

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01
LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA Tratta MILANO – VERONA
Lotto Funzionale Brescia-Verona
PROGETTO DEFINITIVO**

**STUDIO GEOLOGICO-IDROGEOLOGICO
DI DETTAGLIO
GALLERIA LONATO**

IL PROGETTISTA
Ce.A.S. srl

IL PROGETTISTA INTEGRATORE
saipem spa
Tommaso Taranta



Dottore in Ingegneria Civile iscritto all'albo degli ingegneri della Provincia di Milano al n. A23476 (Sez. A Settore: a) civile e ambientale; b) industriale c) dell'informazione
Tel. 02.52020577 Fax 02.52028509
CF. e P.IVA 0825709157

ALTA SORVEGLIANZA	Verificato	Data	Approvato	Data	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I N 0 5	0 0	D	E 2	R G	G E 0 0 0 1	0 0 4	1

PROGETTAZIONE GENERAL CONTRACTOR									Autorizzato/Data
Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Consorzio Cepav due Project Director (Ing. F. Lombardi) Data: _____
0	31.03.14	Emissione per CdS	M.T.	31.03.14	CHERUBINI	31.03.14	LAZZARI	31.03.14	
1	01.07.14	Revisione per CdS	GUERRA	01.07.14		01.07.14		01.07.14	

SAIPEM S.p.a. COMM. 032121

Data: 01/07/14

Doc. N.: IN0500DE2RGGE00010041.doc



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

CUP.: F81H91000000008



INDICE

1.	PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO	3
1.1	Metodologia di lavoro	3
2.	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	4
3.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	5
3.1	Stratigrafia di dettaglio	7
4.	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	13
4.1	Generalità	15
4.2	Classi di permeabilità	18
4.3	Andamento della falda	24
5.	BILANCIO IDROLOGICO	29
6.	APPROFONDIMENTI	35
6.1	Rilevamenti caratteristiche chimico-fisiche delle acque	35
6.2	Censimento dei massi erratici e affioramenti	38
6.3	Il condotto sotterraneo Stagno Lavagnone-Bornade di Sopra.	43
7.	RACCOMANDAZIONI PROGETTUALI PER LA MITIGAZIONE DEGLI IMPATTI ...	45



1. PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO

I risultati di tale lavoro sono dettagliati negli elaborati, con la precisazione che il codice commessa è "IN05" in luogo di "A202".

Il presente documento rappresenta una monografia di approfondimento alla Relazione Geologica Generale (doc rif. IN0500DE2RGGE00010010) e alla Relazione Idrogeologica Generale (doc rif. IN0500DE2RGGE00020010), allegata al progetto definitivo per la Linea A.V. /A.C. Torino – Venezia, tratta Milano – Verona, lotto funzionale Brescia - Verona.

Oggetto di tale monografia è la parte di territorio interessato dallo scavo della Galleria di Lonato.

Per oltrepassare il settore collinare dei Comuni di Lonato e di Desenzano del Garda, infatti, è prevista la realizzazione di una galleria tra la pk 104+550 e la pk 112+111 del tracciato ferroviario in progetto; la galleria verrà realizzata in naturale nel tratto compreso tra le pk 105+990 ÷ 110+747.

La monografia prende in considerazione gli aspetti riguardanti la caratterizzazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica dei territori attraversati dalla galleria, focalizzando l'attenzione su alcune problematiche di carattere geologico-idrogeologico che possono rivestire una particolare importanza nella progettazione della stessa. Fornisce infine un inquadramento dei possibili impatti di carattere geologico-idrogeologico conseguenti alla realizzazione dell'opera

1.1 Metodologia di lavoro

La stesura della presente relazione è stata preceduta dallo svolgimento delle seguenti attività di raccolta dati ed informazioni:

- revisione bibliografica del materiale a disposizione precedentemente redatto, con particolare riferimento alla "Relazione Idrogeologica" (P.E. 1992), allo Studio di Impatto Ambientale (P.P. 2003) e alla "Relazione Geologica" (P.P. 2003);

- revisione bibliografica delle pubblicazioni scientifiche inerenti alle tematiche in esame, con particolare riferimento agli studi idrogeologici dell'anfiteatro morenico del Garda (sono state contattate le Università degli Studi di Milano, di Verona e di Padova);
- revisione bibliografica della documentazione tecnica ufficiale reperita presso gli Enti pubblici, con particolare riferimento alle relazioni geologico-tecniche dei P.R.G. comunali ed alla relativa cartografia tematica (sono stati contattati, tra gli altri, il Comune di Calcinato, il Comune di Lonato, il Comune di Desenzano del Garda, la Provincia di Brescia e l'ARPA Lombardia, Dipartimento di Brescia);
- analisi critica dei punti d'acqua (pozzi, sorgenti e fontanili) censiti e descritti nella sopracitata bibliografia;
- sopralluogo nell'area del Lavagnone e censimento dei massi erratici affioranti;
- analisi dei dati ottenuti dalle prove di conducibilità idraulica eseguite lungo il tracciato della linea in progetto durante le campagne geognostiche del 1992, del 2001-2002 e del 2004;
- analisi dei dati piezometrici ottenuti nel corso delle citate campagne e loro confronto con informazioni ricavate da fonti differenti;
- raccolta e revisione dei dati climatici, con particolare riferimento ai dati pluviometrici e termometrici relativi alla stazione meteorologica di Peschiera del Garda.

