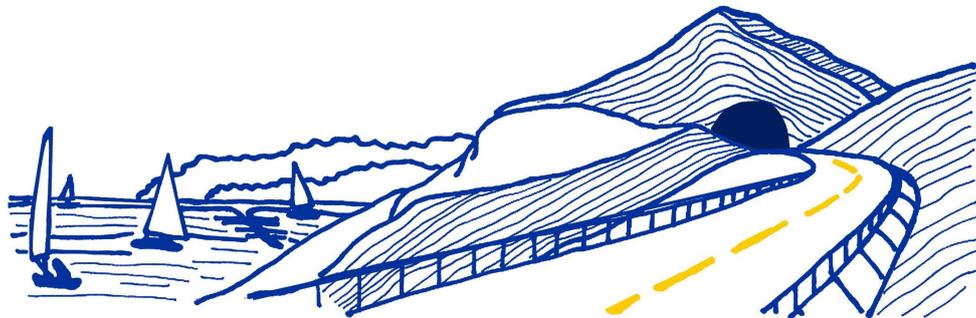


**VARIANTE ALLA S.S.1 AURELIA (AURELIA BIS)
VIABILITA' DI ACCESSO ALL' HUB PORTUALE DI LA SPEZIA
INTERCONNESSIONE TRA I CASELLI DELLA A-12 E IL PORTO DI LA SPEZIA
3° LOTTO TRA FELETTINO E IL RACCORDO AUTOSTRADALE**

PROGETTO ESECUTIVO DI STRALCIO E COMPLETAMENTO C - 3° TRATTO

PROGETTO ESECUTIVO

GE265



VISTO: IL RESPONSABILE
DEL PROCEDIMENTO

RESPONSABILE
DELL'INTEGRAZIONE DELLE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

PROGETTISTA SPECIALISTA

IL COORDINATORE DELLA
SICUREZZA IN FASE DI
PROGETTAZIONE

Ing. Fabrizio CARDONE

Ing. Alessandro RODINO

Ing. Alessandro RODINO

Dott. Domenico TRIMBOLI

**OPERE MAGGIORI
GALLERIE ARTIFICIALI
GALLERIA ARTIFICIALE SCATOLARE LE FORNACI 2
GEOLOGIA, GEOTECNICA E SISMICA:**

RELAZIONE DESCRITTIVA DELLE INDAGINI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE DI PROGETTO

CODICE PROGETTO

NOME FILE

REVISIONE

SCALA:

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

0000_P00GA03GEORE01_A

DPGE0265 E 20

CODICE ELAB. P00GA03GEORE01

A

-

C

B

A

EMISSIONE

Marzo 2021

M. Barale

E. Giraudò

A. Rodino

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

INDICE	pag.
1. PREMESSA	1
2. INTRODUZIONE	2
3. INQUADRAMENTO DELL' AREA	3
3.1 Fisiografia	3
3.2 Inquadramento geologico.....	3
4. INDAGINI GEOGNOSTICHE E PROVE DI LABORATORIO	5
4.1 Dati disponibili.....	5
4.2 Prove SPT in foro.....	6
4.3 Prove di laboratorio.....	8
5. IDROGEOLOGIA.....	11
5.1 Prove di permeabilità	11
5.2 Monitoraggio falda acquifera.....	12
6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	15
7. ALLEGATO 1 – PLANIMETRIA INDAGINI	19

1. Premessa

Il presente documento ha lo scopo di fornire un quadro completo sulle conoscenze geognostiche acquisite durante le campagne di indagini eseguite in fase di progetto esecutivo “Variante alla SS n°1 Aurelia, Viabilità di accesso all’Hub portuale di La Spezia, Interconnessione tra i caselli dell’A 12 e il porto di La Spezia” e in fase di Perizia Integrativa.

2. Introduzione

L'area di studio si colloca nel tratto finale dell'interconnessione, in corrispondenza dell'attuale svincolo "Melara" e sarà caratterizzato dalla presenza di una galleria scatolare artificiale denominata Fornaci II. Lo sviluppo dell'opera in progetto è indicato in Figura 1.

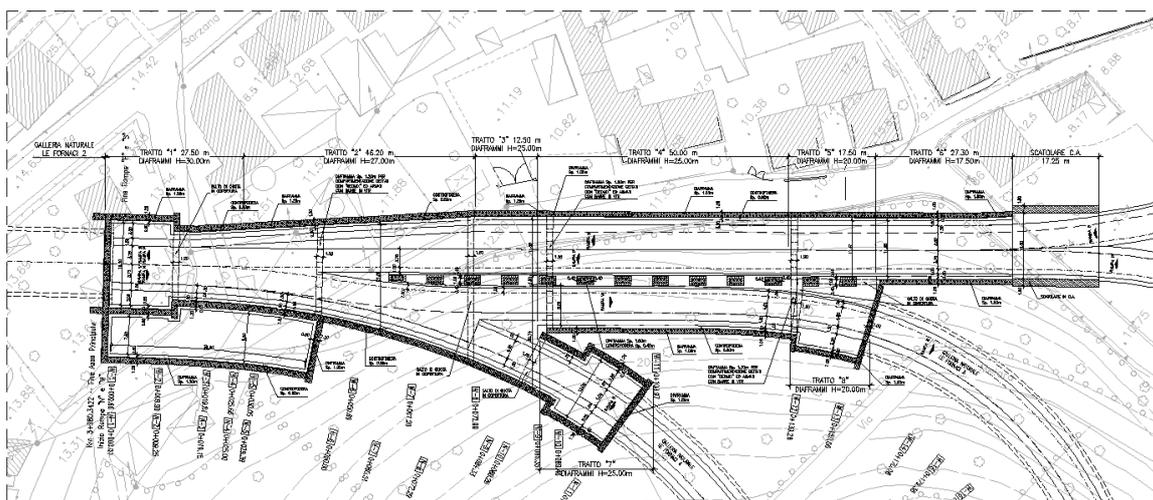


Figura 1 – Galleria Fornaci II, planimetria di progetto

Nei seguenti capitoli verranno descritte le caratteristiche geologico-geotecniche e idrogeologiche dei terreni interferenti con l'opera in progetto, ricavate dalle prove in situ e dai test di laboratorio, nonché quelle sismiche derivate dalle prove geofisiche.

