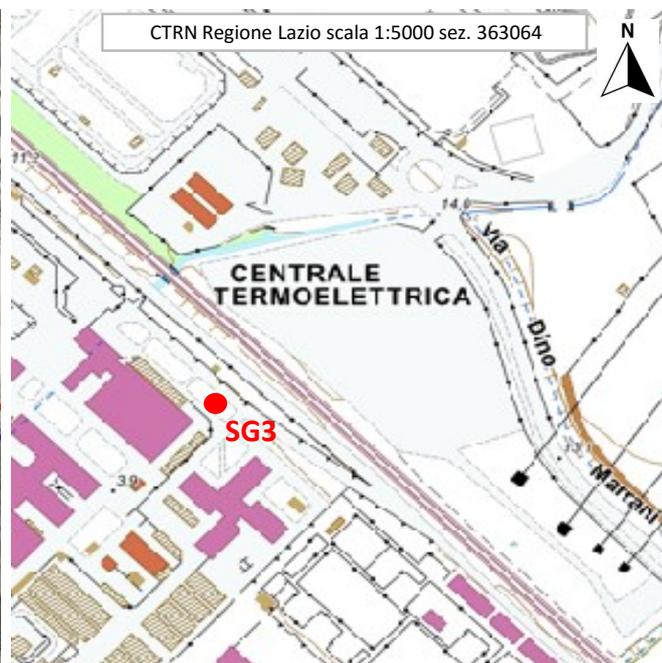
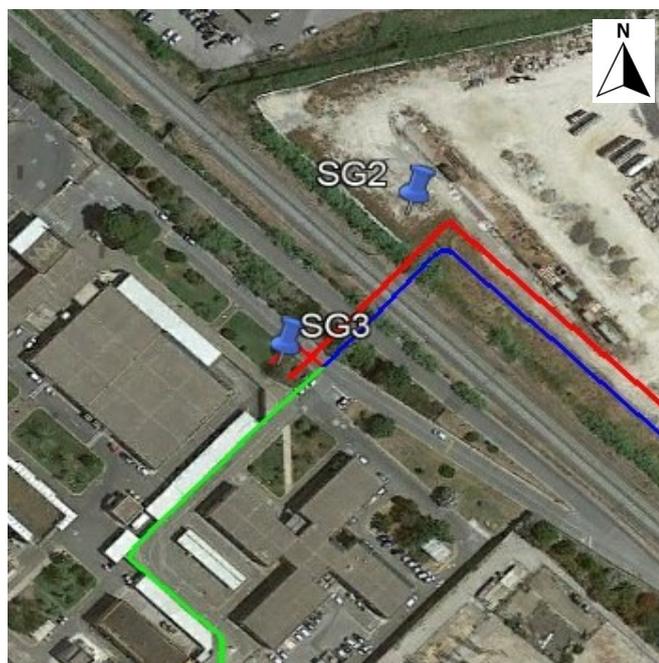
LAT.= 42° 07' 35.84" LONG.= 11° 45' 42.92"

COORDINATE GAUSS-BOAGA (FUSO OVEST)

N= 4667542.98 E= 1728322.87

P.P.= LIVELLO TERRENO

QUOTA GEOIDICA: 04 m s.l.m.



Committente: COMIS S.R.L.	Sondaggio: SG3
Riferimento: METANODOTTO POT. ALL. CENTRALE ENEL TORREVALDALIGA	Data: 14-15/01/2020
Coordinate: VEDI MONOGRAFIA	Quota: VEDI MONOGRAFIA
Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO	

SCALA 1 :115

STRATIGRAFIA - SG3

Pagina 1/1

Ø mm	R v	A f	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	Prel. % 0 --- 100	Standard Penetration Test			VT	prof. m	DESCRIZIONE
									m	S.P.T.	N Pt			
				1		CA1) R ₁₀₀ 0,50 1,00							0,5 1,0 1,4	Materiale antropico costituito da limo argilloso di colore marrone rossiccio con inclusi clasti millimetrici e centimetrici (diam. max 4 cm).
				2		CA2) R ₁₀₀ 1,75 2,00								Materiale antropico costituito da clasti e blocchi centimetrici in sabbia limosa avana. Limo argilloso di colore marrone grigiastro.
				3										Prevalenti marne argillose di colore grigio con intercalati subordinati livelli centimetrici di marne calcaree e calcare marnoso (FLYSCH CALCAREO MARNOSO).
				4		CA3) R ₁₀₀ 4,00 4,50			4,5	35-50/11cm	Rif C			
				5										
				6										
				7										
				8					8,0	50/10cm	Rif C			
				9										
				10										
				11										
				12										
				13					13,0	42-50/9cm	Rif C			
				14										
				15									15,0	

Note:

Il materiale prelevato nel corso del sondaggio è stato conservato in 3 cassette catalogatrici.

Macchina operatrice: CMV MK 800 su trattore gommato Landini.

Operatore: Giaquinto Pietro (operaio qualificato).

Assistente geologo di cantiere: dott. geol. Domenico Di Pasquo.

Carotiere e corona: la perforazione è stata eseguita da p.c. a 15 m con carotiere semplice del diametro di 101 mm e lunghezza 3.0 m con corona in widia.

Rivestimento provvisorio diametro 127 mm da p.c. a 1.5 m.

Fluidi di circolazione: la penetrazione del rivestimento provvisorio è avvenuta tramite immissione di acque chiare mentre la perforazione a carotaggio è avvenuta a secco fatta eccezione per brevi tratti dove l'avanzamento è avvenuto con immissione di acqua.

Il foro di sondaggio non è stato condizionato ed è stato riempito con materiale di risulta.

Prelevate aliquote di campioni di terreno per analisi chimiche di laboratorio di tipo ambientale, conservate in barattoli, alle profondità da 0.5 a 1.0 m da 1.75 m a 2.0 m e da 4.0 m a 4.5 m.

Alle profondità indagate non è stata intercettata la falda aquifera.

Denominazione:	SG3	Profondità (m)	15	Data	14-15/01/2020
----------------	------------	----------------	-----------	------	----------------------

Coordinate del sondaggio	vedi monografia	Macchina per perforazione	Modalità di perforazione
		CMV MK 800 su trattore Landini	carotaggio continuo

Numero cassette catalogatrici	Numero fotografie	Operatore
3	3	dott. geol. Domenico Di Pasquo

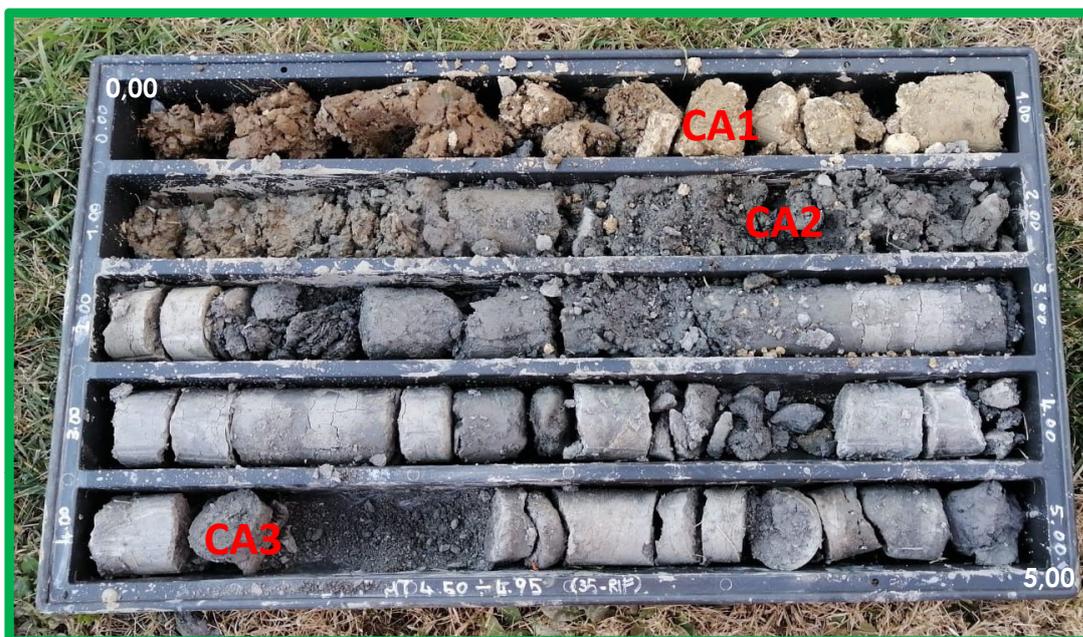


FOTO 1 (profondità 0,00-5,00 metri)