2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

La Galleria di Lonato è situata nell'Anfiteatro Morenico del Garda. L'area interessata dall'opera in progetto è quindi caratterizzata da morfologie di origine glaciale: si distinguono infatti rilievi collinari dal profilo dolce, corrispondenti a cordoni morenici, ed aree pianeggianti generate dagli scaricatori fluvio-glaciali.

Verso occidente l'anfiteatro vero e proprio è separato dall'ampia piana che si estende fino alla collina di Calcinato ed al Fiume Chiese, da un terrazzo fluvio-glaciale associabile agli scaricatori delle più esterne cerchie moreniche. Quest'area pianeggiante è caratterizzata da quote crescenti da Ovest verso Est e dalla presenza di numerose conoidi, sempre di origine fluvio-glaciale, talora incise da scarpate fluviali, tracce di corsi d'acqua estinti e di terrazzi morfologici ben sviluppati (in particolare a ridosso dell'area collinare).

Seguono i cordoni morenici di Lonato, i più esterni dell'Anfiteatro Gardesano. Si tratta di colline orientate circa Nord-Sud, aventi quota massima di 190 m s.l.m., caratterizzate

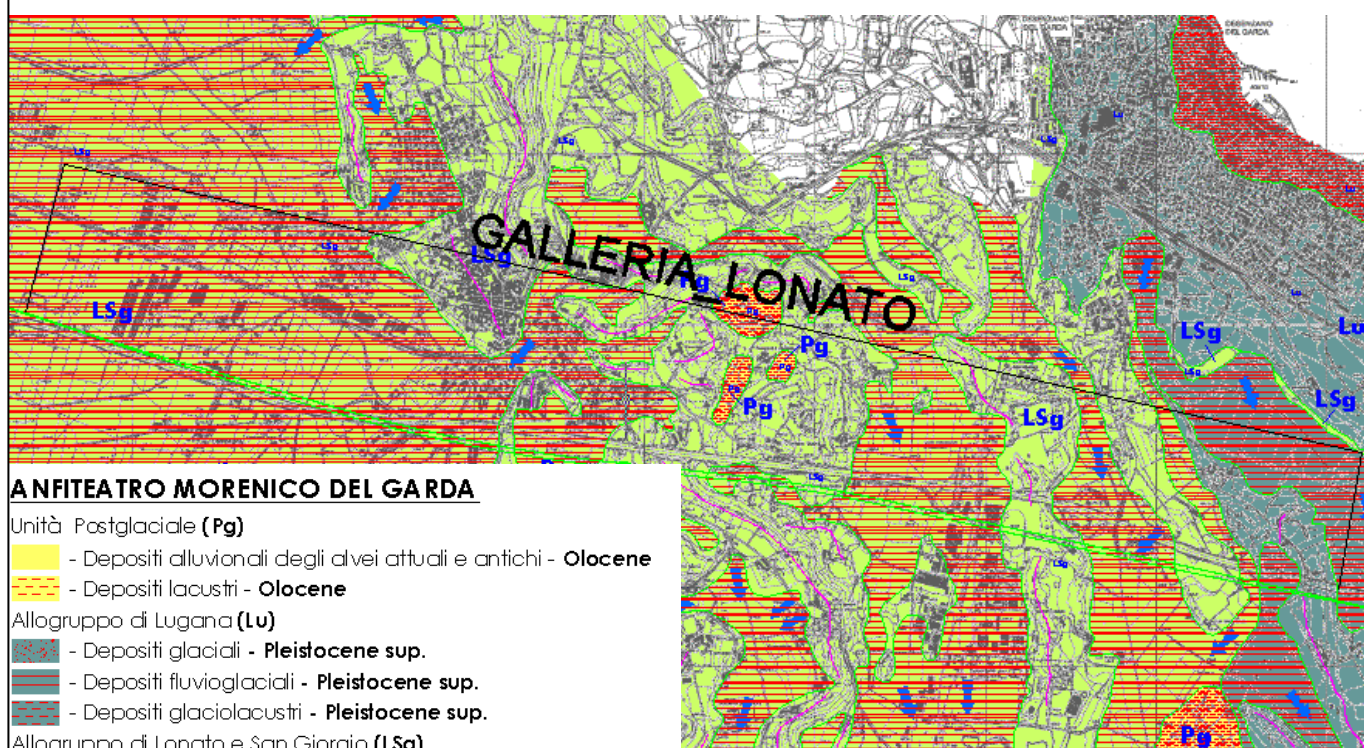
da erosione limitata sui versanti e più spinta sulle creste, con presenza del tipico paleosuolo ad argille giallo-rossicce o rosso-brune dello spessore massimo di 1 m. Procedendo verso Est i rilievi sono più bassi e non presentano paleosuolo.

