Anas SpA

Direzione Centrale Progettazione

S.S. 1 "Nuova Aurelia"

Viabilità di accesso all'hub portuale di Savona

SVINCOLO DI MARGONARA

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTAZIONE: **ANAS - DIREZIONE CENTRALE PROGETTAZIONE**

I PROGETTISTI:
Ing. FULVIO MARIA SOCCODATO
Ordine Ing. di Roma n. 18861

Ing. ALESSANDRO MICHELI
Ordine Ing. di Roma n. 19654

IL GEOLOGO:
Geol. STEFANO SERANGELI
Ordine Geol. del Lazio n. 659

IL RESPONSABILE DEL S.I.A.
Ing. GINEVRA BERETTA
Ordine Ing. di Roma n. 20458

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE
Geom. FABIO QUONDAM

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :
Ing. NICOLA DINNELLA

PROTOCOLLO | DATA

GRUPPO DI PROGETTAZIONE ANAS
Ing. Giuseppe Danilo Malgeri – Responsabile Progetto
Ing. Gianfranco Fusani – Strade
Ing. Francesco Primieri – Strade
Ing. Gabriele Giovannini – Cartografia
Ing. Attilio Petrillo – Idraulica
Ing. Pierluigi Fabbro – Interferenze
Geom. Valerio Altomare – Espropri
Ing. Luca Cedrone – Opere in sotterraneo
Ing. Rita Gandolfo – Opere in sotterraneo
Geom. Alessandro Cortese – Opere in sotterraneo
Ing. Pia Iasiello – Geotecnica
Ing. Francesco Bezzi – Impianti
Arch. Roberto Roggi – Computi
Geom. Marco Spinucci – Computi
Geol. Giuseppe Cardillo – Caratterizzazione ambientale

RESPONSABILI DI UNITA'
Ing. Fulvio Maria Soccodato – Ingegneria Territorio
Ing. Alessandro Micheli – Ingegneria Geotecnica e Impianti
Ing. Achille Devitofranceschi – Ingegneria Opere Civili
Geom. Fabio Quondam – Ingegneria Computi, Stime e Capitolati
Geol. Serena Majetta – Caratterizzazione ambientale

GEOLOGIA E GEOTECNICA

Nota di approfondimento sugli aspetti idrogeologici

CODICE PROGETTO (PROGETTO / LIV. PROG. / N. PROG.)	NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
L0901A / D / 1301	T00_GE00_GEO_RE06_A		
	CODICE ELAB.: T00GE00GEORE06	A	--

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
C					
B					
A	EMISSIONE	Ottobre 2014	S. SERANGELI	S. SERANGELI	A. MICHELI

Sommario

1. PREMESSE 2
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE 3
SUCCESSIONE STRATIGRAFICA DI RIFERIMENTO 6
ASSETTO STRUTTURALE 9
3. SINTESI DELLE FASI CONOSCITIVE 10
CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA 11
PROVE DI PERMEABILITA' LUGEON 23
MISURE DELLA SUPERFICIE PIEZOMETRICA 24
4. MODELLO IDROGEOLOGICO DI RIFERIMENTO 26
5. CONSIDERAZIONI IDROGEOLOGICHE 29
SINTESI DELLE CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE 33
6. SOLUZIONI PROGETTUALI 38

1. PREMESSE

Alla ricostruzione del Modello Idrogeologico di dettaglio in corrispondenza delle opere in progetto si è pervenuti attraverso l'esame di tutta la documentazione disponibile per l'area in esame, relativa alle indagini geognostiche, alle prove in situ e laboratorio, ai rilievi, effettuati sia nel corso delle fasi progettuali definitiva ed esecutiva della "Viabilità di accesso all'hub portuale di Savona - interconnessione tra i caselli dalla A-10 di Savona e Albisola e i porti di Savona e Vado" il cui tracciato, nel tratto sotteso, corre in posizione adiacente, intermedia, rispetto agli assi delle rampe riguardanti il presente progetto. Tali dati riguardano, evidentemente, il medesimo contesto di riferimento. Ovviamente, le indagini appositamente effettuate nel corso della progettazione definitiva del Nuovo svincolo di Margonara hanno completato tale quadro conoscitivo.

Di seguito vengono esposti i caratteri geologico-geostrutturali, e quindi gli elementi idrogeologici, di riferimento, risultanti dall'elaborazione complessiva dei dati disponibili.

Per l'esame di dettaglio e sistematico di tutti gli elementi geognostici disponibili si rimanda alla documentazione di progetto.

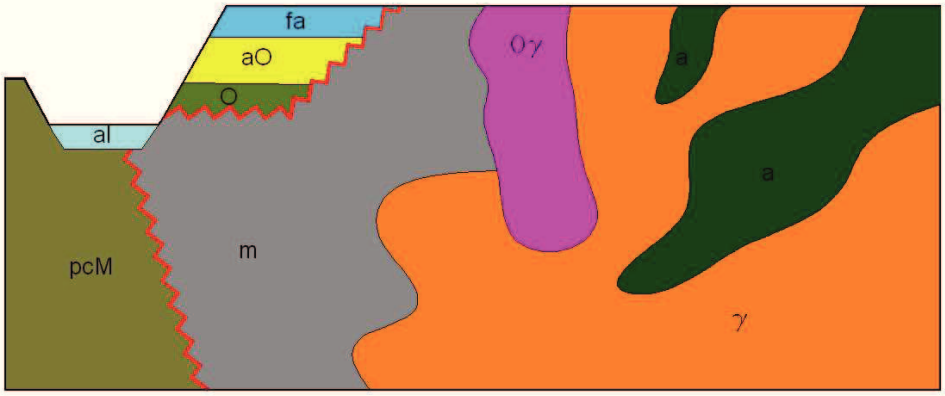
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

L'area di studio è costituita dalle unità appartenenti al Dominio Brianzonese, i cui ammassi sono stati innalzati ed erosi per un lungo periodo e, successivamente, su di essi si sono depositati sedimenti marini. Parte del territorio è, infine, stato coperto da sedimenti recenti, frutto dell'erosione e della deposizione operata dal mare e dai corsi d'acqua. All'interno di tale dominio vengono definiti tre settori che, procedendo verso l'avampaese, vengono denominati interno, intermedio ed esterno. La serie stratigrafica viene anch'essa suddivisa in tre componenti: basamento cristallino (interessato da una o più orogenesi prealpine), tegumento permo-carbonifero e copertura meso-cenozoica.

La seguente figura mostra uno schema dei rapporti stratigrafici e strutturali tra le unità litologiche appena citate.

A Est sono presenti le unità del tegumento permo-carbonifero, separate da una fascia milonitica dalle formazioni del massiccio cristallino savonese. Su queste unità si sono depositate la Formazione di Molare e le argille plioceniche di Ortovero, seguite in continuità dalle alluvioni antiche. Successivamente dalle alluvioni recenti e attuali che occupano le valli dei corsi d'acqua maggiori e la linea di costa.

SCHEMA DEI RAPPORTI STRUTTURALI E STRATIGRAFICI



LEGENDA:		m	Miloniti
al	Alluvioni recenti e attuali	pcM	Formazione di Murialdo
fa	Alluvioni antiche	Oγ	Ortogneiss I
aO	Argille di Ortovero	γ	Paragneiss e micascisti
O	Formazione di Molare	a	Anfiboliti di Monte Spinarda

Di seguito vengono descritte le caratteristiche delle unità direttamente interessate dal progetto.

Il basamento cristallino è di età precedente al Carbonifero superiore. Esso è costituito da masse alloctone, definite in letteratura come "massicci cristallini". Nell'area di studio affiora il "Massiccio di Savona-Calizzano", formato da un complesso polimetamorfico antico, in cui sono inclusi granitoidi a loro volta trasformati in ortogneiss.

Tra l'Ordoviciano e il Siluriano si ha un primo evento tettonico-metamorfico che crea la prima scistosità negli ammassi rocciosi e metamorfizza i sedimenti in paragneiss e micascisti, le rioliti e i graniti in Ortogneiss, i basalti in anfiboliti ed eclogiti a seconda del gradiente geotermico. Successivamente riprende la sedimentazione, con la deposizione di materiale terrigeno e assenza di carbonati. Verso il termine del Siluriano – Devoniano si ebbe la ripresa dell'attività magmatica, con la formazione di gabbri e migmatiti. Vennero intrusi nuovi granitoidi, accompagnati dalla formazione di filoni negli ammassi incassanti.

Nel Carbonifero inferiore, con l'orogenesi ercinica, si ha la formazione di una nuova scistosità negli ammassi, con metamorfismo in facies anfibolitica, che determina la formazione nei granitoidi degli Ortogneiss II e altre trasformazioni nelle formazioni cambriane e ordoviciane.

I depositi della trasgressione marina pliocenica sono costituiti nella loro parte inferiore da depositi marnosi e argillosi, noti in letteratura come "Argille di Ortovero", depositati in mare aperto. Questi sono sormontati da depositi arenacei e conglomeratici di origine deltizia noti come "Conglomerati di Monte Villa".

Nell'area di studio affiorano le Argille di Ortovero, costituite da argille giallastre con intercalazioni di sabbie e conglomerati, marne grigio azzurre, conglomerati minuti in matrice rossastra, argille gialle, marne grigie e conglomerati minuti in matrice rossastra.

I depositi quaternari comprendono i materiali detritici originati dalla dinamica fluviale, marina e di versante. Si hanno quindi i depositi di spiaggia, le alluvioni fluviali (antiche e recenti), gli accumuli di frana e i prodotti dell'alterazione del substrato roccioso, che possono essere sia in posto che spostati ad opera della normale dinamica di versante.

A questi depositi è da aggiungere il prodotto dell'azione antropica, che nei secoli ha modificato il paesaggio asportando materiale in alcuni punti e accumulandolo in altri.

SUCCESSIONE STRATIGRAFICA DI RIFERIMENTO

Unità di Savona-Calizzano (γ): Associazione di ortogneiss I e paragneiss, fortemente scistosi. Talora, aumentando il tenore di muscovite rispetto al plagioclasio, passano a micascisti polimetamorfici in facies anfibolitica.

L'ammasso roccioso è generalmente poco alterato e dall'aspetto massivo. Si presenta profondamente disgregato o milonitizzato solo dove la scistosità e più marcata per la presenza di faglie e al contatto con le altre unità che compongono il massiccio savonese o lungo le fasce di sovrascorrimento.

Gli Ortogneiss I, corrispondenti in parte alla Formazione nota in letteratura come "Graniti del Torrente Letimbro", affiorano lungo un'ampia fascia costiera comprendente la parte meridionale del Comune di Savona, in particolare in sinistra idrografica del T. Letimbro, nel centro urbanizzato, e proseguono lungo la costa fino alla valle del Rio Basci ad Albissola.

I paragneiss sono caratterizzati dall'alternanza di bandelle di spessore millimetrico di quarzo e feldspati e in particolare di miche (biotite e muscovite) che conferiscono una sensibile fissilità alla roccia.

Non sempre i paragneiss sono facilmente distinguibili sul terreno dagli ortogneiss a grana fine, dai quali si differenziano per l'abbondante contenuto di miche. In affioramento l'ammasso roccioso si presenta in genere facilmente disgregabile per alterazione profonda, mentre in profondità le caratteristiche meccaniche tendono a migliorare, anche se la fratturazione rimane persistente per la complessa storia tettonica che l'ammasso ha subito.

La cartografia geologica meno recente considera questa unita come facente parte della Formazione degli "Gneiss di Albissola".

Argille di Ortovero (aO): Sono depositi sabbiosi, marnosi-limosi-argillosi grigio-azzurri di mare aperto con livelli arenaceo-marnosi di giacitura suborizzontale o debolmente inclinati e limitati da sottili livelli conglomeratici o, in corrispondenza delle principali linee tettoniche, da accumuli caotici di frana sottomarina. A volte si osservano sottili livelli sabbiosi e passaggi con elevata presenza di sostanza organica.

Depositi di spiaggia: I depositi di spiaggia attuali sono costituiti, oltre che dall'attuale arenile, dalla fascia immediatamente alle spalle dello stesso, oggi non più mobilizzabile e fortemente antropizzata. Essi si estendono a partire dal mare verso l'interno per 70-80 metri, sfumando in una fascia costituita da materiali di origine mista, provenienti da deposizione marina e fluviale.

Sono costituiti prevalentemente da sabbie a granulometria da fine a grossolana, pur essendo presenti livelli più decisamente grossolani, ghiaiosi; derivano direttamente dalla rielaborazione ad opera del mare dei sedimenti fluviali e dei materiali provenienti dalle falesie retrostanti, anche se almeno negli ultimi decenni, tali apporti risultano essersi decisamente attenuati, a seguito della realizzazione delle opere portuali.