Cassetta n°1



FOTO 2 (profondità 5,00-10,00 metri)

Cassetta n°2

		Cantiere: METANODOTTO POT. ALL. CENTRALE ENEL TORREVALDALIGA (CIVITAVECCHIA)			Committenza: COMIS S.R.L.	
Denominazione:	SG3	Profondità (m)	15	Data	14-15/01/2020	
Coordinate del sondaggio	vedi monografia	Macchina per perforazione		Modalità di perforazione		
		CMV MK 800 su trattore Landini		carotaggio continuo		
Numero cassette catalogatrici		Numero fotografie		Operatore		
3		3		dott. geol. Domenico Di Pasquo		



FOTO 3 (profondità 10,00 - 15,00 m)

Cassetta n°3

SONDAGGIO: SA1

Data: 13/01/2020

DESCRIZIONE: Il sondaggio è ubicato sul bordo di Via Dino Marrani, nel settore Nord-Occidentale del comprensorio comunale di Civitavecchia (RM)

COORDINATE WGS84

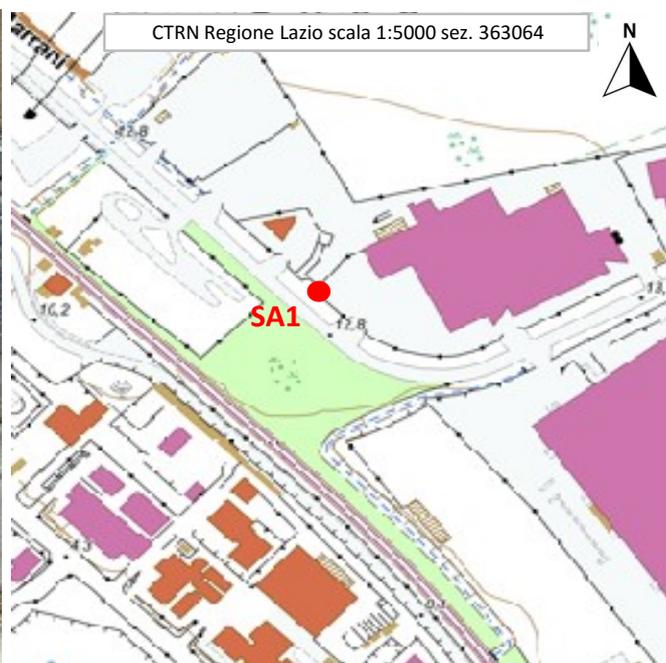
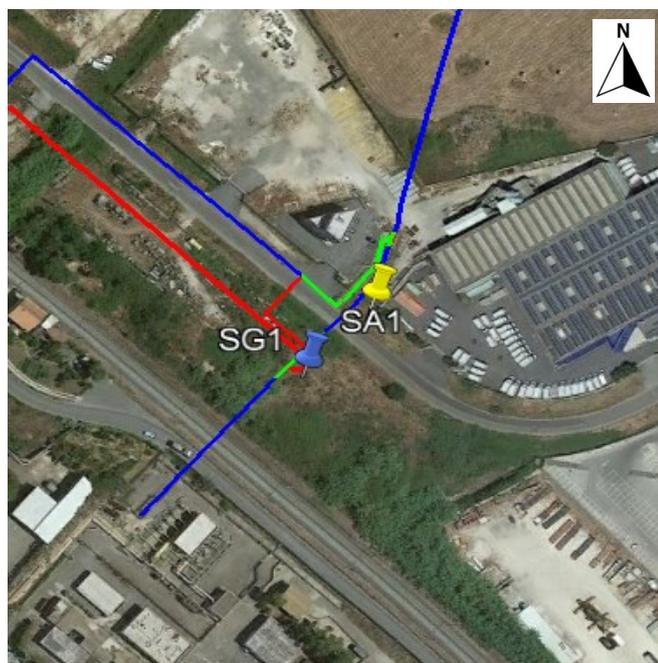
LAT.= 42° 07' 29.53" LONG.= 11° 46' 00.77"

COORDINATE GAUSS-BOAGA (FUSO OVEST)

N= 4667361.62 E= 1728739.06

P.P.= LIVELLO TERRENO

QUOTA GEOIDICA: 012 m s.l.m.



Committente: COMIS S.R.L.	Sondaggio: SA1
Riferimento: METANODOTTO POT. ALL. CENTRALE ENEL TORREVALDALIGA	Data: 13/01/2020
Coordinate: VEDI MONOGRAFIA	Quota: VEDI MONOGRAFIA
Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO	

SCALA 1 :50

STRATIGRAFIA - SA1

Pagina 1/1

Ø mm	R v	A r	Pz s	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	Prel. % 0 --- 100	Standard Penetration Test			VT	prof. m	DESCRIZIONE
									m	S.P.T.	N			
				1		CA1) Rim< 0,50 1,00							0,4	Materiale antropico di colore marrone con clasti centimetrici di varia natura in limo sabbioso.
				2		CA2) Rim< 1,75 2,00							2,1	Materiale antropico costituito da limo debolmente sabbioso di colore marrone con inglobati sparsi clasti e blocchi centimetrici sub-angolari.
				3									3,0	Calcestruzzo frantumato

Note:

Il materiale prelevato nel corso del sondaggio è stato conservato in 1 cassette catalogatrici.

Macchina operatrice: CMV MK 800 su trattore gommato Landini.

Operatore: Giaquinto Pietro (operaio qualificato).

Assistente geologo di cantiere: dott. geol. Domenico Di Pasquo.

Carotiere e corona: la perforazione è stata eseguita da p.c. a 3.00 m con carotiere per campionamento ambientale del diametro di 101 mm.e lunghezza di 1.0 m con corona in widia.

Non è stato utilizzato il rivestimento provvisorio.

Il foro di sondaggio non è stato condizionato ed è stato riempito con materiale di risulta.

Prelevate aliquote di campioni di terreno per analisi chimiche di laboratorio di tipo ambientale, conservate in barattoli, alle profondità da 0.5 a 1.0 m da 1.75 m a 2.0 m e da 2.5 m a 3.0 m.

Alle profondità indagate non è stata intercettata la falda aquifera.

Denominazione:	SA1	Profondità (m)	3	Data	13/01/2020
Coordinate del sondaggio	vedi monografia	Macchina per perforazione		Modalità di perforazione	
		CMV MK 800 su trattore Landini		carotaggio continuo	
Numero cassette catalogatrici		Numero fotografie		Operatore	
3		3		dott. geol. Domenico Di Pasquo	



FOTO 1 (profondità 0,00-3,00 metri)

Cassetta n°1

ALLEGATO 2

ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE STANDARD SPT

PROVE IN FORO SPT SONDAGGIO SG1**PROVA SPT1****Committente:** Comis s.r.l..**Cantiere:** Metanodotto pot. All. Centrale Torrevaldaniga**Località:** Civitavecchia (RM)

Strumento utilizzato CAMPIONATORE RAYMOND FORO
Prova eseguita in data 10/01/2020
Falda non rilevata

Profondità (m)	Numero colpi
4,15	16
4,30	14
4,45	24

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA SPT1**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata secondo la correlazione di Shioi-Fukui (1982)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Cu (Kg/cm ²)
Limo argilloso	38	4,45	1.90

Modulo Edometrico secondo la correlazione di Stroud e Butler (1975)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Eed (Kg/cm ²)
Limo argilloso	38	4,45	174,34

Classificazione AGI 1977

	NSPT	Prof. Strato (m)	Classificazione
Limo argilloso	38	4,45	ESTREMAMENTE CONSISTENTE