3. Inquadramento dell'area

3.1 Fisiografia

L'area in esame è posta ad una quota variabile tra i 5 e i 30 m s.l.m. e si trova al margine nord occidentale della piana alluvionale ove sorge la città di La Spezia. La morfologia è caratterizzata da modesti rilievi collinari che costituiscono le propaggini più meridionali delle alture poste subito a monte dell'abitato. In particolare l'opera in progetto si colloca in corrispondenza del versante nord-orientale di un piccolo rilievo isolato emergente dalla piana alluvionale (altezza max. 30 m s.l.m.) e da questa separato rispetto ai rilievi retrostanti. Per quanto concerne la presenza di insediamenti antropici, l'area di progetto vede la presenza di una zona urbanizzata posta oltre l'adiacente via di Melara e chiaramente visibile nella parte alta di Figura 1.

3.2 Inquadramento geologico

L'area di studio, collocata alle pendici dei monti che circondano l'area del golfo di La Spezia, è caratterizzata dall'affioramento di formazioni appartenenti al gruppo del Verrucano (Dominio Toscano), con particolare riferimento ai termini quarziticici e filladici del Carnico (QFL). Questa formazione, di età triassica superiore (Carnico) rappresenta la sequenza più antica affiorante nell'area che circonda il golfo di La Spezia. Essa è caratterizzata da quarziti a grana da medio-grossolana a fine, generalmente piuttosto cernite e di color grigio e grigio rosato, in strati di spessore centimetrico-decimetrico (max 70-80 cm) e con geometrie piano parallele alla scala degli affioramenti. Sono presenti interstrati metasiltitici che localmente possono formare anche dei corpi essenzialmente pelitici dello spessore massimo di alcuni metri. Gli strati quarziticici, la porzione superiore dei quali può risultare verdastra-arrossata, mostrano localmente laminazioni piano-parallele ed incrociate. Lo spessore complessivo di questa unità non è facilmente valutabile a causa delle frequenti laminazioni tettoniche che interessano il tetto e per deformazioni plicative polifasiche. Inoltre i terreni risultano caratterizzati da un elevato grado di eterogeneità e da un'alterazione sempre più spinta approssimandosi al piano campagna.

Nelle zone prospicienti la stretta piana alluvionale, posta tra l'area di progetto e i monti di La Spezia, è inoltre possibile individuare una copertura di materiali alluvionali recenti, con spessori variabili, caratterizzati da limi, sabbie e ghiaie, frammisti in misura variabile, interpretati, nell'area di studio, come "alluvioni corte", ovvero materiale ridepositato a seguito di fenomeni di trasporto su distanze molto ridotte rispetto al luogo di origine.

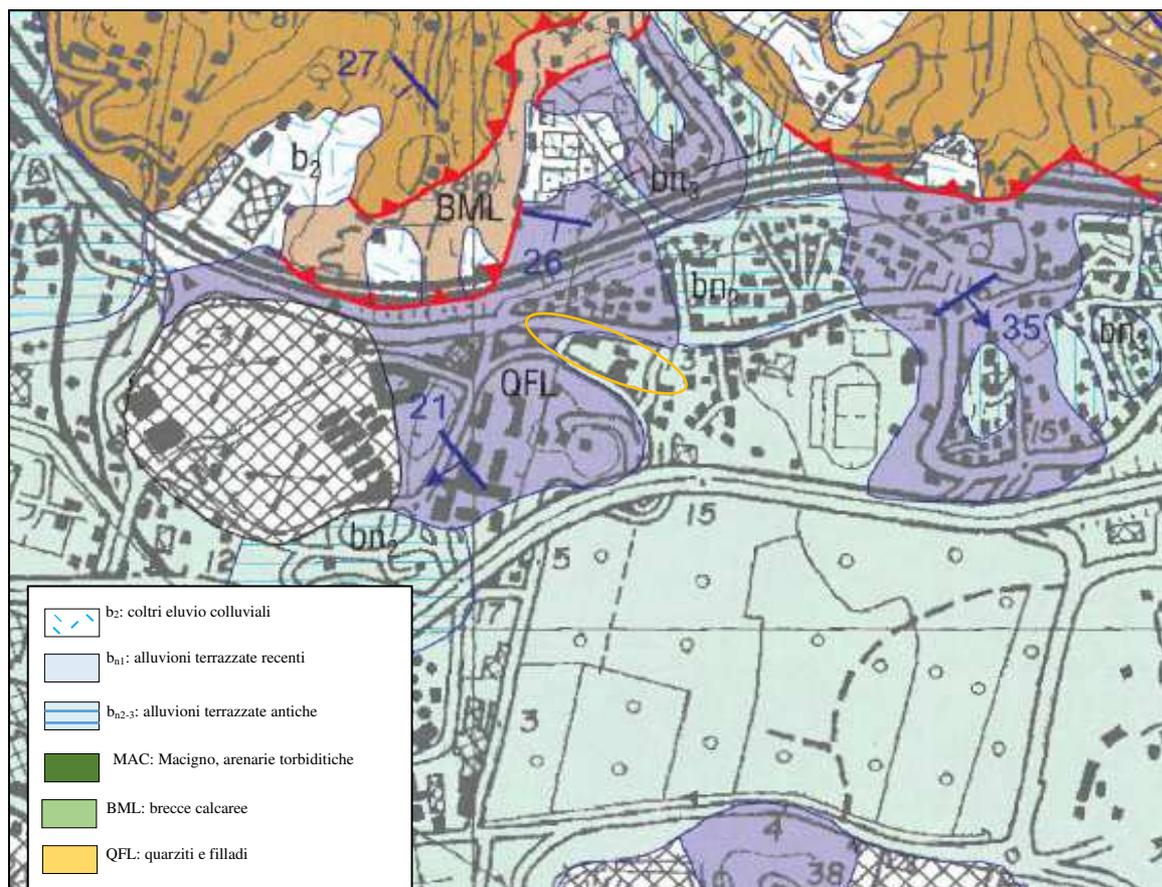


Figura 2 – Estratto della carta geologica CARG in scala 1:5000 del foglio “La Spezia”
 con indicazione dell’area di progetto (ellisse arancio)

Nel presente capitolo ci si limita ad una generale descrizione delle unità, utile a comprendere meglio i risultati delle prove in sito, di seguito indicate.

La suddivisione stratigrafica generale individuata è la seguente:

- Coltre alterata e meteorizzata, limi sabbioso-argillosi con clasti (V1);
- Verrucano alterato, coltre eluvio-colluviale (V2);
- Verrucano quarzítico alterato, ghiaia e clasti quarzíticos (V3a);
- Verrucano compatto (V3).

Nei capitoli riguardanti la caratterizzazione stratigrafica e geotecnica verranno indicati con precisione i caratteri delle diverse unità, definiti sulla base delle prove in sito eseguite.