Alluvioni attuali: sono presenti nelle aree immediatamente adiacenti a zone di erosione concentrata, in cui il corso d'acqua ha inciso il substrato ricoprendolo con limitati spessori di depositi alluvionali. Sono costituiti da sabbie e ghiaie con clasti poligenici subarrotondati.

Coperture sciolte: le coltri di detrito eluviale, colluviale e di frana sono distribuite in tutto il territorio esaminato, in genere sui medi e bassi versanti.

Le coltri eluvio-colluviali derivano dall'alterazione e disfacimento dei vari litotipi.

Queste litologie, quando sono particolarmente alterate, come nei pressi di lineazioni tettoniche o contatti, assumono di fatto le caratteristiche di una copertura per cui la distinzione fra

roccia e coltre non è sempre agevole ed il passaggio fra l'una e l'altra risulta sfumato. In talune zone, questa coltre ha una potenza superiore ai tre metri.

Nelle aree in cui il substrato è costituito da termini granitici, da gneiss o da anfiboliti, le coltri sono di natura prevalentemente granulare, con resistenza al taglio per attrito interno o per leggera cementazione. Su tali litotipi comunque, fatte salve le fasce pedemontane dei versanti o zone a bande cataclasate, le coltri sono in genere di spessore modesto.

Riporti (r): i principali riporti sono presenti nei centri abitati, in corrispondenza delle zone urbanizzate e delle infrastrutture, e lungo i corsi d'acqua, laddove le esigenze antropiche lo richiedevano, come la realizzazione di insediamenti produttivi o vie di comunicazione.

Il bacino del T. Podesta e degli altri rii minori tra il Torrente Sansobbia e il Torrente Letimbro è caratterizzato dalla presenza di un grande riporto (colmata a mare) corrispondente all'area portuale di Savona e alle infrastrutture portuali costiere fino a punta Garbasso in prossimità del confine comunale con Albissola Marina.

Dal punto di vista litologico si tratta di materiale a granulometria eterogenea, proveniente dalla escavazione degli stessi versanti montuosi, che localmente può presentare fenomeni di instabilità dovuta in genere allo scalzamento al piede ad opera dei corsi d'acqua canalizzati.

ASSETTO STRUTTURALE

I rilievi di campagna e le osservazioni provenienti dai rilievi geomeccanici effettuati sulle carote di sondaggio hanno mostrato come gli assi delle gallerie in progetto vadano ad interessare, in corrispondenza di alcuni tratti, coincidenti con fasce interessate da disarticolazioni di origine tettonica, ammassi rocciosi nei quali si rinvengono diversi sistemi di fratturazione, spesso molto pervasivi. Le informazioni provenienti dalle indagini geognostiche mostrano, in tal senso, dati contrastanti, con valori di RQD fortemente variabili da luogo a luogo, generalmente elevati in corrispondenza dei tratti di ammasso indisturbati, mentre laddove vengono intercettate tali fasce tettonizzate, questi scendono a valori molto bassi, corrispondenti a più bassi indici di qualità geomeccanica.

In tale ottica la ricostruzione sistematica lungo gli assi in progetto del grado di fratturazione e dei corrispondenti indici di qualità presenta alcune difficoltà, legate alla frammentarietà degli affioramenti analizzati ed alla natura comunque puntuale dei dati geognostici. Tali aspetti verranno minimizzati dalle informazioni in continuo che perverranno dalla realizzazione della galleria principale in scavo meccanizzato, dalla quale si otterranno utili informazioni sul comportamento e sulla risposata dell'ammasso all'avanzamento del fronte di scavo.

3. SINTESI DELLE FASI CONOSCITIVE

La caratterizzazione geologica, geomeccanica e geostrutturale del substrato roccioso è stata definita a seguito dell'analisi dai dati derivanti da tre differenti campagne geognostiche: due facenti parte del progetto, rispettivamente, definitivo (2001) ed esecutivo (2010) dell'Hub di Savona, e la terza relativa alla progettazione definitiva dello svincolo di Margonara (2013).

A tale scopo sono stati analizzati i dati provenienti dalle stratigrafie dei sondaggi, dalle prove in situ (prove pressiometriche, prove dilatometriche, prove di permeabilità), dai tubi piezometrici installati, dalle indagini di sismica a rifrazione e dalle prove di laboratorio geotecnico sui campioni prelevati nel corso dei sondaggi.

Di seguito viene proposta una tabella riassuntiva delle indagini direttamente interessanti il progetto dello svincolo di Margonara.

Progetto Definitivo (Hub Savona) 2001		
Sondaggio	**Strumentazione installata**	**Prove in situ**
S16	Piezometro a tubo aperto	n.2 prove di permeabilità di tipo Lugeon
S16 bis		Down-hole
S20	Piezometro a tubo aperto	n.2 prove di permeabilità di tipo Lugeon
S21	Piezometro a tubo aperto	
S22	Piezometro a tubo aperto	
Progetto Esecutivo (Hub Savona) 2010		
SG10	Piezometro a tubo aperto	n.1 prova di permeabilità di tipo Lugeon
SG11		
SG12	Piezometro a tubo aperto	n.1 prova di permeabilità di tipo Lugeon
Progetto Definitivo (Sv. Margonara) 2013		
S1		n.2 prove dilatometriche; n.1 prova di permeabilità di tipo Lugeon
S2		n.2 prove dilatometriche; n.1 prova di permeabilità di tipo Lugeon
S3	Piezometro a tubo aperto	

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Le sopracitate indagini geognostiche hanno indagato il sottosuolo dell'area in esame attraverso:

- Sondaggi geognostici a rotazione e a carotaggio continuo con recupero di campioni, registrazione della percentuale di carotaggio, registrazione del rapporto percentuale modificato RQD, misura della posizione dei livelli idrici, prove di resistenza a compressione Pocket Penetrometer e prove di resistenza a taglio Vane Test, prove SPT per la determinazione dello stato di addensamento e compattezza delle coltri e degli strati assimilabili al comportamento meccanico dei terreni, prove di Point Load su spezzoni di roccia.
- Prove pressiometriche tipo Menard e dilatometriche in foro di sondaggio.
- Prove di Permeabilità Lugeon e Lefranc in foro di sondaggio.
- Prospezioni geofisiche sismiche a rifrazione superficiale (sia tradizionali che tomografiche) ed in foro (Down Hole e Cross-Hole).
- Indagine georadar in foro si sondaggio e in superficie.
- Rilievi geostrutturali su affioramenti naturali o artificiali (fronti di scavo).
- Campionatura dei litotipi in affioramento.
- Prove di laboratorio (per i soli campioni prelevati durante le campagne geognostiche del 2010 e del 2013) con determinazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche delle litologie presenti, quali granulometrie, limiti di liquidità e plasticità, tenore in carbonati, prove di taglio diretto, prove edometriche, compressioni monoassiali, point load, prove triassiali, prove di abrasività, taglio su giunto, analisi chimiche sulle acque.

Di seguito sono riportate delle tabelle riassuntive di indagini in situ e prove di laboratorio effettuate per la progettazione di interventi ricadenti in aree immediatamente limitrofe a quella di nostro interesse. Su tali tabelle sono stati evidenziati i dati relativi alle indagini geognostiche

facenti parte dello studio conoscitivo del progetto dello Svincolo di Margonara o, comunque, ricadenti nelle immediate vicinanze.

CAMPAGNA	INDAGINE	QUOTA	GB_E	GB_N	PROF	TIPO	PIEZ.
2003	S9	45.5	1458975.00	4906985.00	25.00	CC	SI
2008	S14ter	9.7	1459396.00	4907183.00	25.00	CC	NO
2008	S14quater	9.8	1459388.00	4907187.00	25.00	DN	NO
2003	S7bis	38.6	1458525.00	4907434.00	25.00	CC	SI
2003	S7ter	38.4	1458543.00	4907417.00	30.00	CC	NO
2003	S7quater	38.5	1458548.00	4907424.00	30.00	DN	NO
PE	SG-01	10.7	1457748.00	4907279.00	40.00	CC	SI
PE	SG-02	22.9	1457947.00	4907402.00	25.00	CC	NO
PE	SG-03	32.0	1458094.00	4907446.00	30.00	CC	SI
PE	SG-04	43.0	1458229.00	4907456.00	30.00	CC	SI
PE	SG-05	39.0	1459047.00	4906943.00	40.00	CC	SI
PE	SG-06	13.0	1459180.00	4906981.00	20.00	CC	SI
PE	SG-07	45.0	1459232.00	4907041.00	50.00	CC	SI
PE	SG-08	34.8	1459606.00	4907487.00	45.00	CC	SI
PE	SG-09	55.0	1459642.00	4907580.00	50.00	CC	NO
PE	SG-10	37.7	1459721.00	4907835.00	45.00	CC	SI
PE	SG-11	19.0	1459834.00	4908179.00	30.00	CC	NO
PE	SG-12	37.8	1459805.00	4908235.00	40.00	CC	SI
PE	SG-13	80.0	1459891.00	4908689.00	58.70	CC	SI
PE	SG-14	62.0	1459982.00	4908938.00	40.00	CC	NO
PE	SG-15	60.5	1460014.00	4909029.00	55.30	CC	SI
PE	SG-16	21.4	1460129.00	4909407.00	25.00	CC	SI
PE	SG-17	15.1	1460111.00	4909467.00	39.00	CC	NO
PE	SG-18	15.2	1460108.00	4909596.00	25.50	CC	NO
PE	SG-19	8.2	1460330.00	4909827.00	30.00	CC	NO

LEGENDA

CC	CAROTAGGIO CONTINUO
DN	DISTRUZIONE DI NUCLEO
DPSH	PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUPERPESANTE

LE COORDINATE SONO GAUSS-BOAGA FUSO OVEST

Fig.1. Tabella riassuntiva dei sondaggi eseguiti nelle diverse campagne geognostiche.

SISMICA A RIFRAZIONE

CAMPAGNA	STENDIMENTO N°	L (m)
PD	1	55
PD	2	55
PD	3	55
PD	4	55
PD	5	55
PD	6	55
PD	7	55
PD	8	55
PD	9	55
PD	10	55
PD	11	55
PD	12	55
PD	13	55
PD	14	55
PD	15	55
PD	16	55
PD	17	55
PD	18	55
PD	19	55
PD	20	55
PD	21	55
PD	22	55
PD	23	55
PD	24	55
PD	25	55
PD	26	55
PD	27	55
PD	28	55
PD	29	55

DOWN-HOLE

CAMPAGNA	SONDAGGIO	L (m)
PD	16 BIS	50
PD	25 BIS	30

SISMICA A RIFRAZIONE

CAMPAGNA	STENDIMENTO N°	L (m)
2008	SS1	54
2008	SS2	60

CROSS-HOLE

CAMPAGNA	SONDAGGIO	L (m)
2008	S7 TER	30
2008	S14 TER	25

GPR IN FORO

CAMPAGNA	SONDAGGIO	L (m)
2008	S9	25

SISMICA TOMOGRAFICA A RIFRAZIONE

CAMPAGNA	STENDIMENTO N°	L (m)
PE	T1	160
PE	T2-1	83
PE	T2-2	87
PE	T3	41
PE	T4	50
PE	T5	79
PE	T6	50
PE	T7	50
PE	T8	50
PE	T9	54
PE	T10	60
PE	T11	84
PE	T12	50
PE	T13	50

Fig.2. Tabelle riassuntive delle indagini geofisiche eseguite nelle diverse campagne geognostiche.

CAMPAGNA	STAZIONE	LONGITUDINE	LATITUDINE
PE	GM1	458587	4907443
PE	GM2	458915	4906992
PE	GM3	459109	4906862
PE	GM4	459670	4907660
PE	GM5	459715	4907857
PE	GM6	459595	4908341
PE	GM7	459645	4908457
PE	GM8	459808	4908618
PE	GM9	459927	4909110
PE	GM10	459984	4909104
PE	GM11	460097	4909347
PE	GM12	460175	4909776

COORDINATE WGS84 - UTM FUSO 32T

Fig.3. Stazioni geomeccaniche eseguite nella campagna di indagini geognostiche dell'anno 2010.