Peso unità di volume secondo la correlazione di Bowles (1982), Terzaghi-Peck (1948-1967)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Peso unità di volume (t/m ³)
Limo argilloso	38	4,45	2.20

Peso unità di volume saturo secondo la correlazione di Bowles (1982), Terzaghi-Peck (1948-1967)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Limo argilloso	38	4,45	2.50

PROVE IN FORO SPT SONDAGGIO SG2**PROVA SPT1****Committente:** Comis s.r.l..**Cantiere:** Metanodotto pot. All. Centrale Torrevaldaniga**Località:** Civitavecchia (RM)

Strumento utilizzato CAMPIONATORE RAYMOND FORO
Prova eseguita in data 09/01/2020
Falda non rilevata

Profondità (m)	Numero colpi
3.25	13
3.40	12
3.55	18

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA SPT1**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata secondo la correlazione di Shioi-Fukui (1982)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Cu (Kg/cm ²)
Limo con argilla	30	3,55	1.50

Modulo Edometrico secondo la correlazione di Stroud e Butler (1975)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Eed (Kg/cm ²)
Limo con argilla	30	3,55	137,64

Classificazione AGI 1977

	NSPT	Prof. Strato (m)	Classificazione
Limo con argilla	30	3,55	MOLTO CONSISTENTE

Peso unità di volume secondo la correlazione di Bowles (1982), Terzaghi-Peck (1948-1967)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Peso unità di volume (t/m ³)
Limo con argilla	30	3,55	2.16

Peso unità di volume saturo secondo la correlazione di Bowles (1982), Terzaghi-Peck (1948-1967)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Limo con argilla	30	3,55	2.37

PROVA SPT2

Strumento utilizzato CAMPIONATORE RAYMOND FORO
 Prova eseguita in data 09/01/2020
 Falda non rilevata

Profondità (m)	Numero colpi
6,75	24
6,90	38
7,05	42

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA SPT2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata secondo la correlazione di Shioi-Fukui (1982)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Cu (Kg/cm ²)
Argilla marnosa	80	7,05	4,00

Modulo Edometrico secondo la correlazione di Stroud e Butler (1975)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Eed (Kg/cm ²)
Argilla marnosa	80	7,05	367,04

Classificazione AGI 1977

	NSPT	Prof. Strato (m)	Classificazione
Argilla marnosa	80	7,05	ESTREMAMENTE CONSISTENTE

Peso unità di volume secondo la correlazione di Bowles (1982), Terzaghi-Peck (1948-1967)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Peso unità di volume (t/m ³)
Argilla marnosa	80	7,05	2.50

Peso unità di volume saturo secondo la correlazione di Bowles (1982), Terzaghi-Peck (1948-1967)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Argilla marnosa	80	7,05	2.50