4. Indagini geognostiche e prove di laboratorio

4.1 Dati disponibili

Di seguito vengono elencati i sondaggi a carotaggio continuo eseguiti in “Zona Melara” in fase di progetto esecutivo (**Tabella 1**). Durante l’esecuzione di tali prove sono stati prelevati campioni indisturbati per le analisi di laboratorio e sono state eseguite alcune prove SPT (*Standard Penetration Test*) sui vari litotipi incontrati. I risultati di queste prove sono riportati nei paragrafi successivi. L’ubicazione dei sondaggi è riportata nella planimetria allegata (Allegato 1)

❖ SVINCOLO MELARA					
Sond. n°	Data	Localizzazione	Quota presunta s.l.m.	Sonda utilizzata	Perforazione m.
601	27-30/09	44°07' 00" N 9°51' 43" E	15.0	COMACCHIO MCT 450 P gommata	22.5
602	01-05/10	44°06' 57" N 9°51' 53" E	9.0	COMACCHIO MCT 450 P gommata	26.0
603	25-30/11	44°06' 52" N 9°51' 51" E	3.0	COMACCHIO MCT 450 P gommata	30.0
604	11-13/10	44°06' 55" N 9°52' 03" E	6.0	COMACCHIO MCT 450 P gommata	40.0
605	14-15/10	44°06' 52" N 9°52' 13" E	8.0	COMACCHIO MCT 450 P gommata	25.0
606	15-20/10	44°06' 55" N 9°51' 50" E	6.0	COMACCHIO MCT 450 P gommata	40.0
607	07-11/10	44°06' 54" N 9°51' 57" E	6.0	COMACCHIO MCT 450 P gommata	40.0
608	19-24/11	44°06' 50" N 9°51' 42" E	8.0	COMACCHIO MCT 450 P gommata	40.0
609	02-05/11	44°07' 02" N 9°51' 43" E	16.0	COMACCHIO MCT 450 P gommata	40.0
610	27-29/10	44°06' 57" N 9°51' 49" E	17.0	COMACCHIO MCT 450 P gommata	25.0

Tabella 1 – Elenco sondaggi Zona Melara, fase PE

In particolare, la ricostruzione stratigrafica, in corrispondenza della galleria Fornaci II, si è avvalsa dei soli sondaggi 602 e 610 che risultano quelli più prossimi all’opera.

La campagna indagini ha successivamente previsto, in fase di Perizia Integrativa, l’esecuzione di ulteriori 8 sondaggi a carotaggio continuo e di uno a distruzione di nucleo (SA) così come indicato in Tabella 2.

Sondaggio	Profondità [m]	n. campioni indisturbati	Piezometro	n. Prove SPT	n. Prove permeabilità Lefranc	n. Prove permeabilità Lugeon
S1	30.0	1	CC [15 m]	5	5	-
S2	35.0	1	CC [10 m]	4	3	-
S4	30.0	2	CC [23.5 m]	4	5	-
S5	25.0	2	CC [15 m]	6	3	-
S6	35.0	1	TA [20-30 m]	-	3	-
S7	35.0	-	CC [15 m]	5	3	-
S8	40.0	1	TA [10-14 m]	5	6	-
S9	36.0	1	CC [35 m]	-	4	1
SA	35.0	-	TA [25-35 m]	-	2	-
CC [cella Casagrande] [profondità di installazione]						
TA [tratto filtrante tubo aperto]						

Tabella 2 – Elenco sondaggi campagna indagini integrativa – Fase Perizia Integrativa

4.2 Prove SPT in foro

Durante le fasi di perforazione sono state eseguite alcune prove SPT (*Standard Penetration Test*) sia nella coltre superficiale che nei termini appartenenti alla formazione del Verrucano in profondità. Di seguito vengono riportati i risultati delle prove sotto forma di tabella per i sondaggi eseguiti in fase di progetto esecutivo e sotto forma di grafico per i sondaggi della campagna integrativa. Bisogna ricordare inoltre come la suddivisione delle unità geotecniche in fase di progetto esecutivo e di perizia, a cui fanno riferimento le seguenti tabelle e grafici, fosse leggermente diversa, ma comunque coerente e confrontabile, con quella attualmente adottata.

Sondaggio n°	505	505	505	505
S.P.T. n°	1	2	3	4
Profondità da m (p.c.)	4,00	9,00	12,50	14,70
Litotipo	V2	V2	V2	V3
N° colpi 0 – 15 cm	28	R(6 cm)	R(10 cm)	R(5 cm)
N° colpi 15 – 30 cm	R(11 cm)			
N° colpi 30 – 45 cm	/			
N _{SPT}	Rif	Rif	Rif	Rif

Tabella 3 – Prove SPT sondaggi P.E.

Sondaggio n°	601	601	605
S.P.T. n°	1	2	1
Profondità da m (p.c.)	5,0	8,0	10,0
Litotipo	V2	V2	V2
N° colpi 0 – 15 cm	16	15	25
N° colpi 15 – 30 cm	21	17	R(4 cm)
N° colpi 30 – 45 cm	27	38	
N _{SPT}	48	55	Rif

Tabella 4 - Prove SPT sondaggi P.E

	606	606	606	607	607
S.P.T. n°	1	2	4	1	2
Profondità da m (p.c.)	4,50	7,50	17,70	7,00	11,30
Litotipo	V2	V3	V3	V2	V2
N° colpi 0 – 15 cm	23	21	46	26	43
N° colpi 15 – 30 cm	36	43	R(7 cm)	29	R(11 cm)
N° colpi 30 – 45 cm	44	R(11 cm)		31	
N _{SPT}	80	Rif	Rif	60	Rif

Tabella 5 - Prove SPT sondaggi P.E.

Sondaggio n°	609	609	609	610	610
S.P.T. n°	1	2	4	1	2
Profondità da m (p.c.)	4,00	6,50	18,00	3,00	7,30
Litotipo	Alluv.	V1	V3	V2	V2
N° colpi 0 – 15 cm	5	6	41	25	31
N° colpi 15 – 30 cm	8	7	R(11 cm)	39	46
N° colpi 30 – 45 cm	9	13		46	R(9 cm)
N _{SPT}	17	20	Rif	85	Rif

Tabella 6 - Prove SPT sondaggi P.E.

L'unità del Verrucano alterato ha mostrato un valore medio di circa 40 colpi (con alcune prove che sono però andate a rifiuto). Questo è dovuto all'estrema eterogeneità dei terreni indagati e alla presenza di lenti di ghiaie o materiale roccioso alterato.

Per quanto riguarda l'unità di substrato più compatta V3, le prove SPT sono andate a rifiuto.

L'unica prova eseguita all'interno delle coltri superficiali ha indicato un valore N di 17 colpi.