CAMPAGNA	SOND. N°	PROVA N°	INIZIO (m)	TIPO PUNTA	N° COLPI N1	N2	N3
PD	S2	SPT1	3.00	A	10	14	20
PD	S2	SPT2	6.00	A	21	23	35
PD	S2	SPT3	9.00	A	26	38	42
PD	S2	SPT4	12.00	A	25	40	R
PD	S2	SPT5	15.00	A	30	R	
PD	S5	SPT1	3.00	A	5	9	10
PD	S5	SPT2	4.50	A	2	2	6
PD	S5	SPT3	11.00	A	3	7	10
PD	S7	SPT1	3.00	A	5	9	10
PD	S7	SPT2	4.30	A	7	12	11
PD	S12	SPT1	3.00	A	10	12	20
PD	S12	SPT2	10.00	A	20	32	R
PD	S14	SPT1	3.00	A	10	12	21
PD	S14	SPT2	5.00	A	14	27	R
PD	S20	SPT1	1.50	A	5	15	27
PD	S21	SPT1	1.50	A	7	14	19
PD	S22	SPT1	3.00	A	11	15	19
PD	S22	SPT2	6.00	A	12	16	21
PD	S25	SPT1	1.50	A	4	10	14
PD	S25	SPT2	3.00	A	8	13	20
PD	S25	SPT3	6.00	A	10	12	24
PD	S27	SPT1	3.00	A	7	11	15
PD	S27	SPT3	6.00	A	8	13	21
PD	S29	SPT1	3.00	A	7	7	16
PD	S29	SPT2	6.00	A	10	12	20
PD	S29	SPT3	12.00	A	10	15	23
PD	S29	SPT4	20.00	A	8	13	20
PD	S31	SPT1	3.00	A	10	14	25
PD	S31	SPT2	6.00	A	25	32	R
PD	S33	SPT1	3.00	A	11	20	32
PD	S33	SPT2	6.00	A	10	14	22
PD	S33	SPT3	9.00	A	20	28	39
PD	S33	SPT4	12.00	A	20	22	40

CAMPAGNA	SOND. N°	PROVA N°	INIZIO (m)	TIPO PUNTA	N° COLPI N1	N2	N3
2008	S9	SPT1	3.00	C	6	4	4
2008	S9	SPT2	4.50	C	7	10	9
2008	S9	SPT3	6.00	C	5	8	9
2008	S9	SPT4	7.50	C	9	13	15
2008	S7bis	SPT1	1.50	A	21	39	R
2008	S7ter	SPT1	1.50	A	34	R	
2008	S7ter	SPT2	3.00	A	29	42	R
2008	S14ter	SPT1	1.50	A	15	24	30
2008	S14ter	SPT2	3.00	A	7	13	15
2008	S14ter	SPT3	4.50	A	5	9	14

CAMPAGNA	SOND. N°	PROVA N°	INIZIO (m)	TIPO PUNTA	N° COLPI N1	N2	N3
PE	SG1	SPT1	3.00	A	3	3	4
PE	SG1	SPT2	6.00	A	4	6	9
PE	SG1	SPT3	9.00	A	7	13	19
PE	SG1	SPT4	12.00	A	8	17	16
PE	SG1	SPT5	15.00	A	9	16	21
PE	SG1	SPT6	18.00	A	12	14	18
PE	SG2	SPT1	4.50	A	13	50	R
PE	SG2	SPT2	10.50	A	11	24	43
PE	SG3	SPT1	1.50	A	7	6	7
PE	SG3	SPT2	5.40	A	3	3	8
PE	SG3	SPT3	11.50	A	14	33	R
PE	SG3	SPT4	15.00	A	44	45	48
PE	SG3	SPT5	19.50	A	10	14	14
PE	SG4	SPT1	4.50	A	5	3	3
PE	SG4	SPT2	12.00	A	18	44	R
PE	SG4	SPT3	21.00	A	40	48	50
PE	SG5	SPT1	3.00	A	4	2	4
PE	SG5	SPT2	4.50	A	4	4	6
PE	SG6	SPT1	3.00	A	4	3	4
PE	SG8	SPT1	3.00	A	2	3	5
PE	SG8	SPT2	7.00	A	9	15	27
PE	SG9	SPT1	3.00	A	11	13	17
PE	SG11	SPT1	1.50	A	2	1	2
PE	SG11	SPT2	3.00	A	2	3	3
PE	SG11	SPT3	6.00	A	10	23	27
PE	SG11	SPT4	9.00	A	11	25	33
PE	SG11	SPT5	12.00	A	13	26	36
PE	SG11	SPT6	15.00	A	13	28	34
PE	SG11	SPT7	19.00	A	45	50	R
PE	SG16	SPT1	3.00	A	22	16	28
PE	SG17	SPT1	7.50	A	18	44	R
PE	SG19	SPT1	3.00	A	22	23	18
PE	SG19	SPT2	6.00	A	13	27	17
PE	SG19	SPT3	9.00	A	9	8	12
PE	SG19	SPT4	12.00	A	7	9	15
PE	SG19	SPT5	15.00	A	6	11	12
PE	SG19	SPT6	18.00	A	16	28	25
PE	SG19	SPT7	25.50	A	14	18	19
PE	SG19	SPT8	28.50	A	3	4	8

Fig.4. Tabelle riassuntive delle prove SPT eseguite.

Sondaggio	Prof. (m)	Litologia	Ed (MPa)
S5	5,0	limo sabbioso a bassa consistenza	144,44
S5	10,0	limo sabbioso a bassa consistenza	27,59
S7	5,0	cataclasite	12.288,87
S7	10,0	roccia da mediamente a molto fratturata	12.306,31
S8	55,0	roccia da mediamente a molto fratturata	13.872,23
S8	60,0	roccia da mediamente a molto fratturata	12.155,11
S8	65,0	cataclasite	9.095,90
S12	5,0	cunicolo	54,71
S12	8,0	riporto	6.244,24
S14	8,0	roccia da mediamente a molto fratturata	5.247,23
S15	40,0	roccia da mediamente a molto fratturata	3.800,69
S15	45,0	roccia da mediamente a molto fratturata	11.864,66
S15	50,0	roccia da mediamente a molto fratturata	5.920,10
S16	10,0	roccia da mediamente a molto fratturata	12.260,38
S16	22,0	roccia da mediamente a molto fratturata	7.258,48
S16	26,0	cataclasite	15.306,97
S16	35,0	cataclasite	12.931,02
S16	40,0	roccia da mediamente a molto fratturata	9.898,75
S20	10,0	roccia da mediamente a molto fratturata	14.808,22
S20	15,0	roccia da mediamente a molto fratturata	6.247,77
S22	5,0	limo argilloso consistente	88,98
S22	10,0	limo argilloso consistente	89,30
S24	60,0	roccia da mediamente a molto fratturata	15.753,66
S24	69,0	roccia da mediamente a molto fratturata	10.012,24
S24	76,0	roccia da mediamente a molto fratturata	17.735,55
S25	5,0	alternanze di terreni granulari con ciottoli e trovanti in matrice sabbiosa	19,61
S25	10,0	roccia da mediamente a molto fratturata	10.357,48
S26	25,0	gneiss anfibolitico mediamente fratturato	9.669,99
S26	30,0	gneiss anfibolitico mediamente fratturato	13.314,23
S26	35,0	gneiss anfibolitico mediamente fratturato	17.882,38
S26	40,0	gneiss anfibolitico mediamente fratturato	32.610,71
S27	5,0	alternanze di terreni granulari con ciottoli e trovanti in matrice sabbiosa	17,69
S27	10,0	alternanze di terreni granulari con ciottoli e trovanti in matrice sabbiosa	24,39
S31	5,0	alternanze di terreni granulari con ciottoli e trovanti in matrice sabbiosa	13,49
S31	10,0	roccia da mediamente a molto fratturata	11.168,57
S36	3,0	trovanti in matrice limoso-sabbiosa	66,96
S36	8,0	roccia da mediamente a molto fratturata	8.822,66

Fig.5. Prove pressiometriche Menard eseguite nella campagna di PD

SONDAGGIO	CAMPIONE	DAM	POINT LOAD TEST (Ici Kg/cm2
S07	PL1	17.3	1630
S08	PL1	10.2	681.7
S08	PL2	53	1712
S08	PL3	63 3	2456.7
S12	PL1	17	743
S14	PL1	19.65	541
S15	PL1	26	1553.6
S15	PL2	49.5	1820
S16	PL1	15.2	1476.3
S16	PL2	34	1953.4
S16	PL3	44	1745.6
S20	PL1	7.4	637.4
S20	PL2	14.5	823.76
S21	PL1	11.3	1632.4
S21	PL2	15	1756

SONDAGGIO	CAMPIONE	DAM	POINT LOAD TEST (Ici Kg/cm2
S24	PL1	21.7	1283.7
S24	PL2	32.8	1553.6
S24	PL3	37.1	1524.3
S24	PL4	59 9	2105.4
S25	PL1	12.8	684
S26	PL1	24.7	1005.1
S26	PL2	35.4	863.4
S26	PL3	45.6	1624.9
S31	PL1	11	836.5
S31	PL2	16.3	1231.4
S31	PL3	19.45	1510.7
S36	PL1	9.7	2003
S36	PL2	14.5	954.3
S36	PL3	22	2204.8

Fig.6. Tabella riassuntiva prove di Point Load Test di PD

SONDAGGIO	CAMPIONE	DAM	AM	PESO DI VOLUME KNM3	POINT LOAD TEST (Ici Kg/cm2
S14ter	CA	7.55	7.65	25.98	
S14ter	CR1	12.10	12.40		323.24
S14ter	CR2	16.60	16.90		51.72
S14ter	CR3	22.70	23.00		239.19
S7bis	CR1	11.55	11 80		256.66
S7bis	CR2	16.05	16 25		297.38
S7bis	CR3	21.10	21.43		1208.90
S7ter	C1	13.40	13.50	26.63	
S7ter	C2	10.80	11 00	24.42	
S7ter	CR1	12.10	12.30		77.58
S7ter	CR2	18.25	18.55		193.94
S7ter	CR3	24 20	24 40		284.45
S7ter	CR4	28.20	28.45		1111.93

Fig.7. Tabella riassuntiva della determinazione del peso di volume dei campioni rocciosi e delle prove Point Load eseguite per la campagna integrativa 2008

Di seguito si riportano le tabelle riassuntive con i risultati delle prove di laboratorio eseguite nella campagna di PE (anno 2010).

SOND. n.	CAMP. n.	prof. mt.	STATO DEL CAMP.	CONTEN. ACQUA W %	PESO UNITA' VOL. kN/m³	PESO SECCO kN/m³	GRANULOMETRIA GHIAIA G %	SABBIA S %	LIMO L %	L+A %	ARG. A %	LIMITI DI ATTERBERG WI %	Ip %	POCKET PENET. PP KPa	VANE TEST VT KPa	COMPRESSIONE SEMPLICE qc N/mm²	εv %	C.Poss.	E sec Etg kN/mm²
SG-1	CI1	16.60 17.00	I	18.8	20.4	17.2	33.5 21.3	20.5 31.4	31.8 33.1	46.0 47.3	14.2 14.2	32.7	12.6	230.0 450.0	100.0				
SG-1	CR1	20.40 20.70	R				11.7 5.3	58.2 63.1	25.8 27.3	30.2 31.7	4.4 4.4	22.3	4.6						
SG-1	CI2	33.30 33.80	F		26.5											5.78	2.227		0.186 0.371
SG-1	CI3	34.70 35.50	IN		26.4														
SG-1	CI4	35.70 36.00	IN		25.6											18.86		0.229	5.73 26.57
SG-2	CI1	2.00 2.20	I	27.2	19.4	15.2	0.1 0.0	51.4 42.1	43.2 52.6	48.6 58.0	5.4 5.4	36.1	16.5	460 >600	/				
SG-2	CI2	7.50 7.35	I	22.5	20.6	16.8	0.1 0.0	30.1 25.5	55.9 60.5	69.9 74.5	14.0 14.0	40.7	18.4	>600	>250				
SG-2	CR1	10.10 10.40	R				0.0 0.0	29.9 18.0	60.6 72.5	70.1 82.1	9.5 9.5	36.9	17.1						
SG-15	CI1	9.10 9.50	IN-F		23.7											3.41	1.746		0.152 0.260
SG-15	CI2	14.10 14.80	IN-F		24.5											3.71		0.218	1.32 1.50
SG-15	CI3	20.00 20.70	IN-F		24.9											3.93		0.231	1.33 1.63
SG-15	CI4	30.30 31.00	IN-F		26.1											4.40		0.240	3.36 4.17
SG-15	CI5	35.50 37.00	IN-F		27.3											5.05		0.237	1.09 0.51
SG-15	CI6	40.00 40.90	IN F		27.0											10.96		0.227	5.70 10.00
SG-15	CI7	41.80 42.60	IN-F		26.5											24.13		0.226	10.32 12.76
SG-17	CI1	4.20 4.30	I	29.1	18.1	14.1	0.0 0.0	8.7 2.6	61.0 67.1	91.3 97.5	30.3 30.3	47.3	24.5	>600	>250				
SG-17	CI2	9.50 10.40	I	29.0	19.6	15.2	0.0 0.0	9.6 2.1	67.9 75.4	90.4 97.9	22.5 22.5	51.6	24.5	>600	>250				
SG-17	CI3	13.60 14.20	IN		20.1		0.0 0.0	18.6 3.3	63.7 78.9	81.5 96.7	17.8 17.8	60.9	26.6			1.88	1.537		0.090 0.211
SG-19	CR1	11.50 11.80	R				42.9 29.5	35.9 49.0	/ /	21.2 21.5	/ /	22.0	4.9						
SG-19	CR2	20.00 20.30	R				0.5 0.0	37.8 29.2	58.8 67.9	61.8 70.8	3.0 3.0	21.5	2.5						
SG-9	CI3	32.30 32.60	IN		27.4											37.3		0.218	13.43 18.47
SG-9	CI4	41.70 41.90	IN		27.1											7.00		0.247	3.46 2.65
SG-9	CI5	45.05 45.25	IN																
SG-11	CI1	9.50 10.00	I	26.0	19.7	15.7								>600	>250	0.81	0.086		0.019 0.054
SG-11	CI2	15.50 16.00	I	22.5	20.5	16.8	0.1 0.0	16.3 2.5	71.4 85.2	83.6 97.5	12.3 12.3	41.99	19.76	>600	>250				
SG-11	CI3	23.50 23.70	IN																
SG-14	CI2	31.45 31.65	IN-F		25.8											11.85		0.234	3.93 3.84
SG-14	CI3	33.00 33.15	IN																
SG-14	CI4	39.50 39.70	IN		27.0											27.61		0.264	48.51 60.47