Le zone un tempo attraversate dagli scaricatori fluvio-glaciali sono invece pianeggianti, chiuse tra le colline ed in genere non molto estese arealmente.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Come si può osservare nella fig.1, la Galleria di Lonato è compresa nei due Allogruppi che costituiscono l'Anfiteatro Morenico del Garda, ovvero quello di Lonato e San Giorgio, corrispondente alla cerchia morenica del Pleistocene Medio, e quello di Lugana, coincidente con i depositi del Pleistocene Superiore. L'imbocco occidentale dell'opera in progetto è situato nell'ampia piana fluvio-glaciale, appartenente all'Allogruppo di Lonato e San Giorgio, che delimita, verso occidente, l'Arco Morenico; proseguendo verso est la galleria attraversa depositi glaciali della stessa età, intervallati da piane, strette e poco profonde, incise dagli scaricatori fluvio-glaciali.

L'imbocco orientale della galleria si trova nelle unità glaciali dell'Allogruppo di Lugana.






ANFITEATRO MORENICO DEL GARDA



Unità Postglaciale (Pg)

-  - Depositi alluvionali degli alvei attuali e antichi - **Olocene**
-  - Depositi lacustri - **Olocene**

Allogruppo di Lugana (Lu)

-  - Depositi glaciali - **Pleistocene sup.**
-  - Depositi fluvio-glaciali - **Pleistocene sup.**
-  - Depositi glaciolacustri - **Pleistocene sup.**

Allogruppo di Lonato e San Giorgio (LSg)

-  - Depositi glaciali - **Pleistocene med.**
-  - Depositi fluvio-glaciali - **Pleistocene med.**

Allogruppo di Calcinato (Cl)

-  - Loess (L) - **Pleistocene med.**
-  - Depositi glaciali (C= conglomerati) - **Pleistocene inf.- med.**
-  - Depositi fluvio-glaciali - **Pleistocene inf.-med.**



Figura 1: carta geologica schematica del territorio di Lonato.

Di seguito vengono riportate le descrizioni dei diversi depositi attraversati, così come presentati nella Relazione Geologica generale (doc. rif. IN0500DE2RGGE00010010) allegata al Progetto Definitivo in oggetto.

- Unità Postglaciale (Pg)

- *Depositi alluvionali degli alvei attuali e antichi (a²)*

Sono costituiti da ghiaie a supporto di abbondante matrice sabbiosa o limosa se dovuta al rimaneggiamento di sedimenti antichi molto alterati.

- *Depositi lacustri (P)*

Sono costituiti da argille e limi a laminazione pianoparallela orizzontale con, talvolta, livelli torbosi.

- Allogruppo di Lonato e San Giorgio (LSg)

- *Depositi glaciali (m^R)*

Sono costituiti da diamicton massivi a supporto di matrice sabbioso limosa, talora debolmente cementati. I clasti sono eterometrici con dimensioni massime sino a 2 m (massi erratici), da angolosi a subarrotondati, poligenici. L'alterazione colpisce circa il 50% dei clasti con litologie carbonatiche da decarbonatate ad argillificate e litologie cristalline da fragili ad arenizzate. Quelli più significativi sono presenti a Sud di Lonato (es. località C.ne Gerardi, 205 m s.l.m.) e verso Est fino alla sponda sinistra del Fiume Mincio. Esse riguardano buona parte della Galleria di Lonato e la totalità della Galleria San Giorgio.

- *Depositi fluvioglaciali (fg^{R3}, fg^{R2}, fg^{R1})*

Sono costituiti da ghiaie da grossolane a molto grossolane a supporto di clasti con matrice sabbioso-limosa. I clasti sono arrotondati e poligenici. L'alterazione colpisce circa il 50%

dei clasti con litologie carbonatiche da decarbonatate ad argillificate e litologie cristalline da fragili ad arenizzate.

3.1 Stratigrafia di dettaglio

L'analisi congiunta della carta geologica, della carta geomorfologica e di quella idrogeologica alla scala 1:10000, allegate alla relazione generale del tracciato, e delle stratigrafie dei sondaggi eseguiti lungo la linea (con relative documentazioni fotografiche) ha consentito la stesura di un profilo geologico, in scala 1:5000/1:500, in asse galleria (doc. rif. A20200DE2F5GE0001018).

I sondaggi a carotaggio continuo eseguiti in quest'area prevalentemente collinare, raggiungono la profondità massima di 85 metri dal piano campagna.

Nella tabella che segue (tab.1) sono descritte le principali caratteristiche dei sondaggi eseguiti.