Passando alle indagini integrative recenti, il grafico mostra come i valori N_{spt} per i materiali più superficiali, indicati come coltri superficiali (A1), siano contenuti in un intervallo compreso tra 20 e 35 colpi (con un unico risultato inferiore a 5 colpi).

L'unità Verrucana (considerata nei suoi termini V2 e V3a) mostra una maggior concentrazione di valori tra 40 e 60 colpi, ma sempre a causa dell'elevato grado di eterogeneità si possono notare valori più bassi (inferiori a 30 colpi), così come prove che

sono giunte a rifiuto prima del completamento.

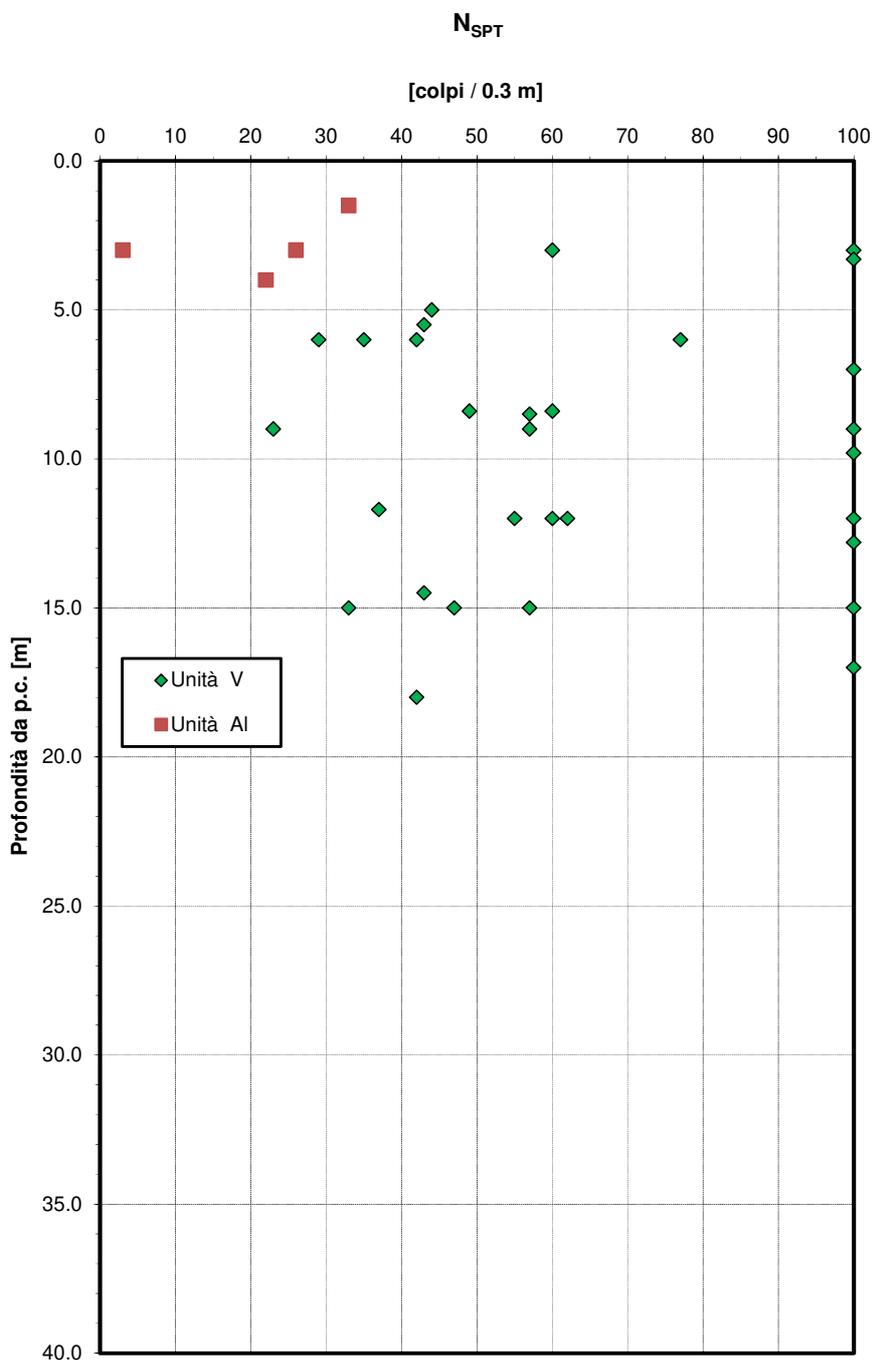


Figura 3 – Grafico N_{spt} sondaggi – Fase integrativa. L'unità Al rappresenta indicativamente la coltre superficiale attualmente indicata con V1

4.3 Prove di laboratorio

Le prove di laboratorio sono state eseguite per le indagini inerenti al Progetto Esecutivo e ne vengono di seguito riportati i risultati sotto forma tabellare per i sondaggi eseguiti

CAMPIONE	S603C1	S604C2	S604C3	S605C1	S607C1	S608C1	S608C2
Profondità metri	4.5 - 5.0	10.0 - 10.5	15.0-15.5	5.5 - 6.0	3.0 - 3.4	7.4 - 7.8	12.0 - 12.5
Prova E.L.L.							
Cu (kPa)	20,6	73,6	64,8	112,7	122,9	36,9	31,7
Eti (kPa)	5724	12101	6355	4346	3918	6850	4686
Prova di taglio							
C (kPa)	36,2	32,4	16,6	18,9	18,0	41,2	15,9
(°)	31,7	30,1	29,4	30,2	32,6	24,5	27,3
Parametri fisici							
Peso volume naturale (kN/m³)	19,2	19,4	18.3 - 19.6	20,4	19,3	18,9	18.2 - 20.1
Peso volume secco (kN/m³)	15,8	15,2	13.9 - 15.4	16,9	16,3	15,1	13.5 - 16.0
Peso specifico dei grani (kN/m³)			26,51		26,26		
Indice dei vuoti			0,861		0,606		
Grado di saturazione (%)			98,91		83,57		
Limiti di Atterberg							
Umidità naturale (%)	18,75	26,71	27,46	20,70	13,79	24,70	31,51
Limite liquido (%)	30,3	40,7	33,4	31,1	26,9	38,6	44,0
Limite plastico (%)	20,3	29,0	25,0	17,9	17,1	23,4	30,5
Indice di plasticità (%)	10,0	11,7	8,4	13,2	9,8	15,2	13,5
Indice di consistenza	1,16	1,20	0,71	0,79	1,34	0,92	0,92
Indice di attività	1,16	0,66	0,68	0,45	0,42	0,64	0,53
Classificaz. Casagrande	CL	ML-OL	ML-OL	CL	CL	ML	ML-OL
Granulometria							
Ghiaia (%)	11,9	0,4	18,0	0,2	48,4	2,9	0,1
Sabbia (%)	45,4	23,8	37,0	33,2	28,9	28,3	13,5
Limo (%)	35,6	59,1	36,5	38,9	14,7	48,0	60,9
Argilla (%)	7,0	16,8	8,5	27,8	8,1	20,8	25,4
Classificazione UNI 10006							
Gruppo	A4	A7-6	A4	A6	A2-4	A6	A7-5
Indice di gruppo	2	9	3	8	0	9	10
Classe di qualità dei campioni	Q.5						
Tipo litologico	A/T	T	A	T	A	T	T

Tipo litologico: Roccia (R); Alterazione (A), Terra (T)

Tabella 8 - Prove di laboratorio su campioni indisturbati (Coltri superficiali) – Fase P.E.