I = INDISTURBATO
R = RIMANEGGIATO
N = INTATTO
F = FRATTURATO
S = SEMIDISTURBATO

TD PROVA DI TAGLIO DIRETTO AL CASAGRANDE
CD PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA E DRENATA
CU PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA NON DRENATA
UU PROVA TRIASSIALE NON CONSOLIDATA NON DRENATA
Ccu - φcu = parametri consolidat non drenati
C' - φ' = parametri efficaci
Cuu - φuu = parametri non consolidati non drenati

AGI/S
ASTM

pp = parametri di picco
pr = parametri residui

SONDAGGIO n.	CAMPIONE n.	TRATTO DA RAGGIUNGERE: da (m)	a (m)	PROVA ASSOCIATA: tipo	valore	TRATTO ROCCIA: da (m)	a (m)	TRATTO VARIE NON ROCCIA: da (m)	a (m)	TRATTO TERRA: da (m)	a (m)	LIVELLO FALDA (m)	TENORE IN CO3 (%)	PESO SPECIFICO (kN/m³)	COESIONE DRENATA (kPa)	ANGOLO DI RESISTENZA DRENATO (°)	PRESSIONE DI PRECONSOLIDAZIONE (kPa)	
SG-1	C1	7.5	8.0	25.5	3019	7.54E-03	2.34E-03							2.0	26.5			
SG-1	CR1																	
SG-1	C2																	
SG-1	C3							58.0	73.9	2.0	8.0							
SG-1	C4																	
SG-2	C1	5.0	5.5	25.0										24.5	27.4			
SG-2	C2											45.5	4.0					
SG-2	CR1																	
SG-15	C1																	
SG-15	C2																	
SG-15	C3																	
SG-15	C4																	
SG-15	C5																	
SG-15	C6																	
SG-15	C7																	
SG-17	C1				5726	1.07E-03	2.18E-03							43.5	27.5			
SG-17	C2											43.4	4.0					
SG-17	C3																	
SG-18	CR1																	
SG-18	CR2																	
SG-9	C13															2.90	17.4	
SG-9	C14																	1.6
SG-9	C15																	
SG-11	C11																	
SG-11	C12	16.0	20.0	28.0	11864	1.12E-02	9.24E-10					C 174.8 Cu 186.4	φ' 30.0 eqv. 23.4	44.7	26.64			
SG-11	C13															4.98	110.8	
SG-14	C12																	
SG-14	C13															2.45	15.5	
SG-14	C14																	

* = passo 50 kPa (Mercalli-Cancani-Sieberg)
** = passo 200 kPa (Mercalli-Cancani-Sieberg)

SOND. n.	CAMP. n.	prof. mt.	STATO DEL CAMP.	CONTEN. ACQUA W %	PESO UNITA VOL. kN/m³	PESO SECCO kN/m³	GRANULOMETRIA GHIAIA G %	SABBIA S %	LIMO _ %	L+A %	ARG. A %	LIMITI DI ATTERBERG WI %	Ip %	PCCKET PENET. PP KPa	VANE TEST VT KPa	COMPRESSIONE SEMPLICE qc N/mm²	ev %	C.Poisse ν	E sec E tg kN/mm²
SG -4	C 1	10.30 10.70	I	23.32	19.51	15.82	0.45 0.28	34.74 22.40	53.01 65.52	64.81 77.32	11.80 11.80	39.67	19.17	>600	130.0				
SG -4	C 2	13.50 14.50	I	21.85	21.15	17.36	0.08 0.00	29.86 16.76	61.03 74.19	70.06 83.22	9.03 9.03	38.61	13.83	>600	>250	0 44	3.919		0.012 0.014
SG -4	C 3	21.00 22.00	IN		20.67											0 05	3.366		0.002 0.002
SG -5	C 1	12.00 13.00	IN		23.60											0 10	1.209		0.007 0.011
SG -5	C 2	16.20 17.20	IN		24.79											0 86			
SG -5	C 3	32.30 33.00	IN F		26.69											9 10			
SG -6	C 1	6.00 6.30	I	26.14	19.27	15.28	0.15 0.00	48.86 40.10	45.25 54.16	50.99 59.90	5.74 5.74	32.48	10.03	120.0	27.5				
SG -6	C 2	11.40 12.40	IN-F		25.46											9 49		0.295	10.58 13.44
SG -6	C 3	17.70 18.20	IN-F		25.66											2 08			
SG -8	C 1	24.40 25.50	F		27.20											P19.44 P25.66			
SG -8	C 2	32.70 33.60	IN-F		27.44											17.04			
SG -15	C 8	50.20 51.50	IN-F		26.77											7 88			
SG -16	C 1	12.00 13.00	IN-F		23.63											0 40	1.542		0.023 0.049
SG -16	C 2	17.00 18.00	IN-F		23.22											0 66 0 60	0.813 1.038		0.077 0.114 0.040 0.061

SOND n.	CAMP n.	TAGLIO CASAGRANDE C' KPa		TAGLIO CASAGRANDE φ' °	PROVA EDOMETRICA Eed KPa	PROVA EDOMETRICA Cv cm²/s	PROVA EDOMETRICA K m/s	PROVA EDOMETRICA Ca %	TRIAX MACROCAMP σ1−σ3 N/mm²	TRIAX MACROCAMP σ3 N/mm²	TRIAX TERRA C KPa		TRIAX TERRA φ °	VELOC. SONICA Vp m/s	TENORE CO3. %	PESO SPECIF. γs g/cm³
SG-4	CI1	4.30 0.32	pp pr	27.83 20.93	10455 (2)	6.39E-03	5.99E-10	/							31.63	2.705
SG-4	CI2				16170 (2)	7.96E-03	4.30E-10	/			325.89		31.52	1778	29.60	2.724
SG-4	CI3													158		
SG-5	CI1													126	2.16	
SG-5	CI2								0.768 1.301 1.534	0.20 0.50 0.80				1640		
SG-5	CI3								3.677 4.101	0.50 1.50				3901		
SG-6	CI1				2462 (3)	8.94E-04	3.53E-10	0.195								2.669
SG-6	CI2													4333		
SG-6	CI3								6.063 10.033 11.100	0.20 0.50 0.70				3059		
SG-8	CI1													4917	2.54	
SG-8	CI2								6.254 7.321 2.083	0.50 1.00 2.00				2460	2.79	
SG-16	CI3								19.398 23.859	0.80 1.30				3135		
SG-16	CI1													492		
SG-16	CI2								2.152 2.584 3.920	0.40 0.70 1.00				331		

(3) = passo 100 KPa. Metodo di Casagrande
(2) = passo 200 KPa. Metodo di Taylor

valore non attendibile

SOND. n.	CAMP. n.	prof. mt.	STATO DEL CAMP.	CONTEN. ACQUA W %	PESO UNITA' VOL. kN/m³	PESO SECCO kN/m³	GRANULOMETRIA GHIAIA G %	SABBIA S %	LIMO L %	L+A %	ARG. A %	LIMITI DI ATTERBERG WI %	Ip %	POCKET PENET. PP KPa	VANE TEST VT KPa	COMPRESSIONE SEMPLICE σc N/mm²	εv %	C.Poiss ν	E sec Etg kN/mm²
SG-3	CI1	3.00 3.50	I	22.7	19.5	15.9	2.3 1.1	68.4 59.8	21.9 31.8	29.3 39.2	7.4 7.4	27.0	6.5	180 280	63 80				
SG-3	CI2	9.20 9.40	I	29.4	18.6	14.3	6.4 5.8	51.8 46.7	31.9 37.6	41.9 47.6	10.0 10.0	34.5	14.9	500	100				
SG-3	CR1	15.70 16.00	R				12.9 5.3	53.1 58.2	29.5 31.9	34.0 36.4	4.5 4.5	30.6	14.0						
SG-5		30.00 34.00	F				79.7 66.5	16.8 29.3	/ /	3.5 4.2	/ /	18.2	4.1						
SG-7	CI1	7.20 8.10	IN		25.6														
SG-7	CI2	13.60 14.40	IN		25.7											1.2	1.004		0.111 0.146
SG-8	CI3	37.20 38.00	IN-F		25.9											4.5			
SG-8	CI4	42.10 42.90	IN-F		25.6											3.2			
SG-12	CI1	22.00 23.10	IN		27.5											68.4		0.205	67.34 75.72
SG-12	CI2	32.35 33.00	IN-F		24.2											0.6	1.904		0.029 0.037
SG-13	CI1	32.90 34.00	IN		24.5 26.2											0.2 38.6	0.756	 0.207	0.041 0.205 36.21 50.25
SG-13	CI2	41.60 42.40	IN		26.8											13.0			
SG-13	CI3	49.30 50.00	IN		24.8											0.9			
SG-13	CI4	53.20 53.60	IN		26.6											42.1		0.174	13.71 16.15
SG-16	CI3	21.20 21.60	IN		23.4											0.6	1.049		0.045 0.102
SG-17	CI4	24.00 25.00	IN		20.9		0.0 0.0	18.9 3.6	64.6 79.9	81.1 96.4	16.5 16.5	51.7	25.4			3.2	1.183		0.259 0.395
SG-17	CI5	36.00 37.00	IN		22.2											0.8			
SG-7	CI3	33.50 34.30	IN-F		25.7														
SG-7	CI4	46.70 47.40	IN-F		26.2											0.6	0.403		0.061 0.186
SG-10	CI1	7.00 8.00	IN		24.9														
SG-10	CI2	18.30 19.00	IN-F		27.0											29.8		0.216	21.64 19.24
SG-10	CI3	29.60 30.50	IN-F		25.1 27.5											0.7 8.4			
SG-10	CI4	39.00 40.50	IN-F		26.5											0.8			
SG-18	CI1	14.20 15.20	IN-F		25.6											8.6			
SG-18	CI2	21.00 21.60	IN-F		29.2											57.2		0.186	42.30 39.96
	SV2		IN	P1 P2	26.24 26.39											21.7 23.9			

SOND. n.	CAMP. n.	TAGLIO CASAGRANDE C KPa		φ °	TRIAX ROCCIA σ1-σ3 N/mm²	σ3 N/mm²	TRIAX MACROCAMP σ1-σ3 N/mm²	σ3 N/mm²	TAGLIO SU ROCCIA C MPa		φ °	JRC	VELOC. SONICA Vp m/s	PESO SPECIF. γs g/cm³	POINT LOAD STRENGTH Is(50) MPa	σc MPa
SG-3	CI1	1.8 0.2	pp pr	31.2 24.6										2.644		
SG-3	CI2	3.8 0.2	pp pr	29.4 23.0										2.650		
SG-3	CR1															
SG-5																
SG-7	CI1						6.64 2.32 3.46	0.50 1.00 1.50					2247			
SG-7	CI2												1984			
SG-8	CI3												1093			
SG-8	CI4												980			
SG-12	CI1												5179			
SG-12	CI2				73.6 102.1 120.3	2.0 5.0 8.0							756			
SG-13	CI1												529 5135			
SG-13	CI2						33.20 38.85 44.10	0.10 0.30 0.50					4034			
SG-13	CI3						2.38 3.52	0.40 0.80					1627			
SG-13	CI4												5261			
SG-16	CI3												1707			
SG-17	CI4						3.42 4.40 5.00	0.50 0.90 1.30					1908			
SG-17	CI5						2.20 3.51 5.20	0.40 0.90 1.40					106			
SG-7	CI3						4.38 5.04 8.53	0.40 0.90 1.40					1947			
SG-7	CI4												2152			
SG-10	CI1						2.26 2.91 3.98	0.20 0.50 0.80					105			
SG-10	CI2								0.22 0.15	pp pr	36.9 34.2	4	4735			
SG-10	CI3												109 3141			
SG-10	CI4						19.71	1.00					2133			
SG-18	CI1												3577			
SG-18	CI2												5887			
	SV2												2401 2418		2.0	30.0

valore non attendibile
Is50X15

PROVE DI PERMEABILITA' LUGEON

Al fine di definire puntualmente le caratteristiche di permeabilità dei materiali interessati dagli scavi sono state eseguite prove di permeabilità di tipo Lugeon nel materiale lapideo.