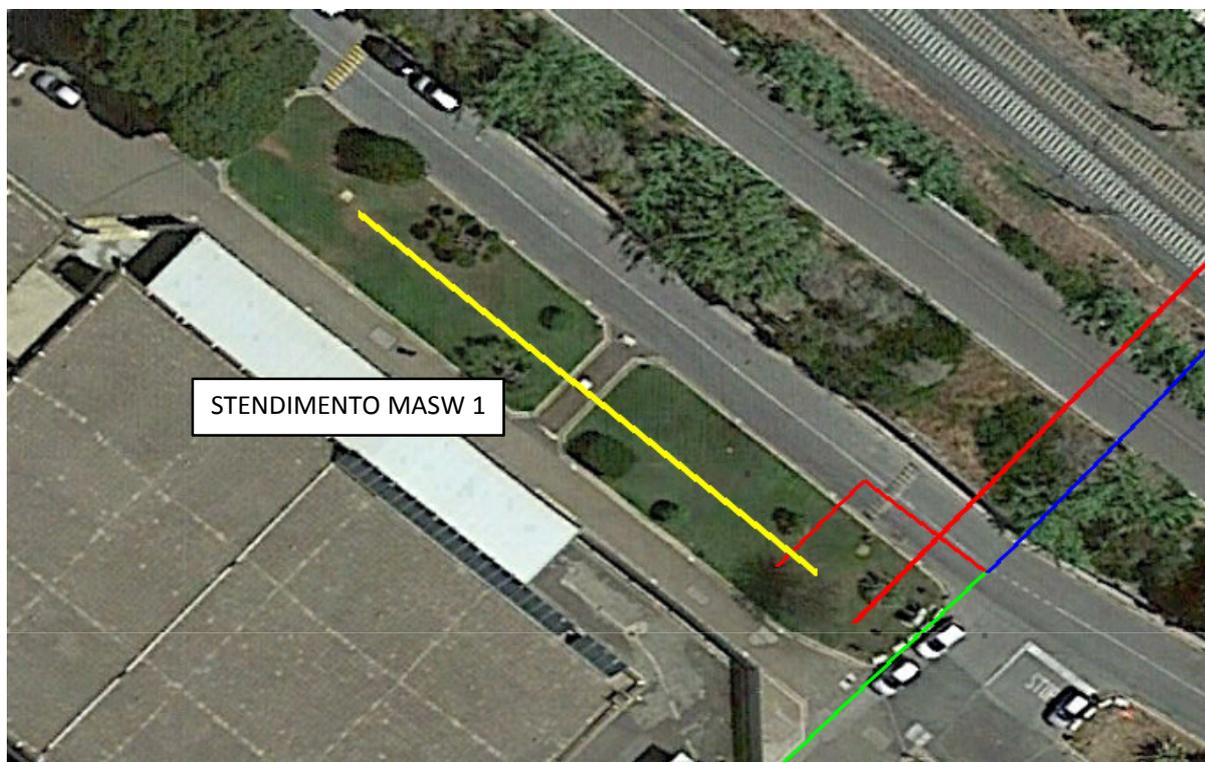
ALLEGATO 3

RISULTATI INDAGINI GEOFISICHE

PROVA SISMICA MASW

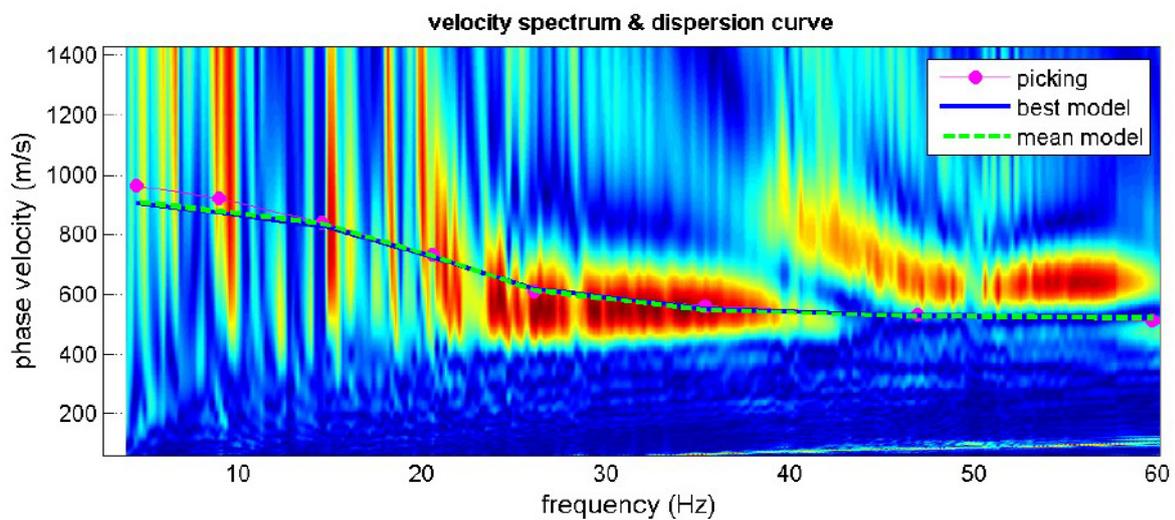
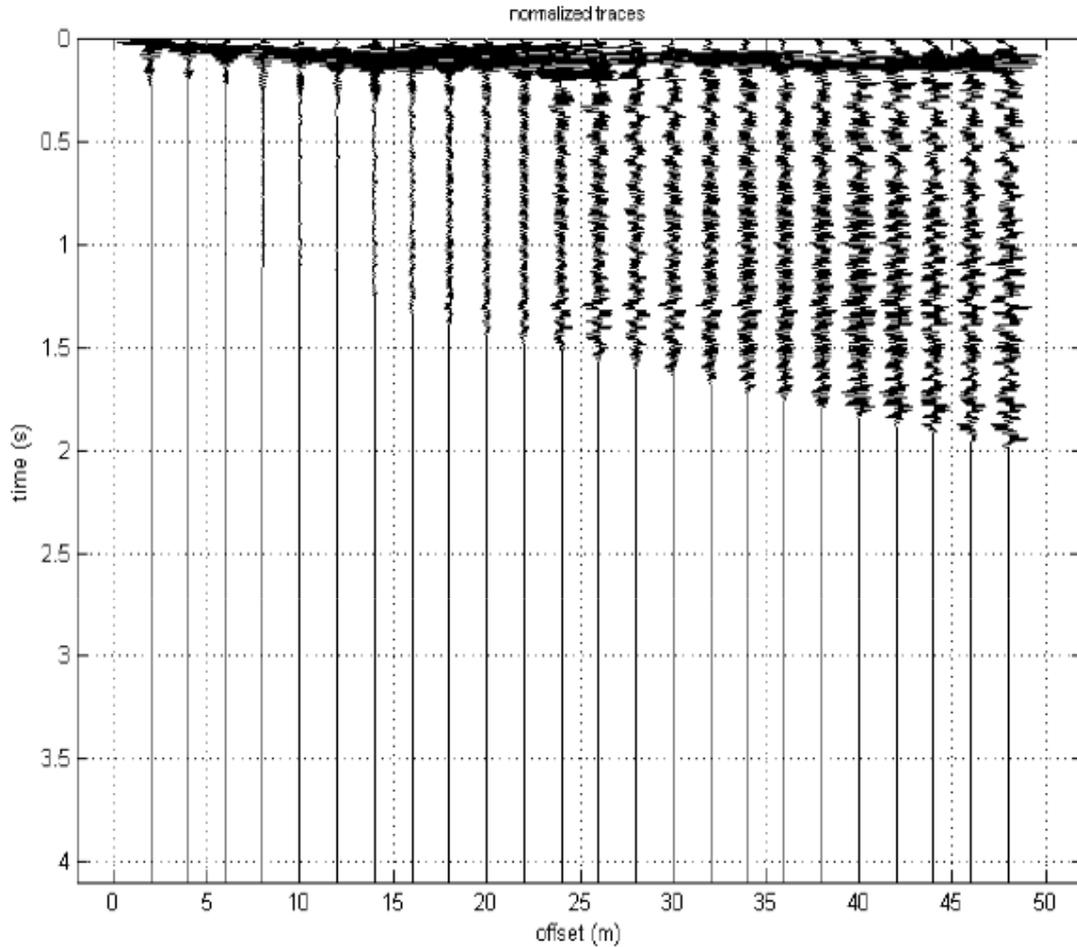
COMMITTENTE	COMIS S.R.L.
LOCALITA' DI ESECUZIONE	Civitavecchia (RM)
DATA INIZIO e FINE PROVA	9 gennaio 2020
Denominazione	Cantiere
MASW 1	Pot. All. Centrale Enel Torrevaldaliga

G.I.T.
SERVICE S.r.l.s.
GEOLOGIA INFRASTRUTTURE TERRITORIO



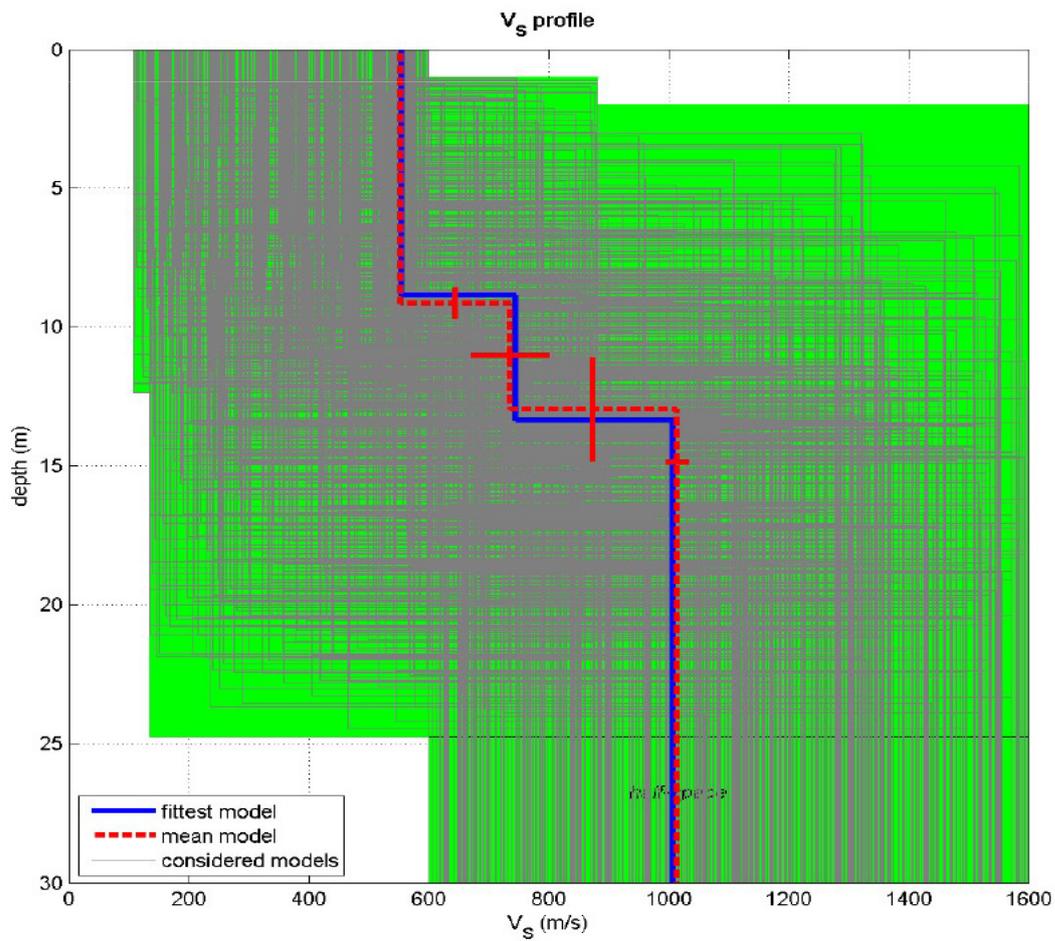
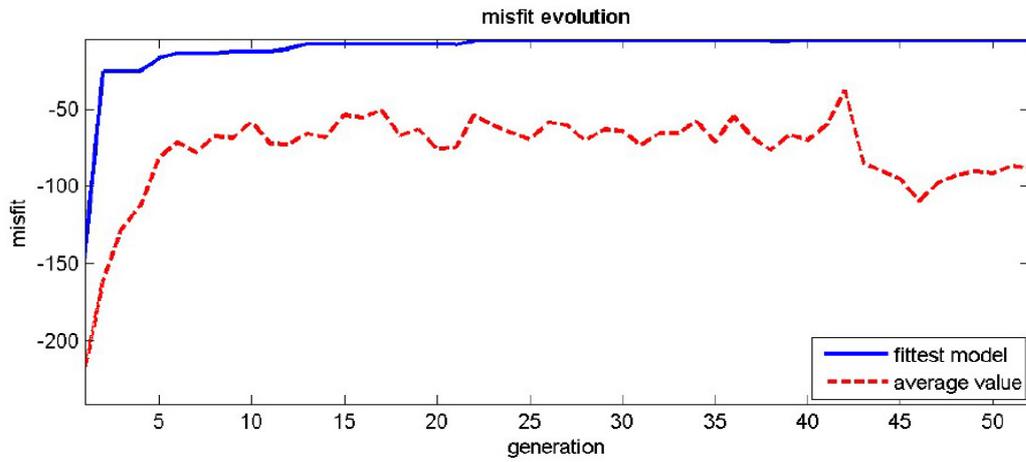
PROVA SISMICA MASW