Sondaggio	Anno	Pk	Quota B.F.	Profondità	Attrezzato a piezometro
DS011	1992-93	104+497	138.71	28	si
DS012	1992-93	104+760	154.43	45	si
DS013	1992-93	105+317	142.98	35	si
DS014	1992-93	106+120	148.10	25	no
DS015	1992-93	106+795	150.30	35	no
DS016	1992-93	109+110	163.50	60	no
DS017	1992-93	110+090	135.90	41.5	no
DS019	1992-93	112+021	106.08	30	si
DS146	1992-93	112+554	90.21	25	si
DS149	1992-93	111+775	103.59	30	si
DS152	1992-93	111+425	118.34	35	si
DS153	1992-93	111+300	115.90	34	no
DS158	1992-93	110+730	134.70	30	no
DS159	1992-93	110+536	134.77	30	si

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05Lotto
00Codifica Documento
DE2RGGE0001004Rev.
1Foglio
8di69

DS161	1992-93	110+230	153.80	40	no
DS601	1992-93	109+920	134.90	30	no
DS602	1992-93	109+741	135.83	30	si
DS603	1992-93	109+400	140.80	45	No
DS604	1992-93	109+090	149.50	45	no
DS605	1992-93	108+958	154.43	45	si
DS606	1992-93	108+630	170.90	30	no
DS607	1992-93	108+420	182.80	75	si
DS608	1992-93	108+082	180.79	45	si
DS609	1992-93	107+630	167.60	25	no
DS610	1992-93	107+341	164.79	25	si
DS611	1992-93	106+510	150.30	25	no
DS612	1992-93	105+690	143.60	25	no
DS701	1992-93	110+265	135.70	25	si
DS710	1992-93	108-540	173.80	27.5	si
S4	2001-02	110+874	115.62	40	si
S5	2001-02	106+772	147.57	40	si
S3-XA202B143	2001-02	104+611	140.67	20	si
S4-XA202B144	2001-02	104+820	141.87	20	si
S5-XA202B145	2001-02	105+124	141.40	20	si
S6-XA202B146	2001-02	105+512	143.29	25	si
S7-XA202B147	2001-02	105+733	145.81	30	si
S8-XA202G148	2001-02	105+969	146.37	30	si
S9-XA202G149	2001-02	106+246	148.80	40	si
S10-XA202G150	2001-02	106+557	151.13	35	si
S11-XA202G151	2001-02	106+877	146.76	35	si
S12-XA202G152	2001-02	107+242	149.11	35	si
S13-XA202G153	2001-02	107+473	167.18	55	si
S14-XA202G154	2001-02	107+778	170.02	55	si
S15-XA202G155	2001-02	108+152	187.02	70	si
S16-XA202G156	2001-02	108+420	182.77	68	si
S17-XA202G157	2001-02	108+776	168.98	60	si

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05Lotto
00Codifica Documento
DE2RGGE0001004Rev.
1Foglio
9di69

S18-XA202G158	2001-02	109+015	156.80	45	si
S19-XA202G159	2001-02	109+300	149.40	40	si
S19-XA202G160	2001-02	109+561	140.00	30	si
S21-XA202G161	2001-02	109+787	135.82	35	si
S22-XA202G162	2001-02	110+209	135.01	40	si
S23-XA202G163	2001-02	110+542	116.80	45	si
S24-XA202G164	2001-02	110+752	116.78	25	si
S25-XA202G165	2001-02	111+027	113.02	20	si
S26-XA202G166	2001-02	111+223	113.25	20	si
S27-XA202G167	2001-02	111+541	110.48	30	si
S28-XA202G168	2004	111+712	104.80	20	si
S29-XA202G169	2001-02	112+245	96.67	20	si
3SS065	2004	105+081	142.40	30	no
3SS066	2004	107+067	148.87	50	no
3SC067	2004	107+303	163.48	70	si
3SC068	2004	107+787	170.19	70	si
3SC069	2004	108+607	170.41	85	si
3SS070	2004	109+377	142.06	70	no
3SC071	2004	109+684	135.57	45	si
3SC072	2004	110+061	134.37	45	si
3SS073	2004	110+545	133.56	55	si
3SC075	2004	105+380	143.43	40	si
S1GL	2004	104+822	133.65	30	si
S2GL	2004	105+873	151.49	35	si
S3GL	2004	106+801	142.68	30	si
S4GL	2004	107+613	163.50	50	si
S5GL	2004	108+730	185.20	40	si
S6GL	2004	110+190	148.62	50	si
S7GL	2004	111+674	107.83	30	si
S8GL	2004	112+422	90.30	30	si
S9GL	2004	106+453	150.60	35	si
S10GL	2004	108+788	185.89	20	si

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05Lotto
00Codifica Documento
DE2RGGE0001004Rev.
1Foglio
10di69

S11GL	2004	109+158	150.82	20	si
S12GL	2004	109+204	151.08	20	si
CH1	2004	107+533	166.70	30	no
3SC300	2004	107+702	168.38	60	si
3SC400	2004	108+490	175.50	69.5	si
3SC500	2004	108+891	157.26	60	si

Tabella 1: verticali geognostiche ubicate nell'area di interesse

Di seguito vengono analizzate in dettaglio le caratteristiche geologiche del territorio attraversato dal tracciato della galleria.