5. Idrogeologia

5.1 Prove di permeabilità

Le formazioni interferenti con le lavorazioni sono state indagate, durante la campagna integrativa, con prove LeFranc/Lugeon.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva dei dati disponibili, derivati dalla campagna di indagine effettuata in fase di Perizia Integrativa.

SONDAGGIO	PROFONDITA' DA P.C. (m)	UNITA' GEOTECNICA	PERMEABILITA' (cm/s)
S1	4.5-6.0	V2	3,02E-05
S1	9.0-10.0	V2	4,02E-04
S1	15.0-16.5	V2	2,01E-03
S1	21.0-22.0	V2	5,32E-04
S1	25.5-27.0	V3	3,32E-03
S2	6.0-7.0	V1	4,44E-04
S2	13.5-14.5	V2	8,68E-04
S2	24.0-25.0	V2	1,42E-03
S4	4.0-5.0	V1	7,12E-04
S4	9.0-10.0	V2	1,17E-03
S4	12.0-13.0	V3a	6,24E-03
S4	19.5-21.0	V3a	1,51E-03
S4	25.5-26.5	V3a	1,05E-02
S5	4.0-5.0	V1	2,17E-04
S5	7.0-8.0	V1	6,37E-04
S5	14.0-15.0	V2	2,09E-03
S5	20.0-24.0	V3	2,10E-04
S6	15.0-16.0	V2	1,34E-03
S6	20.0-21.0	V3a	7,69E-03
S6	25.0-26.1	V2	1,04E-02
S7	9.0-10.0	V2	1,39E-03
S7	20.0-21.0	V2	3,19E-03
S7	30.0-31.0	V3a	1,33E-03
S8	4.5-5.5	V1	8,23E-04
S8	9.0-10.0	V2	1,62E-03
S8	14.0-15.0	V2	5,68E-03
S8	19.5-20.5	V2	1,15E-02
S8	24.0-25.0	V3a	2,14E-03
S8	31.0-32.0	V2	6,46E-04
S9	4.5-5.5	V1	2,39E-04
S9	10.5-12.0	V2	1,55E-03
S9	15.0-16.5	V3a	2,95E-03
S9	24.0-25.5	V3a	1.50E-03
S9	32.0-35.0	V3	1,94E-04

Tabella 9 – Prove di permeabilità in foro

5.2 Monitoraggio falda acquifera

I dati più recenti a disposizione per il monitoraggio delle altezze piezometriche derivano da tre misure (2 e 11 dicembre 2014, 10 dicembre 2015) effettuate su piezometri installati all'interno dei fori di sondaggio della campagna integrativa. Ulteriori misure a campione sono state eseguite durante il sopralluogo effettuato da ENSER il 18/12/2015.

Altri dati provengono da letture piezometriche effettuate a cavallo fra ottobre 2010 (piezometri già esistenti) e febbraio 2011 (piezometri in fori dei sondaggi P.E. e pozzi di controllo).

Le misure del dicembre 2014 e 2015 sono riportate rispettivamente in Tabella 10 e Tabella 11:

PIEZOMETRO	TIPO	Prof. (m)	02/12/2014	02/12/2014	11/12/2014	11/12/2014
			Prof. falda da p.c. (m)	Quota falda da p.c. (m slm)	Prof. falda da p.c. (m)	Quota falda da p.c. (m slm)
S1	casagrande	15	0.42	7.57	0.42	7.57
SA	tubo aperto	35	0.28	7.88	0.09	8.07
S2	casagrande	10	4.65	6.81	4.59	6.87
S4	casagrande	23.5	2.54	8.65	2.15	9.04
S5	casagrande	15	4.04	7.38	3.68	7.74
S6	tubo aperto	30	-	-	-	-
S7	casagrande	15	3.1	9.87	3.24	9.73
S8	tubo aperto	14	3.55	10.04	3.5	10.09
S9	casagrande	35	4.12	9.84	3.76	10.2
PZ3	casagrande	23	-	-	-	-
PZ2	tubo aperto	28.5	-	-	-	-

Tabella 10 – Dati di monitoraggio falda, misurazioni dicembre 2014

PIEZOMETRO	TIPO	Prof. (m)	10/12/2015	10/12/2015	18/12/2015
			Prof. falda da p.c. (m)	Quota falda da p.c. (m slm)	Prof. falda da p.c. (m)
S1	casagrande	15	1.54	6.45	-
SA	tubo aperto	35	1.41	6.75	-
S2	casagrande	10	9.64	1.82	-
S4	casagrande	23.5	3.97	7.22	4.2
S5	casagrande	15	ostruito	-	-
S6	tubo aperto	30	-	-	5.85
S7	casagrande	15	ostruito	-	-
S8	tubo aperto	14	5.61	7.98	-
S9	casagrande	35	7.73	6.23	-
PZ3	casagrande	23	-	-	4.8
PZ2	tubo aperto	28.5	-	-	5