COMMITTENTE		COMIS S.R.L.	
LOCALITA' DI ESECUZIONE		Civitavecchia (RM)	
DATA INIZIO e FINE PROVA		9 gennaio 2020	
Denominazione	lunghezza stesa	passo geofoni	offset
MASW 1	48 m	2 m	2 m



PROVA SISMICA MASW

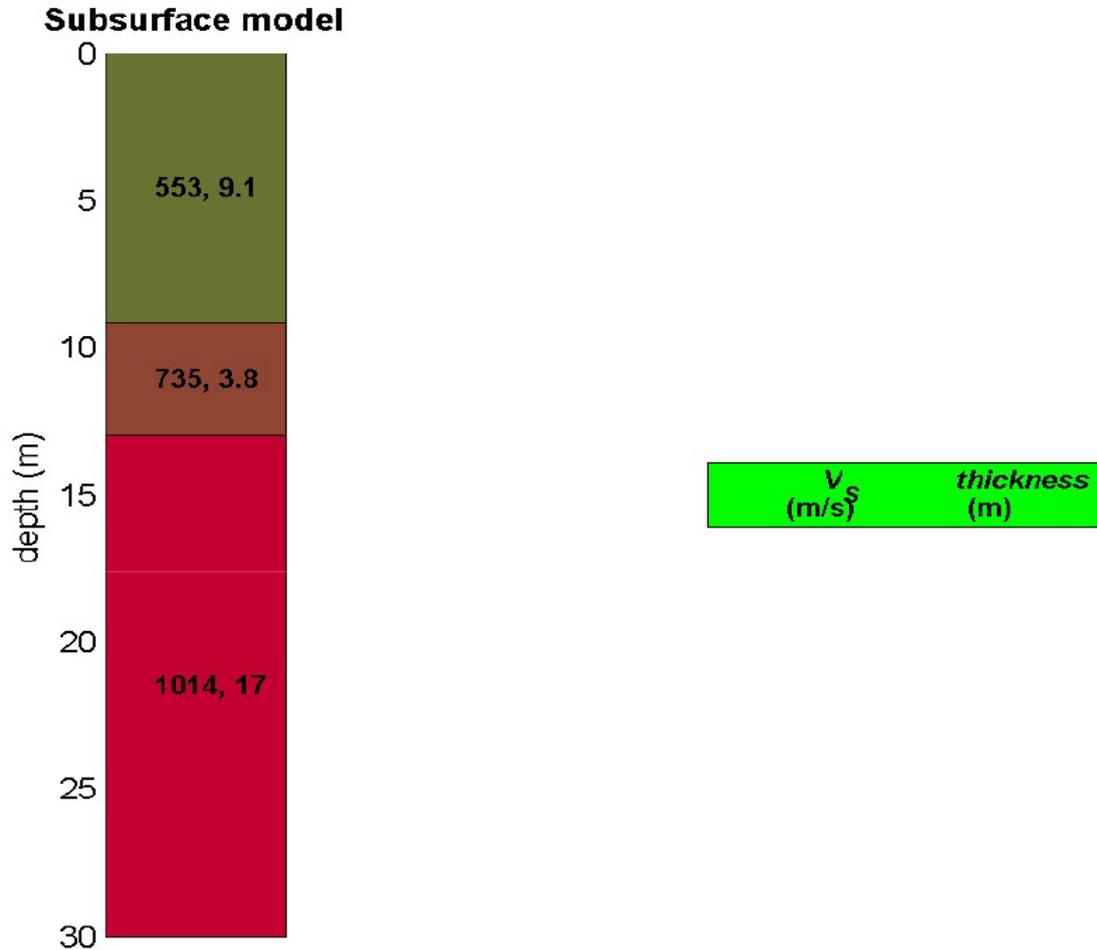
COMMITTENTE		COMIS S.R.L.	
LOCALITA' DI ESECUZIONE		Civitavecchia (RM)	
DATA INIZIO e FINE PROVA		9 gennaio 2020	
Denominazione	lunghezza stesa	passo geofoni	offset
MASW 1	48 m	2 m	2 m



PROVA SISMICA MASW



COMMITTENTE		COMIS S.R.L.	
LOCALITA' DI ESECUZIONE		Civitavecchia (RM)	
DATA INIZIO e FINE PROVA		9 gennaio 2020	
Denominazione	lunghezza stesa	passo geofoni	offset
MASW 1	48 m	2 m	2 m



Strato <i>n°</i>	Spessore <i>(m)</i>	Profondità <i>(m)</i>	Vs <i>(m/sec)</i>
1	9,10	9,10	553
2	3,80	12,90	735
3	semispazio	> 12,90	1014