L'imbocco occidentale della Galleria di Lonato è situato nei pressi di C.na Faccendina, nell'ampia area pianeggiante costituita dai depositi fluvioglaciali dell'Allogruppo di Lonato e San Giorgio, che si estende dalla collina di Calcinato all'abitato di Lonato. Tali depositi sono caratterizzati da una certa omogeneità litologica: prevalgono infatti ghiaie e ghiaie con sabbia, nelle quali è possibile riconoscere isolate lenti di materiali più fini (sabbie limose). I depositi si spingono fino a profondità superiori a quelle della galleria in progetto.

L'estesa piana fluvioglaciale ora descritta, è incisa, tra le pk 106+700 e pk107+200 circa, da due scarpate fluvioglaciali i, che delimitano un settore lievemente ribassato rispetto ai tratti confinanti all'esterno. La scarpata fluvioglaciale orientale costituisce il margine di un terrazzo morfologico che sviluppandosi verso est, si raccorda con il primo cordone morenico, orientato circa Nord-Sud. I depositi glaciali s.s. che costituiscono questo rilievo collinare, presentano rapporti di eteropia, in quanto sindeposizionali, con le unità fluvioglaciali; sono costituiti da ghiaie eterogenee con clasti di dimensioni variabili (da 0.5 a 10 cm), da angolari a subarrotondati, immersi in una matrice limoso-argillosa. Questo cordone morenico si sviluppa verso Est ed è attraversato da piane fluvioglaciali strette e poco profonde alle quali talvolta si sostituiscono episodi glaciolacustri di limitata estensione.

Da località S. Cipriano Sotto, approssimativamente in corrispondenza di pk 109+250 fino a circa pk 110+250, l'unità glaciale è interrotta da un'ampia incisione fluvioglaciale caratterizzata litologicamente da terreni costituiti prevalentemente da ghiaie e ghiaie sabbiose, con isolati livelli di sabbie limose. Lo spessore del deposito, compreso tra 25 e 45 m, è delimitato alla base da depositi morenici e glaciolacustri.



Procedendo verso Est un nuovo cordone morenico, con direzione Nord-Sud, separa l'area pianeggiante sopra descritta da un'altra piana fluvioglaciale dalle caratteristiche litologiche del tutto simili alla precedente. I depositi morenici presentano al loro interno episodi fluvioglaciali e glaciolacustri con estensione e spessore non prevedibile, comunque messi in luce dal sondaggio 3SS073.

In località Bornade di Sopra, a Sud del rilevato autostradale, si verifica il contatto stratigrafico tra l'Allogruppo di Lonato e San Giorgio (Pleistocene medio) e l'Allogruppo di Lugana (Pleistocene superiore).

L'imbocco orientale della Galleria di Lonato è situato nel primo cordone morenico dell'Allogruppo di Lugana, caratterizzato da ghiaie a supporto di matrice limoso-sabbiosa.

In tutto il tratto interessato dalla galleria sono presenti numerosi massi erratici; quelli rilevati in superficie hanno dimensioni da 50 cm a oltre 2 m. I sondaggi geognostici eseguiti durante le campagne d'indagine (1992-1994, 2001-2002, 2004) indicano la presenza di trovanti con dimensioni estremamente variabili, con un diametro massimo di 90 cm; si deve in questo caso tener conto che i sondaggi sono stati eseguiti con carotieri da 101 mm e che quindi le dimensioni reali dei massi incontrati potrebbero essere maggiori. Nel capitolo 6.2 è descritto il censimento dei massi erratici di superficie effettuato lungo tutto lo sviluppo della galleria di Lonato.

Lo schema dei rapporti stratigrafici che segue (fig. 2), sintetizza la distribuzione dei diversi depositi attraversati dallo scavo della Galleria di Lonato.

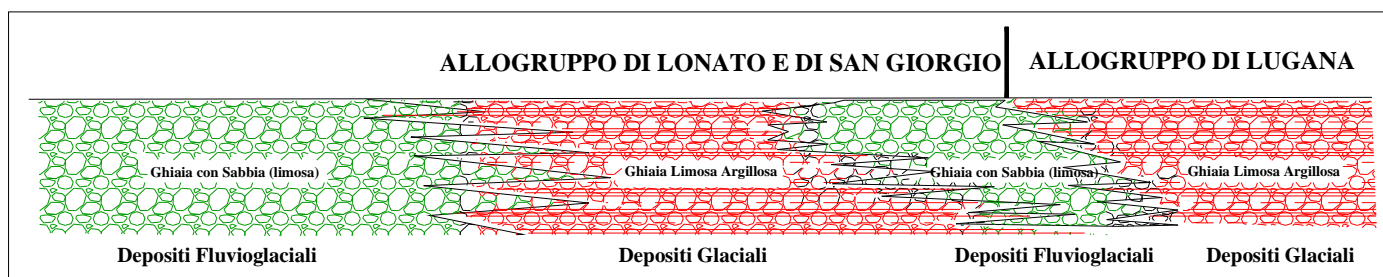


Figura 2: schema dei rapporti stratigrafici.