L'assorbimento riscontrato viene espresso in Unità Lugeon (U.L.), corrispondenti alla quantità di litri assorbiti per la durata di un minuto, in un tratto di foro di 1 m di lunghezza, alla pressione di 1 MPa. Le Unità Lugeon vengono comunemente convertite nel coefficiente di permeabilità tramite la seguente correlazione:

1 UL = $\sim 10^{-7}$ m/s.

MISURE DELLA SUPERFICIE PIEZOMETRICA

Nei fori di sondaggio e nei piezometri installati durante le perforazioni, è stata, inoltre, misurata la profondità della superficie piezometrica.

Le misure nei piezometri installati durante la campagna di Progetto Definitivo sono state effettuate nel periodo Ottobre-Novembre 2001. Le misure nei piezometri e nei fori di sondaggio della campagna di Progetto Esecutivo sono state eseguite nell'Aprile 2010. In questo periodo non è stato possibile rimisurare la soggiacenza della falda in quasi tutti i vecchi piezometri in quanto sono stati quasi tutti rimossi o danneggiati. Entrambi i periodi di misurazione sono stati comunque caratterizzati da abbondanti precipitazioni, rendendo compatibili i risultati ottenuti, come si è notato nei pochi piezometri rimasti.

I dati relativi a ciascuna prova di permeabilità ed al livello di falda registrato sono riassunti nella tabella sottostante.

Progetto Definitivo (Hub Savona) 2001				
Sondaggio	**Litologia**	**Livello falda (m)**	**Valori del coefficiente di permeabilità**	
			U.L.	**k (m/sec)**
S16	Unità di Savona-Calizzano	3,50	15,69 20,89	25-26 m = 1.569E-06 30-31 m = 2.089E-06
S16 bis	Unità di Savona-Calizzano	/	/	/
S20	Unità di Savona-Calizzano	1,40	17,43 15,91	10-11 m = 1.7432E-06 15-16 m = 1.5916-06
S21	Unità di Savona-Calizzano	7,00	/	/
S22	Argille di Ortovero	2,00	/	/
Progetto Esecutivo (Hub Savona) 2010				
SG10	Unità di Savona-Calizzano	8,07	0,30	41-45 m = 3.00E-08
SG11	Argille di Ortovero/ Unità di Savona-Calizzano	falda in pressione tra 20 e 30 m (+0,30)	/	/
SG12	Unità di Savona-Calizzano	4,88	3,00	30-34,70 m = 3.00E-07
Progetto Definitivo (Sv. Margonara) 2013				
S1	Unità di Savona-Calizzano	8,60	1,00	36-39,00 m = 1.00E-07
S2	Unità di Savona-Calizzano	3,25	6,10	10,50-13,50 m = 6.10E-07

S3	Argille di Ortovero/ Unità di Savona-Calizzano	Falda in pressione fra 27 e 40 m (+0.20)	17,50	37-40,00 m = 1.75E-06

Letture successive, eseguite a fine Maggio 2010, in seguito ad un periodo di 10-15 giorni senza precipitazioni, hanno mostrato un generale abbassamento del livello d'acqua nei piezometri ubicati in un'area più vasta. In particolare, nel piezometro installato nel sondaggio SG10, che interessa direttamente il progetto in esame, il livello piezometrico risulta essere pari a 11.15 m (con un abbassamento di circa 3 m).

4. MODELLO IDROGEOLOGICO DI RIFERIMENTO

Il territorio interessato dal tracciato costituisce un insieme di differenti ambienti sia naturali che antropizzati. Convivono in esso, infatti, le piane alluvionali, i massicci cristallini di tipo alpino, importanti centri abitati con edifici antichi e moderni multipiano.

Le aree urbanizzate, ad elevata densità, sono praticamente impermeabili a causa dell'alto grado di pavimentazione dei suoli e la scarsa presenza di aree a verde o di superfici esposte che potrebbero consentire l'eventuale alimentazione, in presenza fattori favorevoli, l'infiltrazione delle acque nel sottosuolo. Tale aspetto va tenuto nel necessario conto nel valutare le condizioni di alimentazione del sottosuolo e le condizioni al contorno del bilancio idrogeologico applicato al settore in esame.

Le coltri di copertura sono, per loro natura, permeabili per porosità, cosi come gli accumuli detritici, quali i depositi di frana.

Le aree di affioramento della maggior parte delle formazioni rocciose cartografate possono essere considerate dotate unicamente di permeabilità di tipo secondaria, per fratturazione e/o fessurazione, quindi di conducibilità idraulica piuttosto bassa.

La maggiore estensione del territorio corrisponde dunque a quella delle rocce permeabili per fratturazione, anche se la complessità geologica e geomorfologica porta ad una frammentazione delle aree con conseguenti frequenti variazioni laterali di permeabilità.

Nell'area è possibile riconoscere i seguenti complessi idrogeologici:

Complesso idrogeologico del "Massiccio Cristallino Savonese": si tratta di rocce granitoidi con evidenti fasce cataclastiche, migmatiti, andesiti con fasce laminate, porfiroidi, rioliti, gneiss a biotite, anfiboliti. Il comportamento di questi ammassi, nei riguardi della circolazione idrica sotterranea, è tale da evidenziare, generalmente, valori di permeabilità bassi o bassissimi. Nelle porzioni nelle quali l'ammasso si presenta in uno stato compatto, pertanto, essi si comportano

come *acquitard*. La presenza, lungo lineamenti e/o fasce tettoniche, di porzioni di ammasso caratterizzate da uno stato di fratturazione spinta, accompagnata da condizioni di alterazione, possono peraltro portare all'individuazione di zone a maggior permeabilità relativa, in corrispondenza delle quali s'individua una discreta circolazione idrica, a carattere concentrato. In sostanza, tali ammassi non sono in grado di ospitare una circolazione sotterranea continua e corpi acquiferi dotati di apprezzabile trasmissività, quanto, piuttosto, evidenziare la presenza di una circolazione discontinua e concentrata in fasce circoscritte, di geometria variabile in relazione all'andamento delle strutture tettoniche e la cui portata assume, anch'essa, caratteri di decisa variabilità.

Per tali motivi tali risorse sono scarsamente utilizzate ai fini civili, irrigui o industriali.

I valori di permeabilità registrati per questa unità risultano bassi o molto bassi, con valori del coefficiente di permeabilità k compresi tra $1*10^{-6}$ e $1*10^{-8}$ m/s.

Complesso idrogeologico delle "Argille di Ortovero": è costituito, in generale, da litologie differenti, in quanto si va dalle argille marnose ai conglomerati, alle sabbie poco cementate. Nell'area interessata dal progetto la formazione, attraversata in sondaggio, è costituita da argille limose grigio-azzurre depositate, in trasgressione sui termini del substrato, in aree limitate corrispondenti a bacini circoscritti.

Le litologie in questione sono dotate di bassissima permeabilità; la formazione, pertanto, assume, nei riguardi della circolazione sotterranea, funzione di *acquiclude* o *acquitard*. In particolare, esse tamponano le falde presenti nei sovrastanti depositi detritici e alluvionali. In diversi casi, esse possono, inoltre, tamponare superiormente la circolazione concentrata in fasce fratturate delle unità cristalline del Massiccio Savonese. In diversi casi, infatti, (sondaggio SG-11 della campagna di PE dell'Hub di Savona; S3 della campagna del PD dello Svincolo di Margonara), sono state riscontrate condizioni di risalita piezometrica all'interno degli strumenti installati, con

risalita di acqua oltre il piano campagna (misurati 20-30 centimetri). Tale circolazione è ospitata nelle formazioni cristalline, sormontate da circa 20 metri di depositi principalmente argilloso-limosi appartenenti alle Argille di Ortovero i quali evidentemente, la tamponano superiormente.

I valori di permeabilità stimati per questa formazione sono molto bassi: i valori di k risultano compresi tra $1*^{10-9}$ e $1*10^{-10}$ m/s.

Complesso idrogeologico dei depositi di spiaggia e delle alluvioni: localizzato lungo la fascia costiera occupata dai depositi di spiaggia precedentemente descritti, e lungo il fosso inciso dal Rio Termini. La loro permeabilità risulta essere alta per porosità, variabile a seconda della granulometria e del grado di addensamento.

Complesso idrogeologico dei depositi superficiali: I depositi superficiali sono costituiti da coperture sciolte e riporti di natura antropica, caratterizzati da una permeabilità per porosità medio-bassa. La permeabilità varia notevolmente a seconda della granulometria e del grado di addensamento del materiale costituente l'acquifero.

5. CONSIDERAZIONI IDROGEOLOGICHE

Con riferimento alla circolazione sotterranea, in accordo con le indagini disponibili nell'area e con quelle effettuate appositamente per il progetto in esame, si evince che gli ammassi rocciosi coinvolti nella realizzazione della galleria, rappresentati in gran parte dall'Unità gneissica di Savona-Calizzano, risultano a permeabilità bassa in tutte le porzioni nelle quali essi corrispondono a facies geomeccaniche integre o poco fratturate. Nell'attraversamento delle fasce tettoniche s'incontrano, invece, terreni le cui condizioni geomeccaniche determinano caratteri di maggior permeabilità. I tratti nei quali lo scavo interessa, almeno in parte, le Argille di Ortovero corrispondono, invece, a tratte a bassissima permeabilità.

Nella tabella riportata di seguito è riportata la corrispondenza tra i valori di assorbimento d'acqua ed i valori di RQD.

Progetto Definitivo (Hub Savona) 2001		
Sondaggio	**Prova di permeabilità U.L.**	**RQD (%)**
S16	15.69 20.89	/ 0-10
S20	17.43 15.91	10 10
Progetto Esecutivo (Hub Savona) 2010		
SG10	0.30	10-20
SG12	3.00	10-70
Progetto Definitivo (Sv. Margonara) 2013		
S1	1.00	70
S2	6.10	20-90
S3	17.50	20

Unità di Savona-Calizzano

Si può, pertanto, individuare una ***prima categoria geomeccanica (CG1)***, caratterizzata da uno stato di fratturazione poco spinto (alti valori di RQD, fino al 70-90%, o valori anche minori

ma, corrispondenti, evidentemente, a fessure serrate). Si tratta di ammassi sostanzialmente corrispondenti, nella classificazione di *Deere* (1964) ad ammassi buoni o, se di tipo scadente, dotati di uno stato di coazione che mantiene le fessure serrate.

R.Q.D. (%)	Qualità della roccia
0 - 25	molto scadente
26 - 50	scadente
51 -75	discreta
76 - 90	buona
91 - 100	eccellente

Tale categoria evidenzia condizioni di bassa o bassissima permeabilità (valori di assorbimento d'acqua, espressi in unità Lugeon, U.L., compresi fra 0.3 e 3, corrispondenti a valori di k variabili fra $3*10^{-8}$ e $3*10^{-7}$ m/s). A tale categoria corrispondono anche quei tratti nei quali si sono registrati valori leggermente superiori (S2, 6.1 U.L., pari a 6.1 *10-7 m/s), ma sostanzialmente riconducibili al medesimo comportamento. Tali valori indicano caratteristiche di permeabilità molto basse per l'ammasso roccioso, considerando anche il suo elevato livello di fratturazione in corrispondenza dei tratti in cui sono state eseguite le prove di permeabilità, dimostrate dalle percentuali di RQD indicate nelle stratigrafie. In tali condizioni l'ammasso non è in condizioni di ospitare una circolazione idrica di entità apprezzabile.

Sondaggio	**Categoria geomeccanica**	**RQD medio**	**Permeabilità (U.L.)**
SG10	CG1	10-20	0.30
SG12	CG1	10-70	3.00
S1	CG1	70	1.00
S2	CG1	20-90	6.10

Una ***seconda categoria geomeccanica (CG2)*** corrisponde, invece, a quelle fasce nelle quali gli stress di origine tettonica hanno determinato uno stato di fessurazione pervasiva degli

ammassi, sintetizzata da una facies geomeccanica riconducibile ad una qualità da scadente a molto scadente.

R.Q.D. (%)	Qualità della roccia
0 - 25	molto scadente
26 - 50	scadente
51 -75	discreta
76 - 90	buona
91 - 100	eccellente

Tali valori sono rappresentativi di un ammasso particolarmente fratturato, come dimostrato dai valori di RQD riportati nella stratigrafia di sondaggio.

A questa seconda categoria corrispondono caratteristiche di maggior permeabilità, segnate da valori sperimentali compresi fra 15.7 e 20.9 U.L. corrispondenti, rispettivamente, a circa 1.6 * 10^{-6} ed e 2.0 * 10^{-6}.