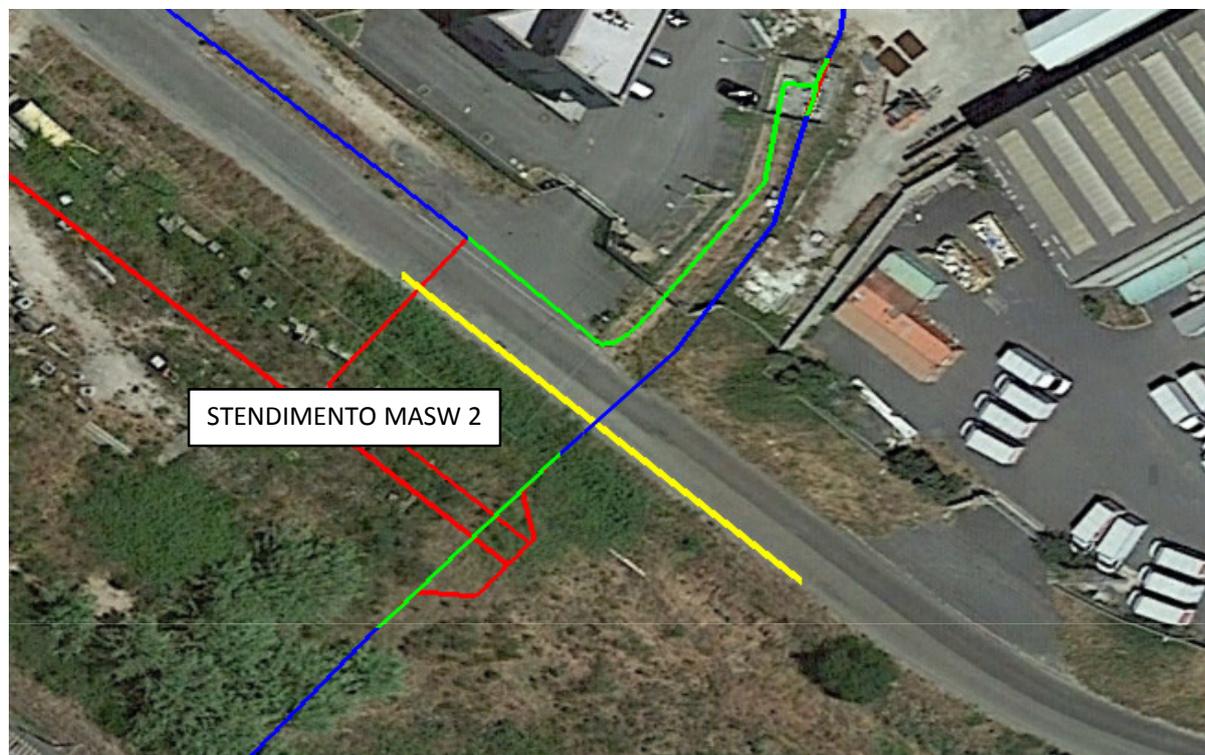
Vseq= 597 m/s

CATEGORIA DI SUOLO B

PROVA SISMICA MASW

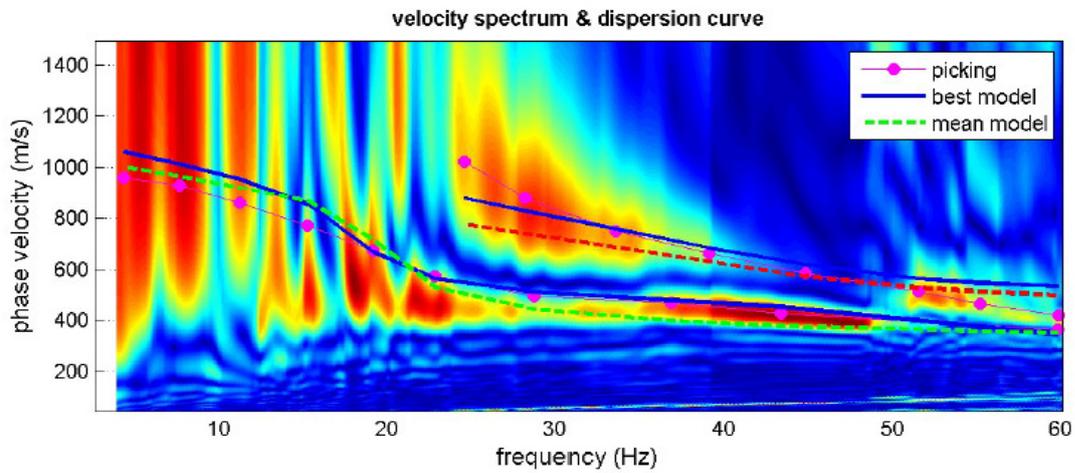
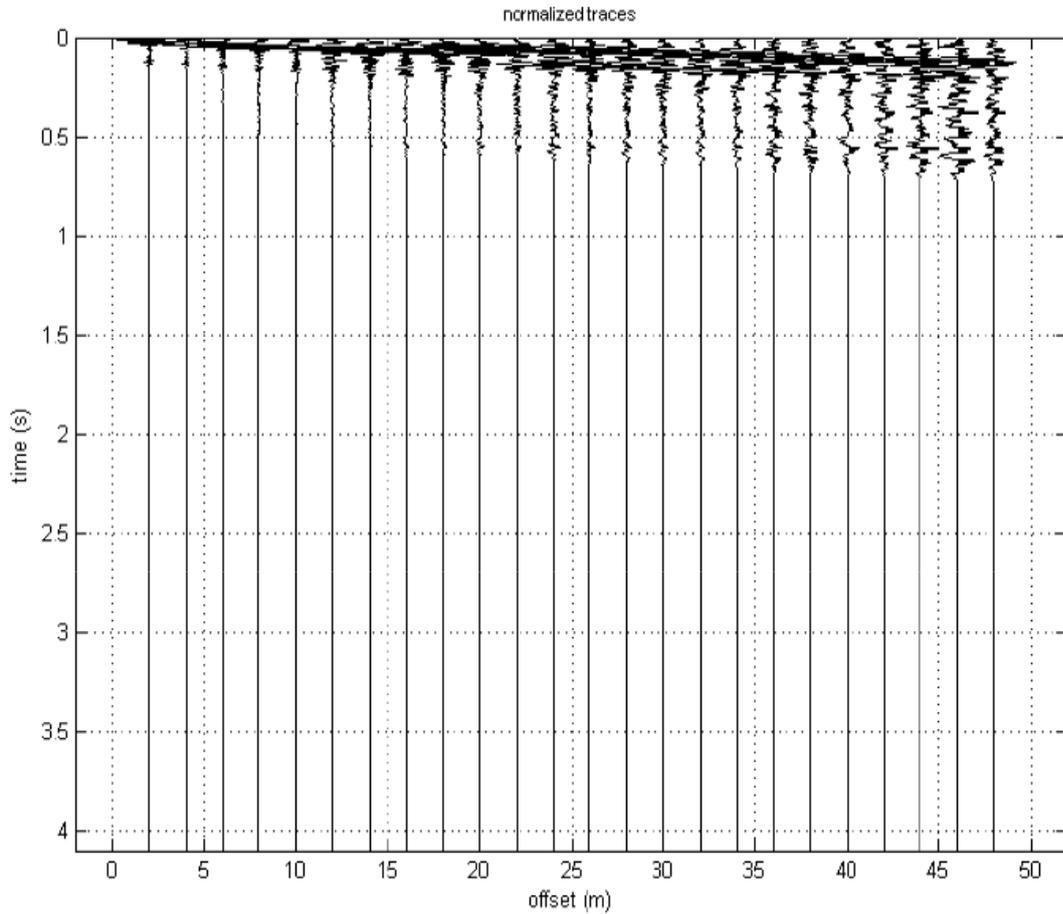
COMMITTENTE	COMIS S.R.L.
LOCALITA' DI ESECUZIONE	Civitavecchia (RM)
DATA INIZIO e FINE PROVA	15 gennaio 2020
Denominazione	Cantiere
MASW 2	Pot. All. Centrale Enel Torrevaldaliga

G.I.T.
SERVICE S.r.l.s.
GEOLOGIA INFRASTRUTTURE TERRITORIO



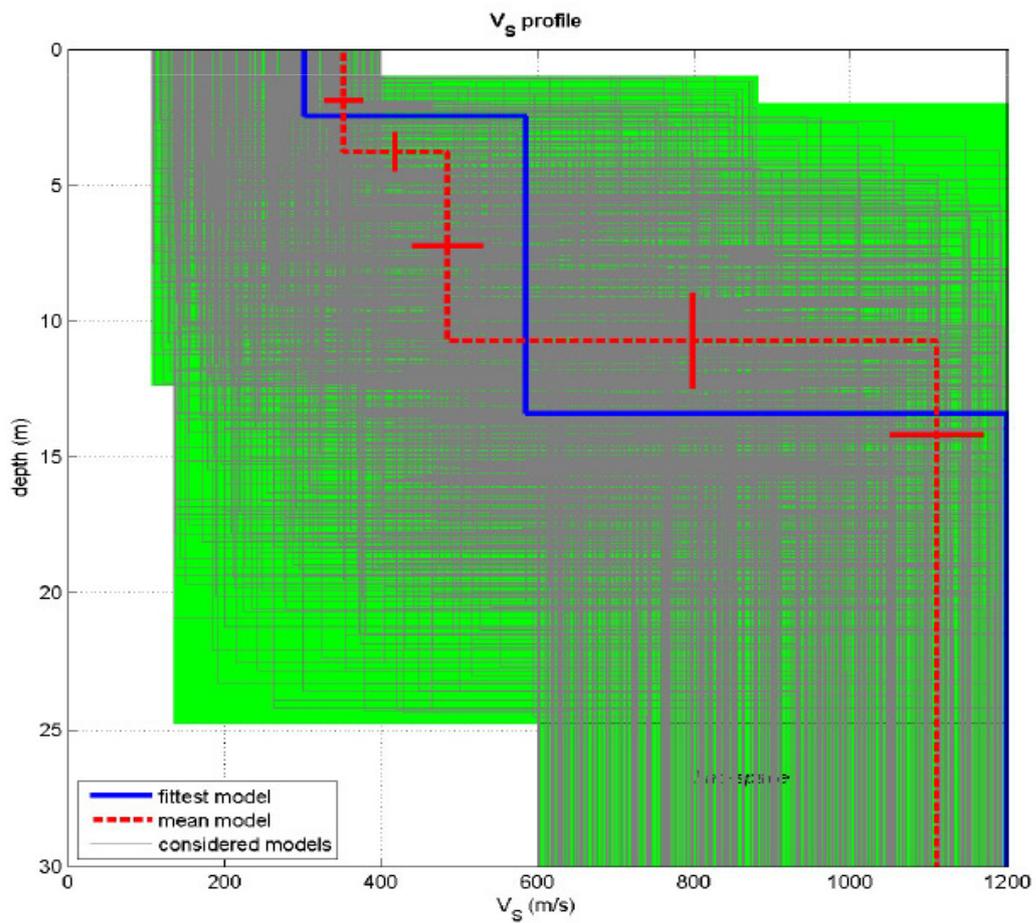
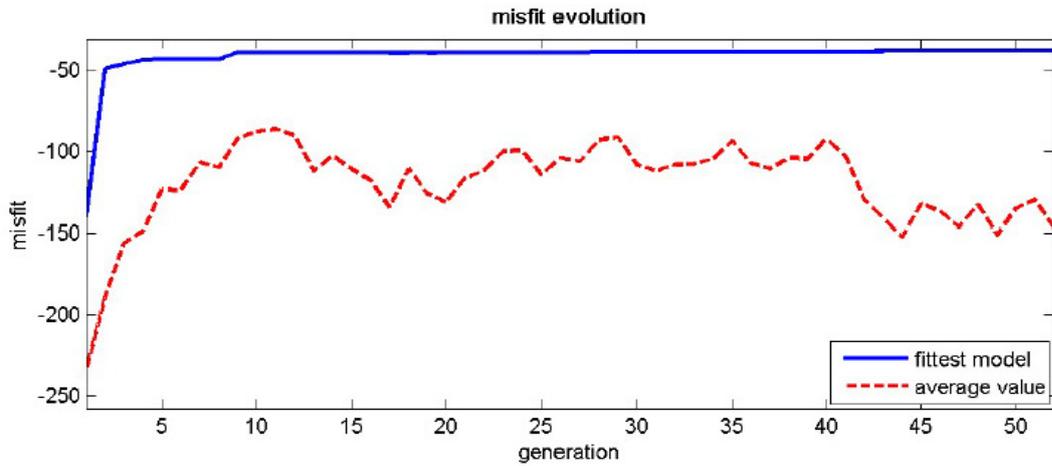
PROVA SISMICA MASW