Volendo schematizzare la distribuzione dei depositi attraversati della galleria di Lonato otteniamo il seguente quadro:

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2RGGE0001004

Rev.
1

Foglio
12di69

- dall'imbocco occidentale, posto alla pk 104+550, fino a circa pk 108+700 sono presenti i depositi fluvioglaciali dell'Allogruppo di Lonato e S. Giorgio;
- da pk 108+700 fino a pk 109+250 sono presenti dei depositi glaciali dell'Allogruppo di Lonato e S. Giorgio; tra pk 108+910 fino a pk 109+130 è stata rilevata, dalle stratigrafie dei sondaggi eseguiti, una lente si depositi fluvioglaciali;
- da pk 109+250 sino a pk 110+220 circa, viene attraversata un'ampia incisione costituita da depositi fluvioglaciali, interrotta per un breve tratto da depositi morenici tra la pk 109+335 e la pk 109+440;
- da pk 110+220 fino a pk 110+700 viene inciso un cordone morenico costituito da depositi glaciali s.s. In corrispondenza della pk 110+520 circa sono stati evidenziati tre episodi deposizionali sovrapposti di origine fluvioglaciale, glaciolacustre e nuovamente fluvioglaciale. L'estensione e lo spessore dei sopracitati depositi è stato stimato in base all'unico sondaggio che li evidenzia, il 3SS073;
- tra pk 110+700 e pk 111+350 si ritrovano i depositi fluvioglaciali;
- da pk 111+350 fino all'imbocco orientale, posto a pk 112+111, si attraversano dei depositi glaciali. Tali depositi sono attribuibili all'Allogruppo di Lonato e S. Giorgio, fino alla pk 111+780 circa, ed all'Allogruppo di Lugana da tale progressiva in poi.

4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'assetto geologico-stratigrafico descritto, si presenta piuttosto diversificato. Una gran varietà di complessi geologici con caratteristiche genetiche, litologiche, granulometriche e tessiturali differenti, infatti, si distribuisce sul territorio in esame con spessori e continuità laterale del tutto variabili. Tale complessità si ripercuote, inevitabilmente, sull'assetto idrogeologico di interesse, caratterizzato da un'alternanza irregolare di unità a permeabilità anche molto differente.

I corpi morenici, in genere, anche se costituiti in predominanza da ghiaie sabbiose, presentano valori di conducibilità idraulica modesti, in relazione all'abbondante matrice limoso-argillosa che ne controlla la struttura. All'interno dei corpi morenici, sono rinvenibili lenti di depositi fluvioglaciali di dimensioni variabili, contraddistinti da una minore percentuale di fine, la cui conducibilità idraulica può aumentare anche di alcuni ordini di grandezza e ospitare acquiferi potenzialmente in pressione, di continuità laterale di difficile definizione.

Alle pendici delle morene affiorano depositi alluvionali antichi e/o recenti e depositi fluvioglaciali, caratterizzati da tessitura e composizione granulometrica del tutto eterogenea.

Definire in modo chiaro ed univoco il flusso idrico attivo in questi settori, in relazione a quanto descritto, risulta pertanto assai problematico.

Il Comune di Lonato (Bs), con riferimento alla delibera 202 del 17 dicembre 2002, ha elaborato una "Relazione Tecnica inerente i punti di criticità relativi al progetto della linea Alta Capacità Milano-Verona". Sembra interessante, a titolo introduttivo, presentare in sintesi l'inquadramento idrogeologico dell'area in oggetto così come esposto nel citato documento tecnico di riferimento.

In questo studio si individuano due differenti unità idrogeologiche:

- un'unità permeabile per porosità (depositi morenici), caratterizzata da permeabilità complessivamente medio-bassa ($<10^{-6}$ m/s) con sequenze limoso-argillose essenzialmente impermeabili. All'interno di questi depositi possono intercalarsi sequenze ghiaiose anche molto permeabili ($k=10^{-2} \div 10^{-3}$ m/s);

- un'unità elevatamete permeabile per porosità (depositi fluvioglaciali), caratterizzata da valori di conducibilità idraulica mediamente elevati $k=10^{-2} \div 10^{-5}$ m/s);

Il passaggio tra le due unità è contraddistinto, in genere, da uno strato limoso – argilloso a bassa permeabilità.