Tabella 11 – Dati di monitoraggio falda, misurazioni dicembre 2015

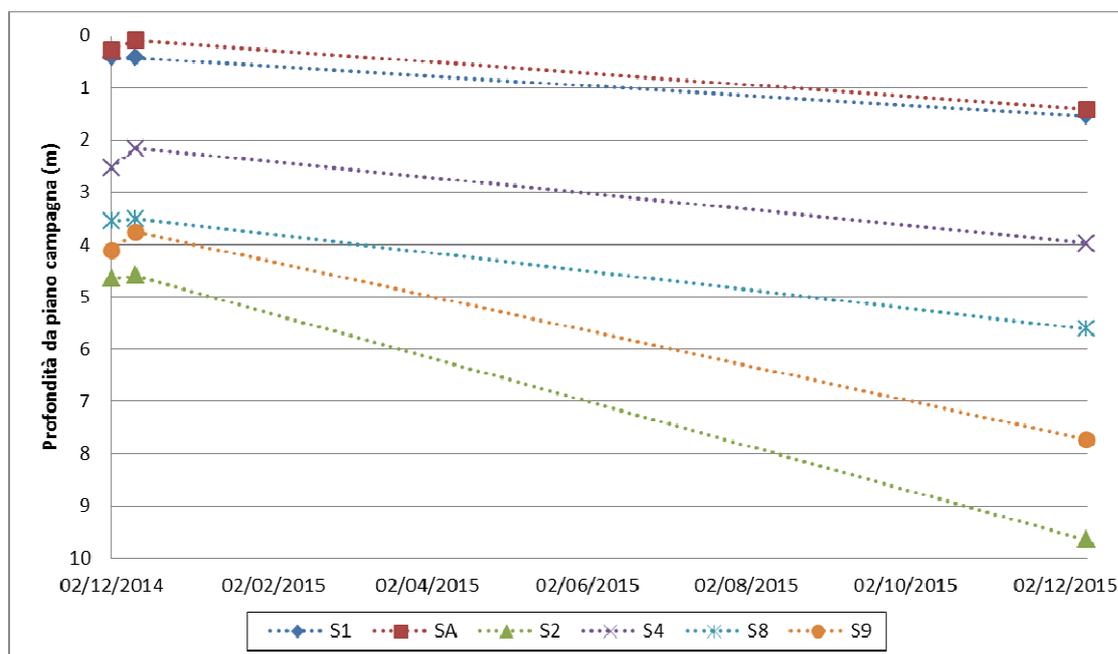


Figura 4 – Andamento dei livelli di falda relativo ai piezometri installati nei fori di sondaggio eseguiti in fase di indagine integrativa

In Figura 4 sono stati riportati quei piezometri per i quali si hanno a disposizione almeno 3 misure effettuate tra il 2014 e il 2015. Pur non essendo questi dati significativi per stabilire un trend affidabile di variazione della falda è importante notare come i valori di altezza della superficie piezometrica, al dicembre 2015, risultino costantemente inferiori rispetto a quelli del 2014. Questo comportamento è dovuto alla scarsità di precipitazioni intervenute nel periodo precedente la misurazione.

Proprio a causa di questa penuria di dati a disposizione, i calcoli effettuati, a favore di sicurezza, hanno considerato la situazione idrogeologicamente più sfavorevole in termini di altezza della tavola d'acqua.

Per completezza, di seguito si riportano anche i dati relativi alle misure di falda registrati durante il Progetto Esecutivo nei pozzi/piezometri con ubicazione più prossima a quella della galleria Fornaci II:

03-04/02/2011			
PIANO ESECUTIVO			
SONDAGGIO	Prof. Sondaggio (m)	Prof. Falda da p.c. (m)	Quota falda m s.l.m.
601	22.5	0	11.7
604	40	-2.2	6.6
605	25	-1.5	6.4
606	40	-2.5	6.4
607	40	0	4.7
610	25	-16.5	7.8

Tabella 12 – Quota falda sondaggi perizia integrativa

GEN-FEB 2011			
PIANO ESECUTIVO			
POZZO	Prof. Pozzo (m)	Prof. Falda da p.c. (m)	Quota falda m s.l.m.
640	35	-3.9	11.7
641	25	-1.8	11.8
643	15	-3.4	11.6

Tabella 13 – Quota falda Pozzi di controllo – Piano Esecutivo

20/10/2010		
PIANO ESECUTIVO		
PIEZOMETRO	Prof. Falda da p.c. (m)	Quota falda m s.l.m.
S30	-3.4	10.6
S31bis	-18.6	10.4

Tabella 14 – Quota falda piezometri già esistenti

I dati ottenuti, pur essendo cronologicamente distanti da quelli più recenti mostrati in Tabella 10 e in Tabella 11, forniscono risultati compatibili col le altezze piezometriche precedentemente definite.

6. Caratterizzazione Sismica

Nell'area di studio sono state eseguite alcune prove MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) che hanno permesso di individuare un modello medio stratigrafico delle onde S e in funzione di ogni singola sismo-stratigrafia è stato calcolato il relativo valore di Vs30. In Tabella 15 sono riportati gli stendimenti più significativi, in termini di prossimità rispetto alla galleria Fornaci II, eseguiti nell'area, in fase di Progetto Esecutivo.

Di seguito si ricordano le caratteristiche delle diverse classi di sottosuolo distinte sulla base del DM 14/01/2008 (Figura 5).

A19.a - VALUTAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO			Ss
 A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m</i>	$V_{s30} > 800$ m/s	1.0
 B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)</i>	$360 < V_{s30} \leq 800$ m/s	1.0-1.2
 C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)</i>	$180 < V_{s30} \leq 360$ m/s	1.0-1.5
 D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina)</i>	$V_{s30} \leq 180$ m/s	0.9-1.8
 E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s)</i>	$180 < V_{s30} \leq 360$ m/s $V_{s30} \leq 180$ m/s	1.0-1.6
 S1	<i>Depositi di terreni caratterizzati da valori di V_{s30} inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche</i>	$V_{s30} < 100$ m/s	Specifiche analisi
 S2	<i>Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti</i>	-	Specifiche analisi

Figura 5 – Categorie sismiche di sottosuolo sulla base del DM 14/01/2008

prova MASW n°	valore Vs30 (m/s)	Categoria di sottosuolo
651	530	B
652a	539	B
652b	547	B

Tabella 15 – Risultati, in termini di Vs30, delle indagini MASW effettuate in zona

Melara e più prossime alla galleria in progetto

Di seguito si riportano i grafici di variazione della velocità delle onde di taglio per il calcolo del valore di Vs30 per gli stendimenti di Tabella 15.