COMMITTENTE	COMIS S.R.L.		
LOCALITA' DI ESECUZIONE	Civitavecchia (RM)		
DATA INIZIO e FINE PROVA	15 gennaio 2020		
Denominazione	lunghezza stesa	passo geofoni	offset
MASW 2	56 m	2 m	10 m



PROVA SISMICA MASW

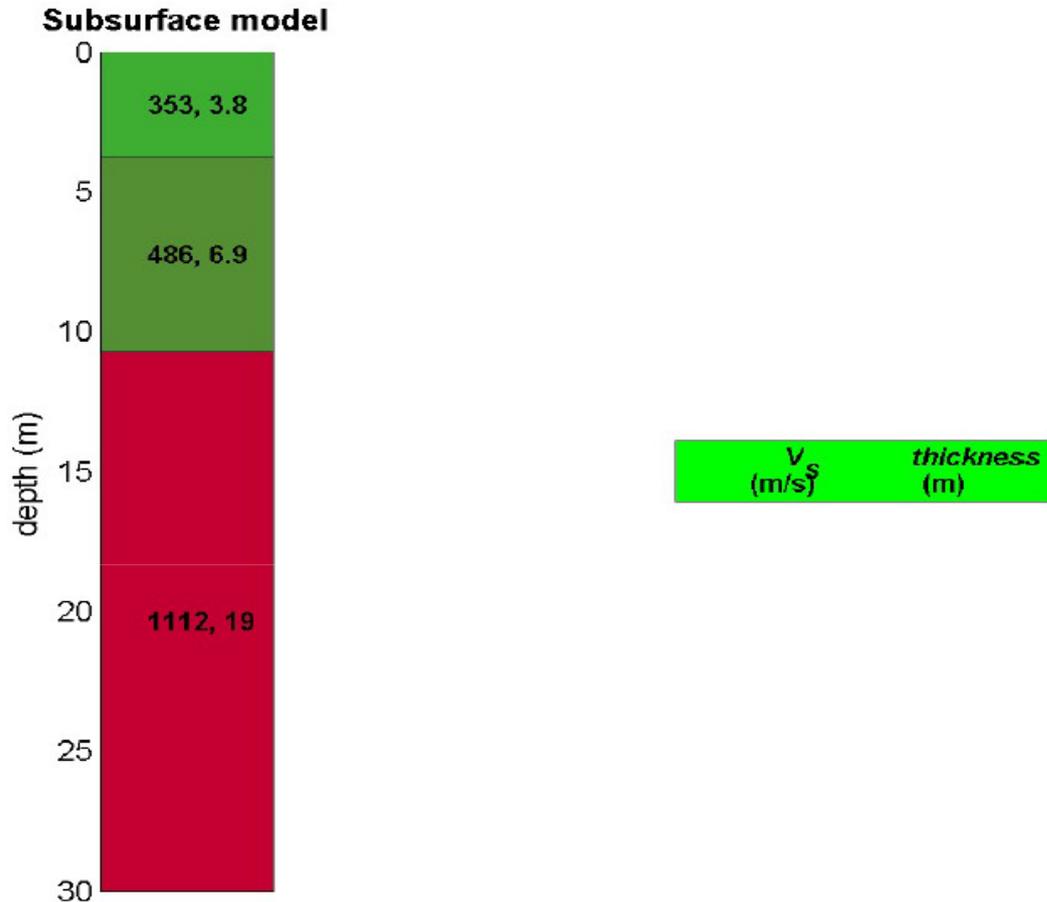
COMMITTENTE		COMIS S.R.L.	
LOCALITA' DI ESECUZIONE		Civitavecchia (RM)	
DATA INIZIO e FINE PROVA		15 gennaio 2020	
Denominazione	lunghezza stesa	passo geofoni	offset
MASW 2	56 m	2 m	10 m



PROVA SISMICA MASW



COMMITTENTE		COMIS S.R.L.	
LOCALITA' DI ESECUZIONE		Civitavecchia (RM)	
DATA INIZIO e FINE PROVA		15 gennaio 2020	
Denominazione	lunghezza stesa	passo geofoni	offset
MASW 2	56 m	2 m	10 m



Strato <i>n°</i>	Spessore <i>(m)</i>	Profondità <i>(m)</i>	Vs <i>(m/sec)</i>
1	3,80	3,80	353
2	6,90	10,70	486
3	semispazio	> 10,70	1112

Vseq= 429 m/s

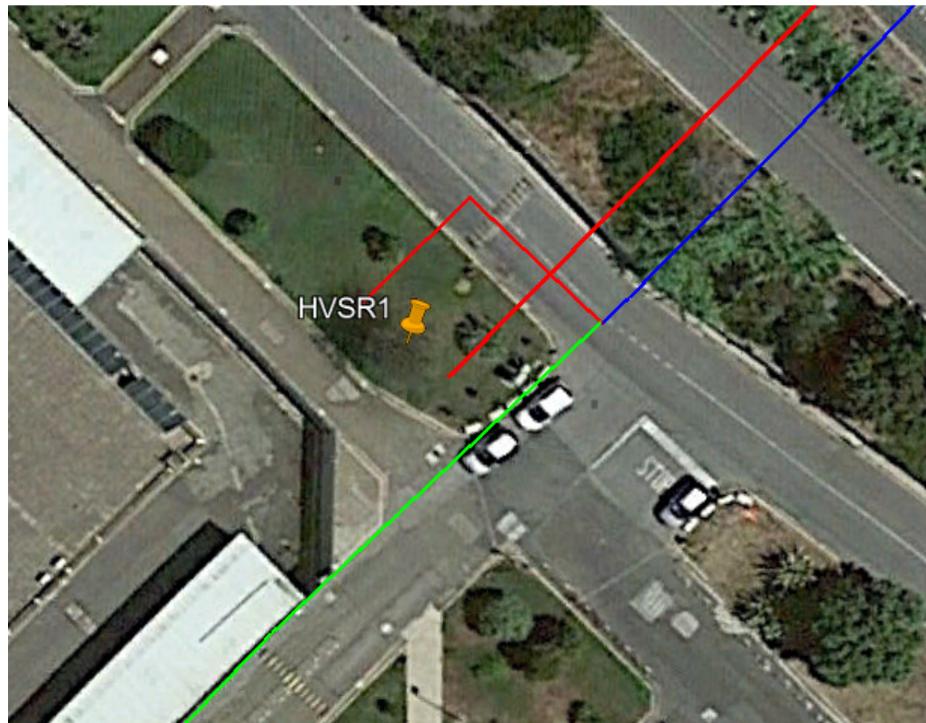
CATEGORIA DI SUOLO B

RAPPORTO PROVA SISMICA HVSR 1

Progetto: Metanodotto Pot. All. Centrale Enel Torrevaldaliga

Località: Civitavecchia (RM)