Tale complessa successione sarebbe sede di un sistema di acquiferi a pelo libero, ben sviluppati e continui, cui corrispondono le falde freatiche circolanti nei depositi fluviogiaciali di pianura. Gli acquiferi freatici principali sarebbero isolati, tra di loro, dai cordoni morenici, essenzialmente impermeabili. In particolare si riconoscono quattro sistemi acquiferi freatici differenti:

- Acquifero freatico della piana intramorenica a W di Lonato: il settore pianeggiante compreso tra gli abitati di Lonato e di Montichiari è sede di un acquifero freatico continuo, con direzione di flusso circa N-S e soggiacenza elevata (superiore ai 50 metri dal p.c.). Tale acquifero, altamente produttivo, è captato da numerosi pozzi.
- Acquifero freatico della piana intramorenica "Croce di Venzago": la soggiacenza della falda freatica in questi settori si attesterebbe a circa 20 metri dal p.c., con una direzione di flusso che segue quella della Fossa Redone, principale asse drenante della piana fluvioglaciale in oggetto.
- Acquifero freatico della piana intramorenica del Lavagnone: presso il tracciato in progetto la soggiacenza di questo acquifero sarebbe quantificabile in 15 metri circa dal p.c., con una direzione di flusso essenzialmente conforme al gradiente topografico. Lo stagno Lavagnone qui presente, rappresenterebbe un punto di emergenza di detta falda.
- Acquifero freatico della piana in località Bornade: rappresentato da una falda freatica di estensione ridotta, caratterizzata da una soggiacenza di 10 metri circa e in contatto con un sistema di falde sospese a carattere locale.

Gli autori segnalano la possibilità di rinvenire, all'interno dei depositi morenici più superficiali, falde sospese di spessore e continuità laterale del tutto eterogenei. Questi acquiferi, di norma poco produttivi, risultano direttamente alimentati dalle precipitazioni meteoriche.

4.1 Generalità

L'assetto idrogeologico dell'area e l'andamento della superficie piezometrica sono stati ricostruiti basandosi sui dati e sulle informazioni raccolte nel corso dello svolgimento delle attività descritte al punto 1.1. della presente relazione e, soprattutto, sui riscontri ottenuti dalle rilevazioni strumentali relative ai piezometri dislocati nell'area. A tale proposito si sottolinea che i piezometri considerati, aggiornati ad agosto 2005, sono (cfr tab. 1, tab. 2):

Sigla	Periodo	Nr. letture	Soggiacenza media (m)	Soggiacenza massima (m)	Soggiacenza minima (m)	Escursione massima (m)	Quota media (m s.l.m.)	Quota massima (m s.l.m.)	Quota minima (m s.l.m.)
DS011	1992	15	11,63	21,28	7,18	14,10	127,08	131,53	117,43
DS013	1992	14	20,54	28,90	14,00	14,90	122,44	128,98	114,08
DS019	1992	16	10,83	11,25	10,64	0,61	95,26	54,44	94,83
DS146	1992	11	0,63	0,85	0,49	0,36	89,58	89,72	89,36
DS149	1992	11	8,28	8,32	8,23	0,09	95,30	95,36	95,27
DS152	1992	10	13,83	17,13	11,94	5,19	104,51	106,40	101,21
DS159	1992	10	24,80	25,16	24,22	0,94	109,98	110,56	109,62
DS602	1992	9	24,85	25,10	24,60	0,50	110,98	111,23	110,73
DS605	1992	1	34,20	34,20	34,20	0,00	120,23	120,23	120,23
DS608	1992	4	16,27	18,64	15,46	3,18	164,53	165,34	162,16
DS610	1992	6	23,36	23,55	22,80	0,75	141,44	142,00	141,25
S4	2001-02	16	17,09	17,93	16,10	1,83	98,53	99,52	97,69
S5	2001-02	16	21,46	25,85	16,80	9,05	126,11	130,77	121,72
S3-XA202B143	2002	11	-	>15	12,28	-	-	128,38	<125,66
S5-XA202B145	2002	1	14,77	14,77	14,77	0,00	126,63	126,63	126,63
S6-XA202B146	2002	9	18,44	18,52	18,36	0,16	124,85	124,93	124,77
S7-XA202B147	2002-05	19	-	>23	21,11	-	-	124,7	<122,81
S8-XA202G148	2002	11	> 8,00	> 8,00	> 8,00	-	-	<138,37	<138,37
S9-XA202G149	2002	11	19,26	20,44	17,57	2,87	129,54	131,23	128,36
S10-XA202G150	2002	11	> 13,00	> 13,00	> 13,00	-	A	-	-
S11-XA202G151	2002-05	31	-	>25,23	24,24	>0,99	-	122,52	<121,53
S12-XA202G152	2002	11	-	>15	13,00	>2	136,02	136,11	<134,11
S13-XA202G153	2002-05	28	-	>52,40	46,72	>5,68	-	120,46	<114,78
S14-XA202G154	2002-05	30	-	>38,10	36,85	>1,25	-	133,16	<131,91
S15-XA202G155	2002-05	31	-	> 59,40	58,86	-	-	128,15	<127,61
S16-XA202G156	2002-05	28	44,44	45,45	42,47	2,98	138,38	140,3	137,32
S17-XA202G157	2002-05	30	3,45	4,05	2,71	1,34	165,53	166,27	164,93
S18-XA202G158	2002-04	11	4,25	4,47	3,71	0,76	152,55	153,09	152,33
S19-XA202G159/1	2002-05	23	8,58	20,79	5,51	15,28	140,82	143,89	128,61
S19-XA202G159/2	2002-05	15	7,38	8,07	5,55	2,52	142,02	143,85	141,33
S20-XA202G160/A	2002	8	>8,00	>8,00	>8,00	-	<132	<132	<132
S21-XA202G161	2002	11	> 10,00	> 10,00	> 10,00	-	<125,82	<125,82	<125,82
S22-XA202G162	2002	11	22,90	23,18	22,67	0,51	112,11	112,34	111,83