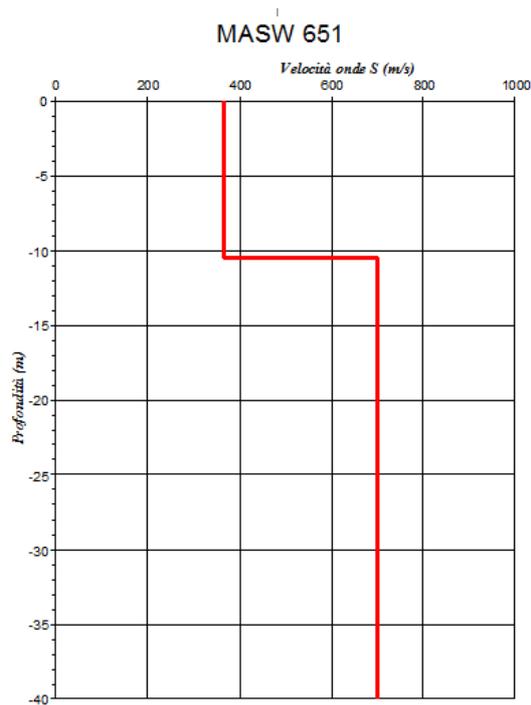


Figura 6 – MASW 651

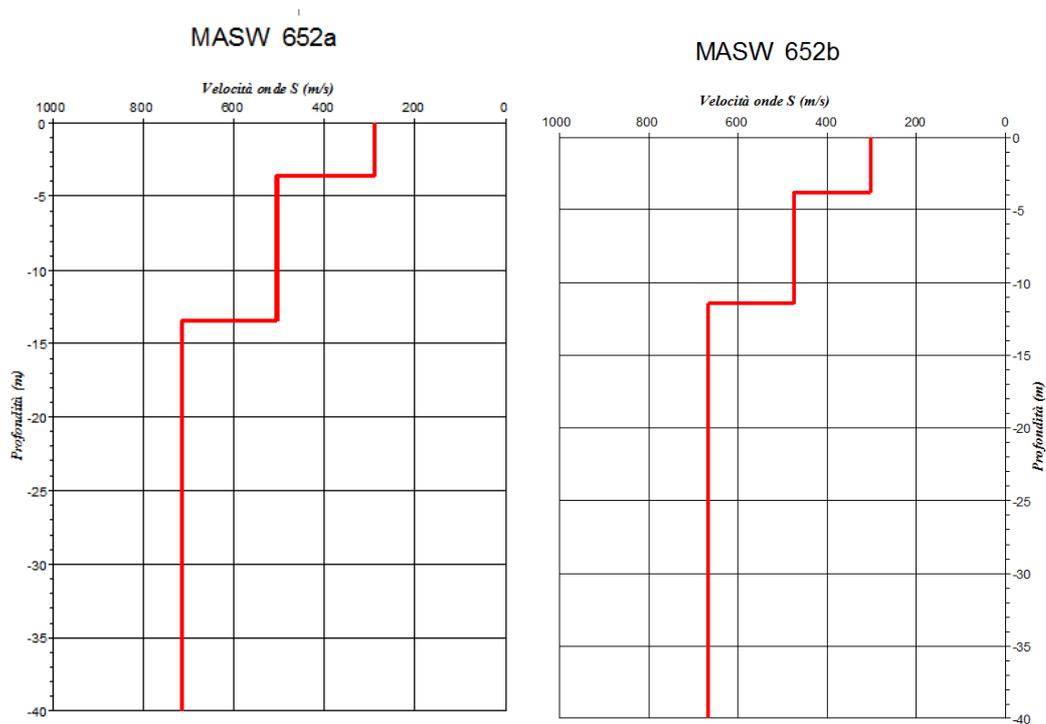


Figura 7 – MASW 652a – 652b

Oltre alle suddette prove si ha a disposizione un'indagine di tipo Down-hole eseguita nel foro di sondaggio 602 e 505, di cui verrà considerata la sola verticale 602 e l'elaborazione delle Vs mediante correlazione di Ohta e Goto (Figura 8).

Velocità delle onde di taglio da prove SPT e prove DH

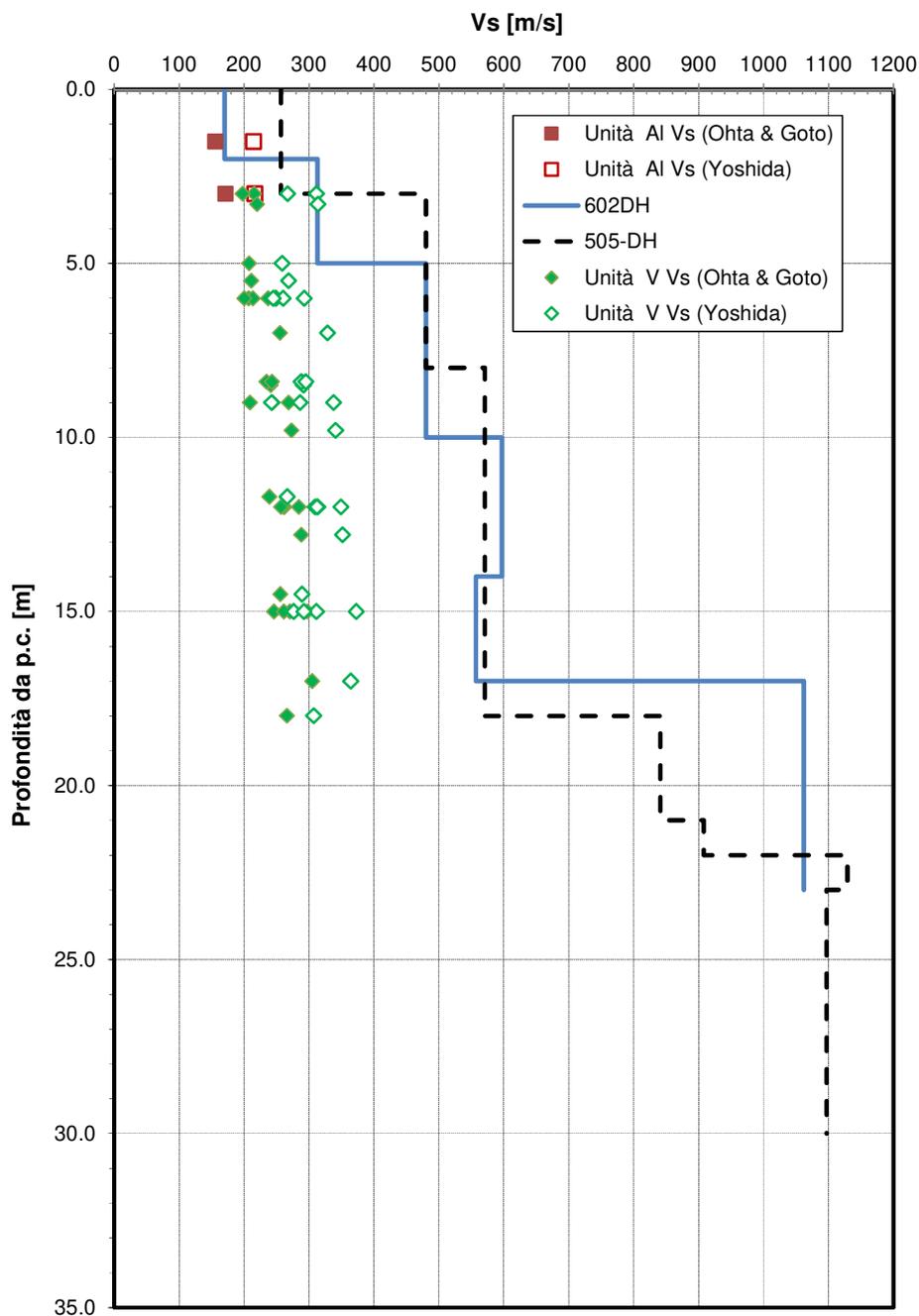


Figura 8 – Grafico delle velocità delle onde S relativo al Down-hole 602

L'andamento della velocità delle onde di taglio identifica la presenza di un bedrock sismico posto a circa 17 metri di profondità dal piano campagna con V_s di 1060 m/s, sottostante ad una coltre di materiale alterato ed allentato con V_s pari a 534 m/s. Sulla base delle conoscenze stratigrafiche, che pongono il substrato Verrucano a profondità maggiori, e della considerazione che il rapporto tra velocità del bedrock sismico e