Sondaggio	**Categoria geomeccanica**	**RQD medio**	**Permeabilità (U.L.)**
S16	CG2	/ 0-10	15.69 20.89
S20	CG2	10 10	17.43 15.91
S3	CG2	20	17.50

Di particolare rilievo il tratto compreso fra le pk. 413+000 e 540+000 della Rampa Immissione e fra le pk. 0+000 e 74+000 della Rampa Uscita, laddove lo scavo interesserà una struttura a *graben*, con la parte ribassata caratterizzata dalla sovrapposizione delle Argille di Ortovero sugli gneiss dell'unità di Savona-Calizzano. Il passaggio repentino, laterale e verticale, fra i due termini, e la riscontrata presenza di circolazione confinata all'interno dei termini litoidi, potrà determinare sensibili variazioni di permeabilità e venute d'acqua nelle zone di transizione,

individuabili in anticipo sulla base di quanto successivamente esposto nel par. "Soluzioni progettuali".

SINTESI DELLE CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE

Rampa Immissione

Analizzando il tracciato della galleria dal principio, si osserva la presenza costante, fino a pk 414.000 circa, del substrato metamorfico sopra descritto, su cui insistono in due tratti (pk 98.000 ÷ 107.000 ca. e pk 146.000 ÷ 186.000 ca.) rilevati dovuti all'antropizzazione dell'area di progetto.

In corrispondenza di pk 227.000 ca. è segnalata una faglia presunta, il cui andamento è seguito dal Rio Termine sovrastante, le cui alluvioni sabbiose e ghiaiose, seppur di modesto spessore, ricoprono il substrato gneissico.

A partire dalla pk 320.000 e fino a fine tracciato, in superficie vi è un susseguirsi di depositi di riporto antropico e coperture sciolte, costituite da coltri eluvio-colluviali, che mascherano il substrato sottostante.

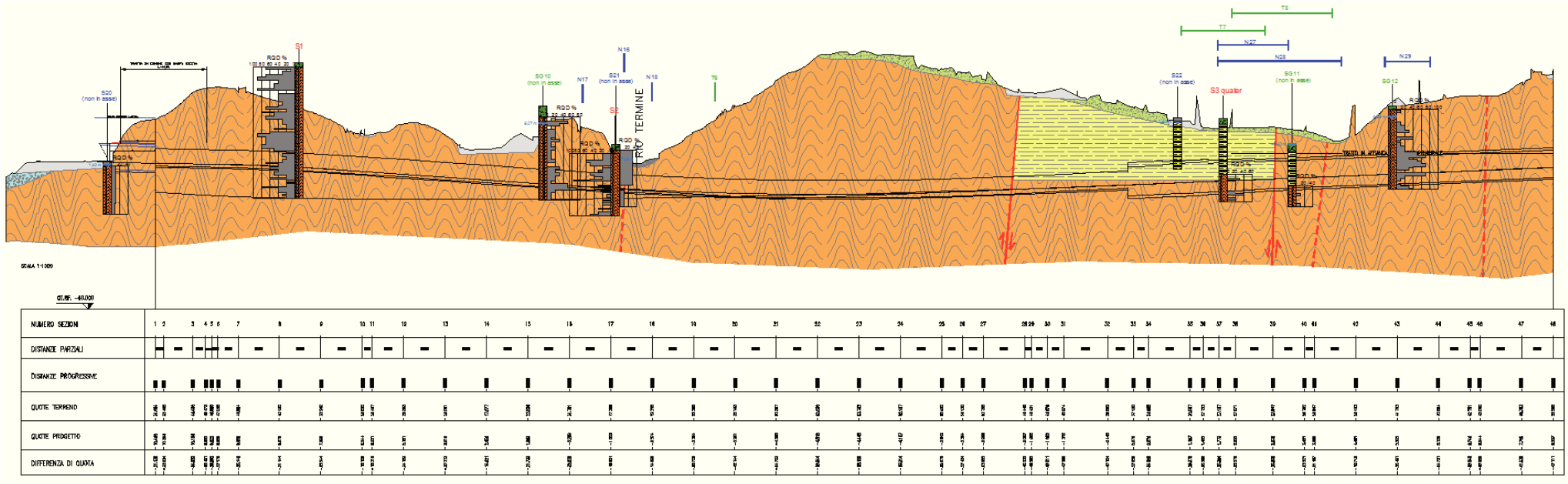
L'andamento geologico relativamente monotono è interrotto, tra le pk 414.000 e pk 540.000 ca. da una struttura tettonica delimitata da due faglie, che vanno a costituire un piccolo *graben* il cui substrato gneissico risulta ribassato di circa 20 ÷ 40 m rispetto alle zone limitrofe. In questo graben, al di sopra degli gneiss, i sondaggi hanno incontrato argille giallastre e marne grigio-azzurre, riconducibili alla Formazione delle Argille di Ortovero, che risultano avere spessori variabili tra 20 e 40 m.

Dal punto di vista progettuale, l'asse della galleria, in questo tratto, risulta attraversare tale unità litologica in maniera disomogenea. A partire dalla porzione superiore dello scavo, interessata dalla calotta della galleria, le argille coinvolgono man mano una porzione di scavo sempre maggiore.

La restante parte del tracciato in galleria in affiancamento all'asse principale, attraversa esclusivamente gli gneiss, aventi diversi gradi di fratturazione.

Di seguito viene proposta una tabella riassuntiva, riportante le indicazioni idrogeologiche principali utili a fini progettuali.

	Tratto	
Indagini di riferimento:		Sondaggi geognostici: S20 – S21 – S22 – SG10 – SG11 – SG12; basi sismiche: N16 – N17 – N18 – N27 – N28 – N29 – T6 – T7 – T8.
Previsione:	0.000÷ 413.700 + 540.075÷ 675.399	Unità di Savona-Calizzano: Paragneiss e micascisti polimetamorfici in facies anfibolitica; gneiss di Albissola e Ortogneiss I – Graniti del T. Letimbro. Le condizioni generali, in assenza di ulteriori fasce di fratturazione dell'ammasso, corrispondono alla catagoria geomeccanica 1.
	413.700÷ 540.075	Struttura a graben con sovrapposizione, nella porzione superiore della sezione di scavo, delle Argille di Ortovero sull'Unità di Savona-Calizzano. Possibili venute d'acqua ai limiti della struttura (faglie) e al passaggio verticale fra le due unità.
Faglie ed altri elementi tettonici	226.700	Discontinuità presunta nell'unità di Savona-Calizzano: lineamento individuato da fotointerpretazione; possibili venute d'acqua.
	413.700	Discontinuità certa che coinvolge l'unità di Savona-Calizzano e le Argille di Ortovero, creando una struttura a *graben*. Possibili venute d'acqua.
	540.075	Discontinuità certa che coinvolge l'unità di Savona-Calizzano e le Argille di Ortovero, creando una struttura a *graben*. Possibili venute d'acqua.
	564.300	Discontinuità presunta nell'unità di Savona-Calizzano: lineamento individuato da fotointerpretazione; possibili venute d'acqua.
	642.550	Discontinuità presunta nell'unità di Savona-Calizzano: lineamento individuato da fotointerpretazione; possibili venute d'acqua.


S1
S20
(non in asse)
RQD %
SG10
(non in asse)
N17
N16
S21
(non in asse)
N18
S2
RQD TERMINE
T6
T8
T7
N27
N28
N29
S22
(non in asse)
S3 quater
SG11
(non in asse)
SG12
TRATTO IN ATTRAVERSAMENTO
SCALA 1:1000
QUOTA RIF. +40,000
NUMERO SEZIONI
DISTANZE PARZIALI
DISTANZE PROGRESSIVE
QUOTE TERRENO
QUOTE PROGETTO
DIFFERENZA DI QUOTA

Rampa Uscita

Nei primi metri di sviluppo del tracciato, tra le pk 00.000 ca. e 13.740 ca., è presente la struttura a *graben* descritta per la rampa di immissione. Anche in questo caso, l'asse della galleria, in corrispondenza della calotta, attraversa le argille di Ortovero poste al di sopra del substrato gneissico.

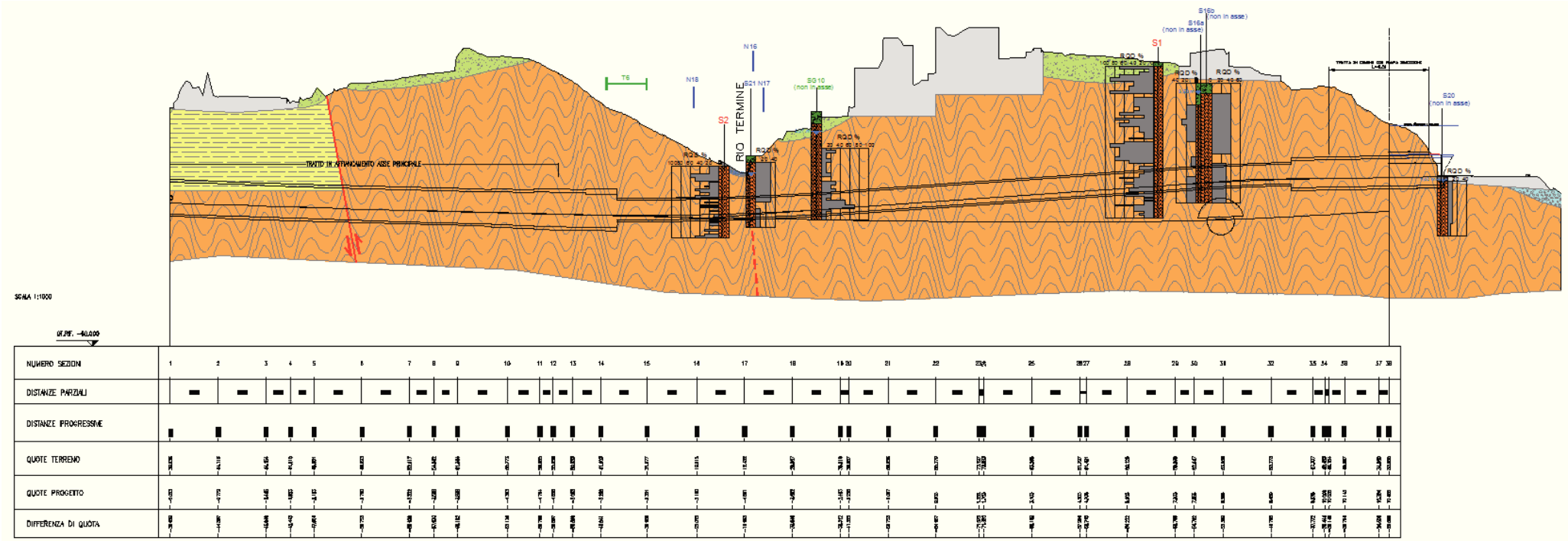
Tali argille non sono presenti in affioramento, in quanto risultano ricoperte da depositi di riporto antropico e coltri detritiche eluvio-colluviali.

La restante parte del tracciato attraversa per intero l'Unità di Savona-Calizzano, ricoperta in superficie, in diversi tratti, da riporti antropici e coltri eluvio-colluviali.

In corrispondenza del solco in cui scorre il Rio Termine, sono presenti depositi alluvionali, che ricoprono il substrato metamorfico, interessato, oltretutto, da una faglia presunta (pk 242+500 ca.).

Anche per questa rampa viene proposta una tabella riassuntiva, riportante le indicazioni geologiche principali utili a fini progettuali.

	Tratto	
Indagini di riferimento:		Sondaggi geognostici: S22 – S21 – S16a – S16b – S20 – SG10; basi sismiche: N16 – N17 – N18 – T6.
Previsione:	0.000÷ 73.740	Struttura a graben con sovrapposizione, nella porzione superiore della sezione di scavo, delle Argille di Ortovero sull'Unità di Savona-Calizzano. Possibili venute d'acqua al limite della struttura (faglia) e al passaggio verticale fra le due unità.
	73.740÷ 509.284	Unità di Savona-Calizzano: Paragneiss e micascisti polimetamorfici in facies anfibolitica; gneiss di Albissola e Ortogneiss I – Graniti del T. Letimbro.
Faglie ed altri elementi tettonici	73.740	Discontinuità certa che coinvolge l'unità di Savona-Calizzano e le Argille di Ortovero, creando una struttura a *graben*. Possibili venute d'acqua.
	242.500	Discontinuità presunta nell'unità di Savona-Calizzano: lineamento individuato da fotointerpretazione; possibili venute d'acqua.