Data: 09/01/2020



HVSR 1

Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio from passive seismics

Dataset: centrale civitavecchia hvsr_1.saf
Sampling frequency (Hz): 250
Window length (sec): 20
Length of analysed temporal sequence (min): 19.2
Tapering (%): 10

In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 8.2 (± 2.6)

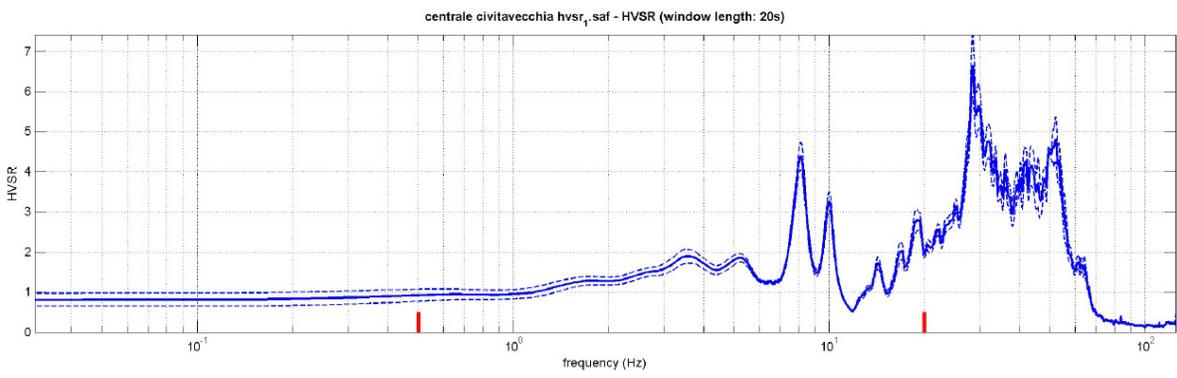
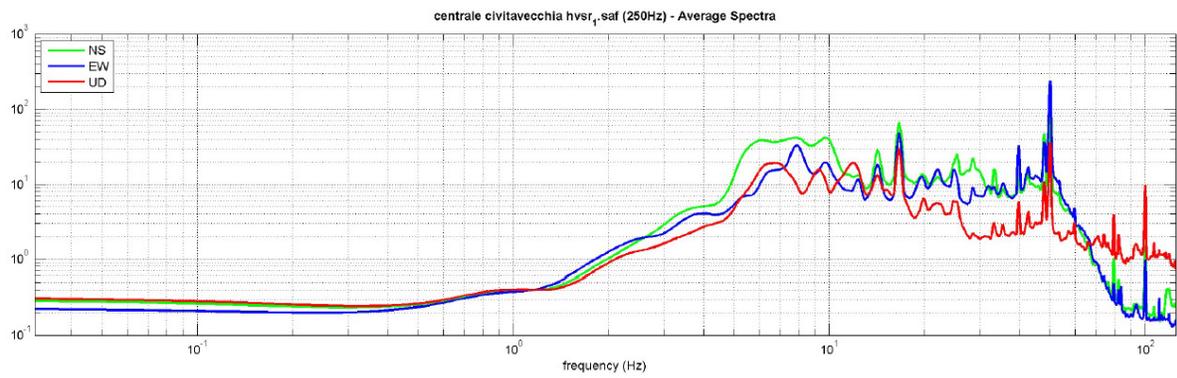
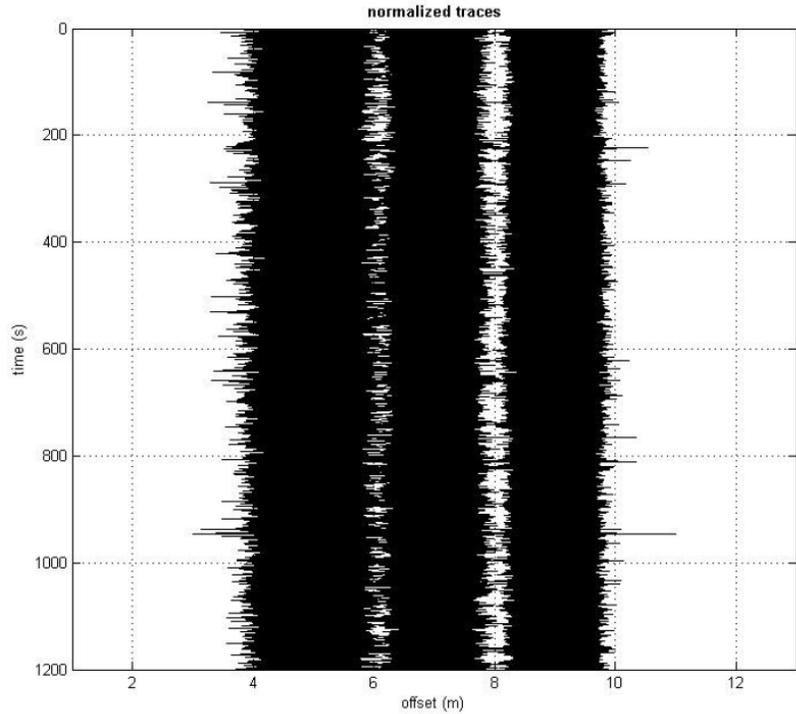
Peak HVSR value: 4.4 (± 0.4)

=== Criteria for a reliable H/V curve ===

- #1. [$f_0 > 10/Lw$]: $8.2 > 0.5$ (OK)
- #2. [$nc > 200$]: $18419 > 200$ (OK)
- #3. [$f_0 > 0.5\text{Hz}$; $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) ===

- #1. [exists f^- in the range $[f_0/4, f_0]$ | $AH/V(f^-) < A_0/2$]: yes, at frequency 7.5Hz (OK)
- #2. [exists f^+ in the range $[f_0, 4f_0]$ | $AH/V(f^+) < A_0/2$]: yes, at frequency 8.7Hz (OK)
- #3. [$A_0 > 2$]: $4.4 > 2$ (OK)
- #4. [$f_{\text{peak}}[A_h/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$]: (OK)
- #5. [$\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$]: $2.618 > 0.408$ (NO)
- #6. [$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$]: $0.351 < 1.58$ (OK)



RAPPORTO PROVA SISMICA HVSR 2

Progetto: Metanodotto Pot. All. Centrale Enel Torrevaldaliga

Località: Civitavecchia (RM)

Data: 15/01/2020



HVSR 2

Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio from passive seismics

=====
Dataset: centrale civitavecchia hvsr_2CLEAN.SAF
Sampling frequency (Hz): 250
Window length (sec): 20
Length of analysed temporal sequence (min): 19.1
Tapering (%): 10
=====

In the following the results considering the data in the 0.5-14.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 9.8 (± 2.9)

Peak HVSR value: 2.2 (± 0.2)

=== **Criteria for a reliable H/V curve** =====

- #1. [$f_0 > 10/L_w$]: $9.8 > 0.5$ (OK)
- #2. [$n_c > 200$]: $22076 > 200$ (OK)
- #3. [$f_0 > 0.5\text{Hz}$; $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$] (OK)

=== **Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled)** =====

- #1. [exists f^- in the range $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$]: (NO)
- #2. [exists f^+ in the range $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$]: yes, at frequency 11.9Hz (OK)
- #3. [$A_0 > 2$]: $2.2 > 2$ (OK)
- #4. [$f_{\text{peak}}[A_{h/v}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$]: (OK)
- #5. [$\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$]: $2.857 > 0.488$ (NO)
- #6. [$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$]: $0.209 < 1.58$ (OK)