velocità media della copertura risulta $V_{sbed}/V_{scop} = 1060/534 = 1,98 < 2,2$, quindi inferiore al rapporto minimo considerato nella definizione della Categoria di sottosuolo E, si è optato per la Categoria di sottosuolo **B**. Questo dato risulta dunque coerente con i risultati dell'analisi tramite sismica delle onde di superficie (MASW).

Diversamente da quanto indicato sia in sede di Piano esecutivo che, a seguito dell'analisi del materiale a disposizione, nel presente documento, nella relazione redatta in fase di Perizia Integrativa la categoria di sottosuolo considerata è stata la **C**.

La ragione di tale scelta progettuale, adottata anche nei calcoli geotecnici della presente fase esecutiva di dettaglio, può essere spiegata con la volontà di porsi in una situazione di maggior sicurezza nei confronti delle azioni sismiche e della loro influenza sulla struttura, vista anche l'estrema eterogeneità dei terreni interessati dall'opera in progetto.

Per concludere si indicano i parametri sismici caratteristici dell'area di progetto in relazione alle caratteristiche della struttura:

Vita nominale della costruzione	$V_N = 50$ anni
Classe d'uso della costruzione	III
Coefficiente d'uso della costruzione	$C_U = 1.5$
Categoria di suolo	C
Categoria topografica	T1

La pericolosità sismica di progetto del territorio in esame risulta definita da una accelerazione:

$a_g = 0.142g$

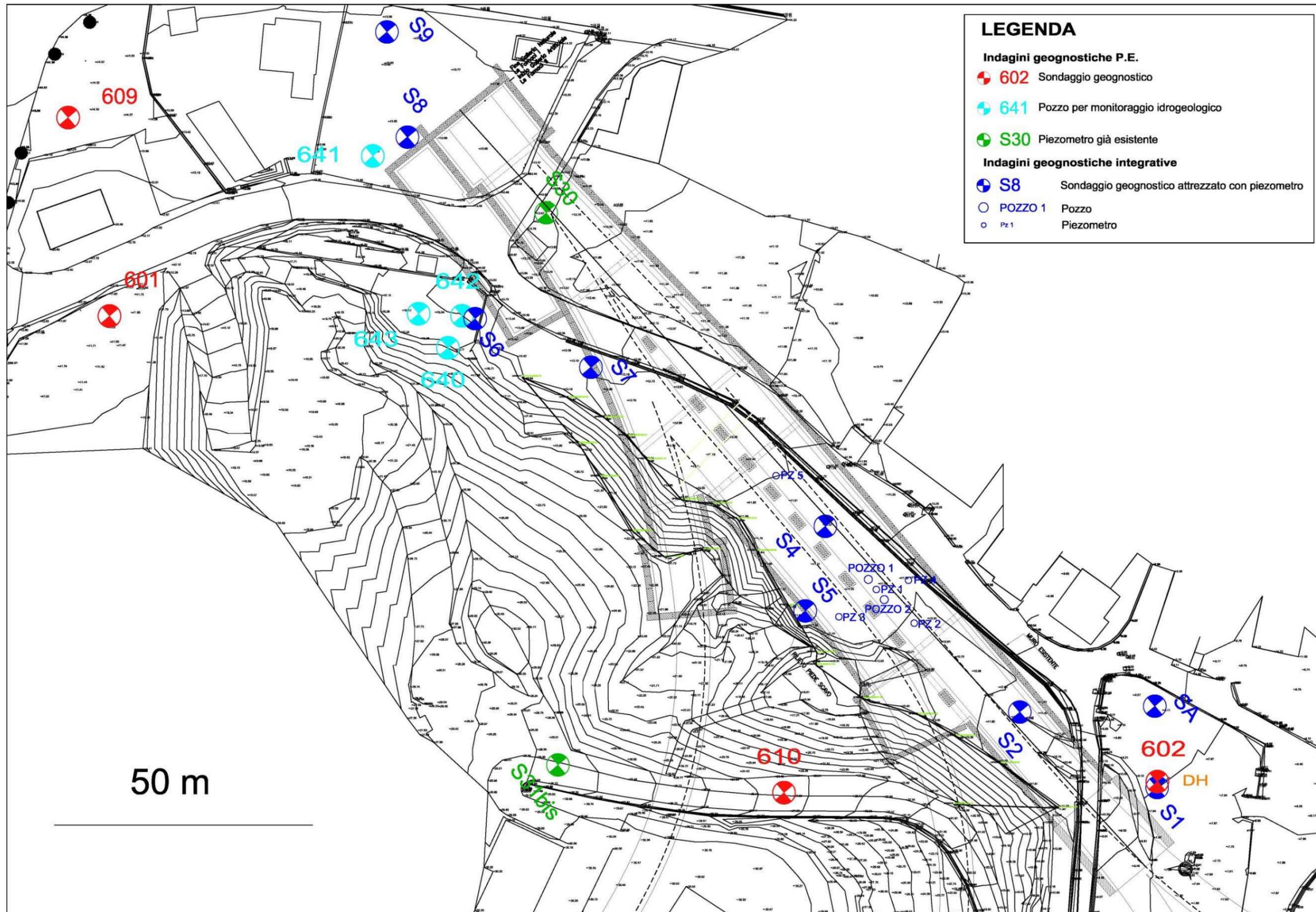
Le condizioni locali del sito di costruzione dell'opera determinano:

il coefficiente di amplificazione stratigrafica	$S_S = 1.496$
il coefficiente di amplificazione topografica	$S_T = 1.0$

Tali coefficienti consentono di individuare l'accelerazione massima di progetto secondo la seguente espressione:

$a_{max} = a_g \cdot S_S \cdot S_T = 0.212g$

7. Allegato 1 – Planimetria indagini



8.