S16b (non in asse)
S16a (non in asse)
S1
N16
T6
N18
S21 N17
S3 10 (non in asse)
S2
RIO TERMINE
S20 (non in asse)
TRATTO IN ATTRAVERSAMENTO ASSE PRINCIPALE
SCALA 1:1000
NUMERO SEZIONI
DISTANZE PARZIALI
DISTANZE PROGRESSIVE
QUOTE TERRENO
QUOTE PROGETTO
DIFFERENZA DI QUOTA

6. SOLUZIONI PROGETTUALI

Il progetto in esame, per le proprie caratteristiche geometriche, che prevedono la realizzazione delle due rampe in galleria naturale, disposte lateralmente rispetto alla galleria dell'asse principale, oggetto del progetto generale dell'Hub di Savona, presenta il non comune vantaggio di poter far conto, prima della realizzazione delle rampe, in scavo tradizionale, sulle informazioni che potranno pervenire dalla realizzazione dello scavo della galleria dell'asse principale, consentendo di disporre di dati continui in avanzamento e di trovare conferma alle ipotesi ed alle ricostruzioni, effettuate sulla base dei dati, comunque puntuali, provenienti dalle indagini.

La galleria principale, infatti, verrà realizzata in scavo meccanizzato; la TBM sarà dotata di un'apposita colonna di comando, con registrazione in continuo dei parametri di avanzamento. Dalla lettura in continuo dei valori di coppia torcente sarà pertanto possibile individuare in tempo reale eventuali comportamenti anomali riconducibili ad una diversa risposta all'avanzamento dell'ammasso al fronte.

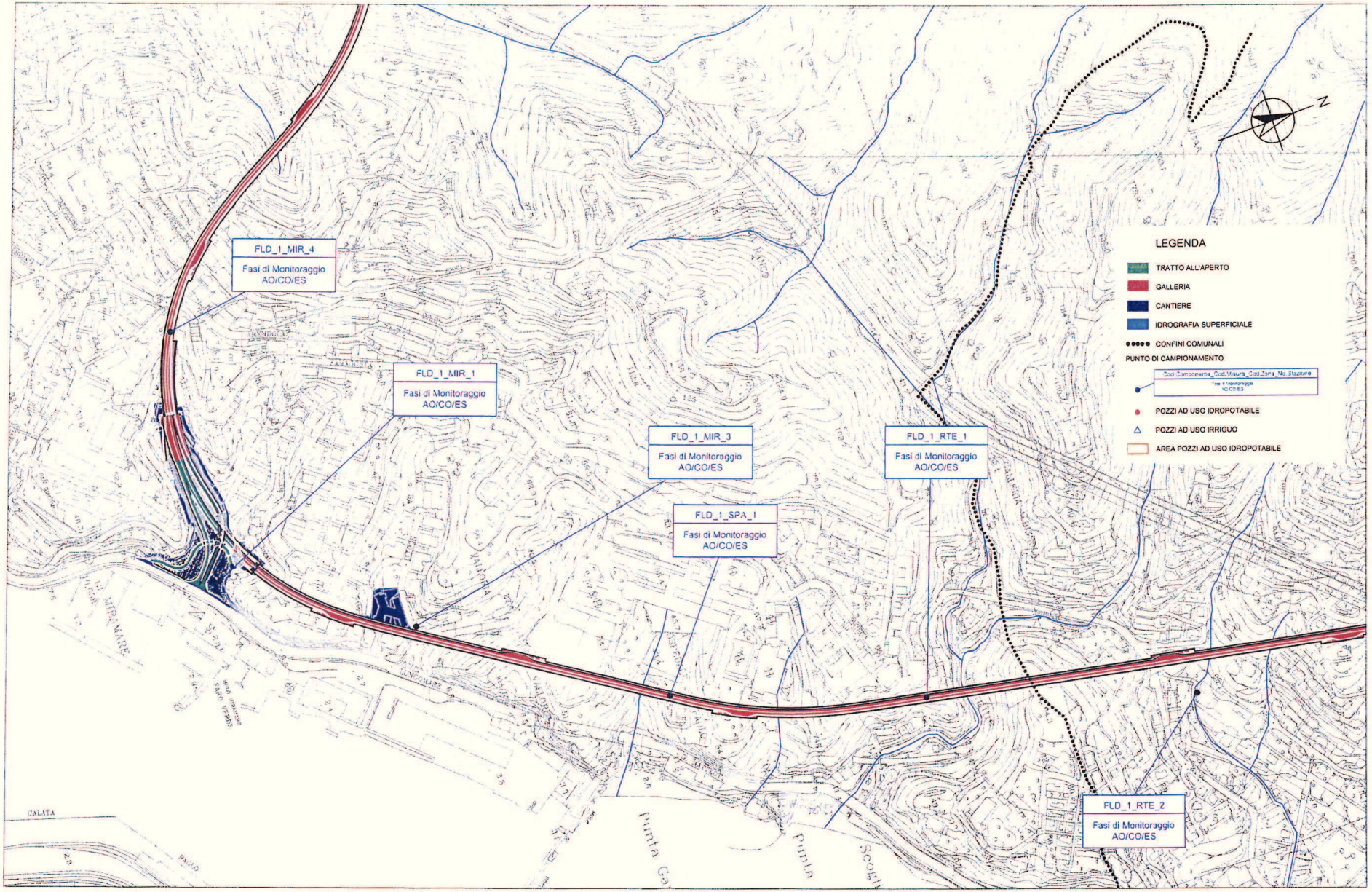
Sarà inoltre possibile, in presenza di tali comportamenti anomali, e comunque con una frequenza di 3 ore, ispezionare direttamente il fronte, constatandone lo stato geomeccanico e verificarne direttamente le corrispondenti condizioni idrogeologiche (presenza di venute d'acqua, ecc). Tali informazioni, evidentemente, potranno essere direttamente trasferite al progetto in esame, proiettandole sulle corrispondenti progressive di avanzamento delle gallerie delle rampe.

Con riferimento alle soluzioni progettuali adottate per far fronte alle eventuali venute di acqua durante gli scavi in galleria delle rampe, si osserva che tutte le sezioni di scavo e consolidamento prevedono la possibilità di realizzare n°6 dreni in avanzamento a partire dal fronte, di lunghezza pari a 18m. I tubi drenanti saranno rivestiti da calza in TNT per evitare possibili

intasamenti. Sulla base di quanto precedentemente esposto, pertanto, la realizzazione di tali dreni potrà essere opportunamente programmata sulla base delle informazioni ricevute dallo scavo meccanizzato.

Inoltre, onde garantire la tenuta idraulica delle opere in sotterraneo, tutte le sezioni prevedono la completa impermeabilizzazione del cavo, estesa anche all'arco rovescio. L'impermeabilizzazione verrà effettuata mediante membrane in PVC di spessore 2mm e strato di geotessile TNT (400 gr/mq), poste tra il rivestimento provvisorio e il rivestimento definitivo.

Tali soluzioni consentono di limitare il disturbo recato dalle realizzazione delle opere nei riguardi della circolazione sotterranea alla fase di costruzione; al termine delle operazioni di scavo, consolidamento e rivestimento del cavo, pertanto, si ricostituirà il regime di equilibrio precedente.



Letimbro Scarl

ITINERA

PIANO DI MONITORAGGIO IDROGEOLOGICO
PLANIMETRIA PIEZOMETRI - PROGETTO COSTRUTTIVO
tav. 2 di 3

SCALA
0 50 100 200 m

MARZO 2014

C.M.C. Ravenna - ITINERA S.p.A., Ravenna
SS1 Nuova Aurelia - Viabilità di accesso all'hub portuale di Savona.
Interconnessione tra i caselli della A10 di Savona e Albisola e i porti di Savona e Vado:
variante alla SS1 Aurelia nel tratto tra Savona Torrente Letimbro ed Albissola Superiore.

LETIMBRO Scarl
Il Direttore di Cantiere

ambiente
ingegneria ambientale e laboratori
Carrara (MS)
54033 Via Frassina, 21
T. 0585 855624 - F. 0585 855617
Firenze (FI)
50134 Via di Soffiano, 15
T. 055 7399056 - F. 055 7134442
www.ambientesc.it
home@ambientesc.it
P.IVA 00262540453

Committente: Letimbro Scarl

Cantiere: Comuni di Savona e Albissola – tracciato Aurelia bis

PIEZOMETRO: **FLD_1_SPA_1**

Coordinate UTM
Coord N: 4907463
Coord E: 459587

UBICAZIONE: Ospedale S.Paolo SV
Zona depuratore

MONITORAGGIO AMBIENTALE PIEZOMETRI





DATA RILIEVO 12/12/12

DATI COSTRUTTIVI E IDROGEOLOGICI	
Diam. Piezometro	2"
Prof. Piezometro	45 m
Livello di falda da b.p.	6,87 m

PARAMETRI CHIMICO – FISICI				
pH	Conducibilità	Red-Ox	O2	Temp.
6.9	853 µS/cm	306 mV	7,7 mg/L	13,2 °C

OPERATORE Luigi Bignotti
STRUMENTAZIONE UTILIZZATA: multimetro EUTECH PD 650, freatimetro elettrico

ambiente
ingegneria ambientale e laboratori
Carrara (MS)
54033 Via Frassina, 21
T. 0585 855624 - F. 0585 855617
Firenze (FI)
50134 Via di Solfiano, 15
T. 055 7399056 - F. 055 7134442
www.ambientesc.it
home@ambientesc.it
P.IVA 00262540453

Committente: Letimbro Scarl

Cantiere: Comuni di Savona e Albissola – tracciato Aurelia bis

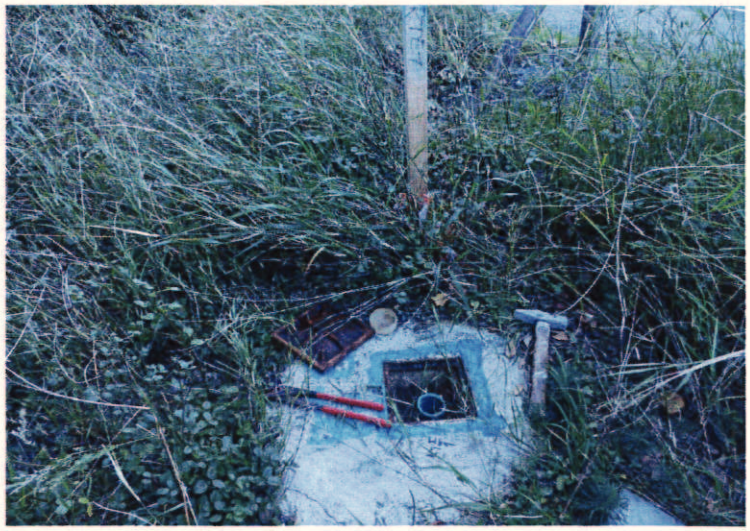
PIEZOMETRO: **FLD_1_RTE_1**

Coordinate UTM
Coord N: 4907811
Coord E: 459690

UBICAZIONE: Via Genova 20, Savona

MONITORAGGIO AMBIENTALE PIEZOMETRI





DATA RILIEVO **12/12/12**

DATI COSTRUTTIVI E IDROGEOLOGICI	
Diam. Piezometro	2"
Prof. Piezometro	43,60 m
Livello di falda da b.p.	16,66 m

PARAMETRI CHIMICO – FISICI				
pH	Conducibilità	Red-Ox	O2	Temp.
7.7	565 µS/cm	287 mV	9,2 mg/L	12,8 °C

OPERATORE Luigi Bignotti
STRUMENTAZIONE UTILIZZATA: multimetro EUTECH PD 650, freatimetro elettrico

ambiente
ingegneria ambientale e laboratori
Carrara (MS)
54033 Via Frassina, 21
T. 0585 855624 - F. 0585 855617
Firenze (FI)
50134 Via di Soffiano, 15
T. 055 7399056 - F. 055 7134442
www.ambientesc.it
home@ambientesc.it
P.IVA 00262540453

Committente: Letimbro Scarl

Cantiere: Comuni di Savona e Albissola – tracciato Aurelia bis

PIEZOMETRO: **FLD_1_SPA_1**

Coordinate UTM
Coord N: 4907463
Coord E: 459587

UBICAZIONE: Ospedale S.Paolo SV
Zona depuratore

MONITORAGGIO AMBIENTALE PIEZOMETRI





DATA RILIEVO 27/12/12

DATI COSTRUTTIVI E IDROGEOLOGICI

Diam. Piezometro	2”
Prof. Piezometro	45 m
Livello di falda da b.p.	6,95 m

PARAMETRI CHIMICO – FISICI

pH	Conducibilità	Red-Ox	O2	Temp.
7.13	862 µS/cm	122 mV	7,4mg/L	15,9 °C

OPERATORE Luigi Bignotti
STRUMENTAZIONE UTILIZZATA: multimetro EUTECH PD 650, freatimetro elettrico

ambiente
ingegneria ambientale e laboratori
Carrara (MS)
54033 Via Frassina, 21
T. 0585 855624 - F. 0585 855617
Firenze (FI)
50134 Via di Solfiano, 15
T. 055 7399056 - F. 055 7134442
www.ambientesc.it
home@ambientesc.it
P.IVA 00262540453

Committente: Letimbro Scarl

Cantiere: Comuni di Savona e Albissola – tracciato Aurelia bis

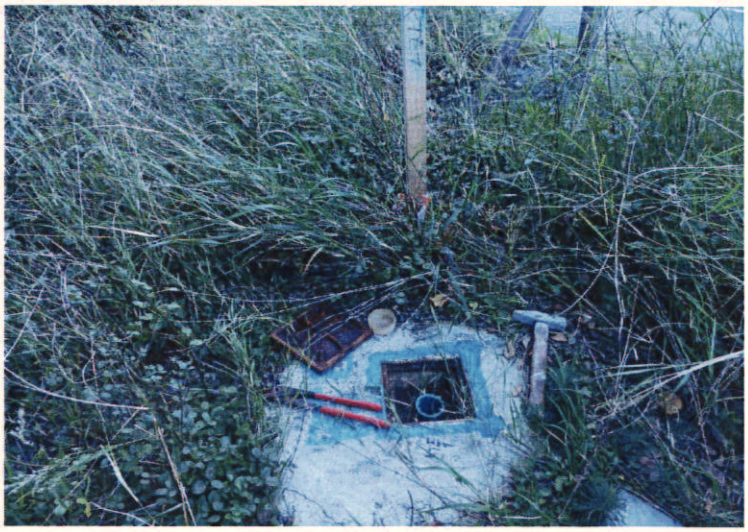
PIEZOMETRO: **FLD_1_RTE_1**

Coordinate UTM
Coord N: 4907811
Coord E: 459690

UBICAZIONE: Via Genova 20, Savona

MONITORAGGIO AMBIENTALE PIEZOMETRI





DATA RILIEVO 27/12/12

DATI COSTRUTTIVI E IDROGEOLOGICI	
Diam. Piezometro	2"
Prof. Piezometro	43,60 m
Livello di falda da b.p.	11,45 m

PARAMETRI CHIMICO – FISICI				
pH	Conducibilità	Red-Ox	O2	Temp.
6.75	432 µS/cm	88 mV	8,7 mg/L	14,3 °C

OPERATORE Luigi Bignotti
STRUMENTAZIONE UTILIZZATA: multimetro EUTECH PD 650, freatimetro elettrico

ambiente
ingegneria ambientale e laboratori
Carrara (MS)
54033 Via Frassina, 21
T. 0585 855624 - F. 0585 855617
Firenze (FI)
50134 Via di Soffiano, 15
T. 055 7399056 - F. 055 7134442
www.ambientesc.it
home@ambientesc.it
P.IVA 00262540453

Committente: Letimbro Scarl

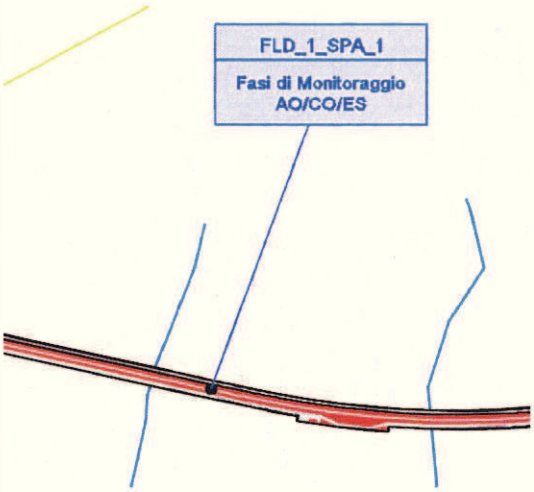
Cantiere: Comune di Savona, Albissola Marina e Albisola Superiore – tracciato Aurelia bis

PIEZOMETRO: **FLD_1_SPA_1**

Coordinate UTM
Coord N: 4907463
Coord E: 459587

UBICAZIONE: Ospedale S.Paolo, Savona
Zona depuratore

MONITORAGGIO AMBIENTALE PIEZOMETRI





DATA RILIEVO 31/03/14

DATI COSTRUTTIVI E IDROGEOLOGICI	
Diam. Piezometro	2”
Prof. Piezometro	45 m
Livello di falda da b.p.	8,30 m

PARAMETRI CHIMICO – FISICI

pH	Conducibilità	Red-Ox	O_2	Temp.
6.66	1778 µS/cm	96,3 mV	9,93 mg/l	17,2 °C

NOTA : PIEZOMETRO NON SPURGATO

OPERATORE Andrea Lazzarini
STRUMENTAZIONE UTILIZZATA: multimetro EUTECH PD 650, freatimetro elettrico

ambiente
ingegneria ambientale e laboratori
Carrara (MS)
54033 Via Frassina, 21
T. 0585 855624 - F. 0585 855617
Firenze (FI)
50134 Via di Soffiano, 15
T. 055 7399056 - F. 055 7134442
www.ambientesc.it
home@ambientesc.it
P.IVA 00262540453

Committente: Letimbro Scarl

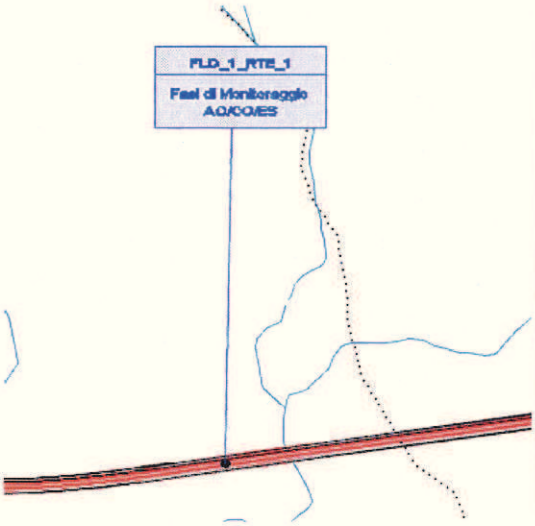
Cantiere: Comune di Savona, Albissola Marina e Albisola Superiore – tracciato Aurelia bis

PIEZOMETRO: **FLD_1_RTE_1**

Coordinate UTM
Coord N: 4907811
Coord E: 459690

UBICAZIONE: Via Genova 20, Savona

MONITORAGGIO AMBIENTALE PIEZOMETRI





DATA RILIEVO 31/03/14

DATI COSTRUTTIVI E IDROGEOLOGICI	
Diam. Piezometro	2"
Prof. Piezometro	43,60 m
Livello di falda da b.p.	12,40 m

PARAMETRI CHIMICO – FISICI				
pH	Conducibilità	Red-Ox	O_2	Temp.
7.47	534 µS/cm	66,2 mV	5,23 mg/l	13,8 °C

NOTA : PIEZOMETRO SPURGATO

OPERATORE Andrea Lazzarini
STRUMENTAZIONE UTILIZZATA: multimetro EUTECH PD 650, freatimetro elettrico

ambiente
ingegneria ambientale e laboratori

ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAB N° 0510

Rapporto di prova n°: **14LA05420** del **15/04/2014**

14LA05420

Spett.
LETIMBRO SCARL
STRADA STATALE PER ALESSANDRIA 6/A
15057 TORTONA (AL)

Dati relativi al campione

Acqua superficiale
Denominazione del Campione: **Campione di acqua - FLD 1 - RTE - 1**
Data inizio analisi: **01/04/2014** Data fine analisi: **10/04/2014**
Quantità di Campione pervenuta: **2 l**
Temperatura al ricevimento: **4 °C**
Data Accettazione: **01/04/2014**
Data Arrivo: **31/03/2014**

Dati di campionamento

Luogo di campionamento: **Savona**
Punto di prelievo: **FLD 1 - RTE - 1**
Modalità di Campionamento: **APAT CNR IRSA 1030 Man 29 2003**
Prelevato il: **31/03/2014** da: **Personale Ambiente s.c. - Andrea Lazzarini**

Parametro *Metodo*	U.M.	Risultato
Idrocarburi totali *APAT CNR IRSA 5160 A2 Man 29 2003*	mg/l	< 10

Direttore Tecnico di Laboratorio
Dott. Chim. Divano Francesco
N° 1191 - Ordine dei Chimici delle
Province di Genova - Imperia - Savona

Fine del rapporto di prova n° **14LA05420**

All.16 PGAMB08.1 rev.03 del 02.01.2014

Laboratorio inserito negli elenchi dei programmi di controllo Qualità dei laboratori che effettuano la determinazione quantitativa delle fibre di amianto per le tecniche MOCF ed FTIR promossi dal Ministero della Salute, ai sensi del D.M. 07/07/97 e del D.M. 14/05/96.

Laboratorio di ricerca riconosciuto "Altamente Qualificato" da parte del Ministero della Università Ricerca (MIUR) secondo il Decreto Ministeriale 8 agosto 2000

Agenzia Formativa accreditata dalla Regione Toscana ai sensi della DGR 968/07 per gli ambiti Formazione Superiore e Formazione Continua (n.PI0054)

Laboratorio riconosciuto dal Ministero della Sanità (prot. 600.5/59.619/1773) e iscritto al n. 017 dell'elenco regionale dei laboratori che effettuano analisi di autocontrollo delle industrie alimentari ai sensi della LR 9 marzo 2006, n. 9 (decreto 1236 del 20.03.2007)

Laboratorio con Sistema di Gestione Qualità certificato ai sensi della UNI EN ISO 9001, con Sistema di Gestione Ambientale certificato ai sensi della UNI EN ISO 14001, e con Sistema di Gestione della Salute e Sicurezza dei lavoratori secondo lo standard OHSAS 18001

Il presente rapporto riguarda il solo campione relativo alla sigla attribuita sottoposto a prova e non può essere riprodotto parzialmente senza l'approvazione scritta del laboratorio di prova.

ambiente s.c.
Via Frassina, 21 - Carrara (MS) - 54031 - Tel. +39 0585 855624 - Fax +39 0585 855617 - e-mail: laboratori@ambientesc.it - www.ambientesc.it

ambiente
ingegneria ambientale e laboratori

LAB N° 0510

Rapporto di prova n°: **14LA05424** del **15/04/2014**

Spett.
LETIMBRO SCARL
STRADA STATALE PER ALESSANDRIA 6/A
15057 TORTONA (AL)

Dati relativi al campione

Acqua superficiale
Denominazione del Campione: **Campione di acqua - FLD 1 - SPA - 1**
Data inizio analisi: **01/04/2014** Data fine analisi: **10/04/2014**
Quantità di Campione pervenuta: **2 l**
Temperatura al ricevimento: **4 °C**
Data Accettazione: **01/04/2014**
Data Arrivo: **31/03/2014**

Dati di campionamento

Luogo di campionamento: **Savona**
Punto di prelievo: **FLD 1 - SPA - 1**
Modalità di Campionamento: **APAT CNR IRSA 1030 Man 29 2003**
Prelevato il: **31/03/2014** da: **Personale Ambiente s.c. - Andrea Lazzarini**

Parametro *Metodo*	U.M.	Risultato
Idrocarburi totali *APAT CNR IRSA 5160 A2 Man 29 2003*	mg/l	< 10

Direttore Tecnico di Laboratorio
Dott. Chim. Divano Francesco
N° 1191 - Ordine dei Chimici delle
Province di Genova - Imperia - Savona

Fine del rapporto di prova n° **14LA05424**

All.16 PGAMB08.1 rev.03 del 02.01.2014

Laboratorio inserito negli elenchi del programma di controllo Qualità dei laboratori che effettuano la determinazione quantitativa delle fibre di amianto per le tecniche MOCF ed FTIR promosso dal Ministero della Salute, ai sensi del D.M. 07/07/97 e del D.M. 14/05/96

Laboratorio di ricerca riconosciuto "Altamente Qualificato" da parte del Ministero della Università Ricerca (MIUR) secondo il Decreto Ministeriale 8 agosto 2000

Agenzia Formativa accreditata dalla Regione Toscana ai sensi della DGR 968/07 per gli ambiti Formazione Superiore e Formazione Continua (n.Pi0054)

Laboratorio riconosciuto dal Ministero della Sanità (prot. 600.5/59.619/1773) e iscritto al n. 017 dell'elenco regionale dei laboratori che effettuano analisi di autocontrollo delle industrie alimentari ai sensi della LR 9 marzo 2006, n. 9 (decreto 1236 del 20.03.2007)

Laboratorio con Sistema di Gestione Qualità certificato ai sensi della UNI EN ISO 9001, con Sistema di Gestione Ambientale certificato ai sensi della UNI EN ISO 14001 e con Sistema di Gestione della Salute e Sicurezza dei lavoratori secondo lo standard OHSAS 18001

Il presente rapporto riguarda il solo campione relativo alla sigla attribuita sottoposto a prova e non può essere riprodotto parzialmente senza l'approvazione scritta del laboratorio di prova

ambiente s.c.
Via Frassina, 21 - Carrara (MS) - 54031 - Tel. +39 0585 855624 - Fax +39 0585 855617 - e-mail: laboratori@ambientesc.it - www.ambientesc.it