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05Lotto
00Codifica Documento
DE2RGGE0001004Rev.
1Foglio
16di69

S23-XA202G163	2002	11	9,15	9,63	7,41	2,22	107,65	109,39	107,17
S24-XA202G164	2002	11	>17,00	>17,00	>17,00	-	<99,78	<99,78	<99,78
S25-XA202G165	2002	11	> 6,00	> 6,00	> 6,00	-	<107,01	<107,01	<107,01
S26-XA202G166	2002-02	11	> 5,00	> 5,00	> 5,00	-	<108,25	<108,25	<108,25
S27-XA202G167	2002-05	30	10,45	14,75	6,90	7,85	100,03	103,58	95,73
S28-XA202G168	2002-05	30	8,55	9,40	6,88	2,52	96,25	97,92	95,40
S29-XA202G169	2002-05	30	3,77	7,92	0,65	7,27	92,90	96,02	88,75
3SC067/1	2004-05	15	38,59	39,01	37,93	1,08	124,89	125,55	124,47
3SC067/2	2004-05	15	>46,28	>46,28	>46,28	-	<117,2	<117,2	<117,2
3SC068	2004-05	15	-	>64,2	62,52	-	-	107,67	<105,99
3SC069/ft.a	2004-05	16	5,3	8,95	1,43	7,52	167,39	168,98	165,60
3SC069/1	2004-05	16	19,12	27,86	10,45	17,41	151,29	159,96	142,55
3SC071/2	2004-05	15	22,58	23,40	21,76	1,64	115,57	116,94	113,99
3SC071/1	2004-05	15	-	>45	21,07	-	-	114,5	<90,57
3SC072/1	2004-05	15	-	>39,65	19,42	-	-	114,95	<94,72
3SC072/2	2004-05	15	21,20	22,35	19,51	2,84	113,17	114,86	112,02
3SC075/1	2004-05	14	> 18,00	> 18,00	> 18,00	-	<125,43	<125,43	<125,43
3SC075/2	2004-05	14	> 10,90	> 10,90	> 10,90	-	<132,53	<132,53	<132,53
S2GL	2004-05	15	-	>34	21,14	-	-	130,35	<117,49
S3GL	2004-05	10	28,25	29,50	26,21	3,29	114,43	113,18	116,47
S4GL	2004-05	10	39,95	45,31	33,79	11,52	123,55	129,71	118,19
S5GL	2004-05	9	19,92	20,05	19,84	0,21	165,28	165,36	165,15
S6GL	2004-05	10	42,63	44,72	41,54	3,18	105,99	107,80	103,9
S7GL	2004-05	10	5,35	5,40	5,30	0,10	102,48	102,53	102,43
S9GL	2004-05	15	33,27	34,79	32,00	2,79	117,33	118,6	115,81
S10GL	2004-05	10	10,83	10,95	10,67	0,28	175,06	175,22	174,94
S11GL	2004-05	15	0,34	0,44	0,27	0,17	150,48	150,55	150,38
3SC300/1	2004-05	10	>54,66	>54,66	>54,66	-	-	-	-
3SC300/2	2004-05	10	37,88	38,39	37,31	1,08	-	-	-
3SC300/3	2004-05	10	>25,15	>25,15	>25,15	-	-	-	-
3SC400/1	2004-05	12	>63,67	>63,67	>63,67	-	-	-	-
3SC400/2	2004-05	12	-	>39,80	32,86	>6,94	-	-	-
3SC400/3	2004-05	12	13,45	14,80	11,30	3,5	-	-	-
3SC500/1	2004-05	10	-	>15,50	14,79	>0,71	-	-	-
3SC500/2	2004-05	10	>36,00	>36,00	>36,00	-	-	-	-
3SC500/3	2005	11	-	>55,50	52,89	>2,61	-	-	-

Tabella 2: misure piezometriche acquisite nelle tre campagne di indagine



In fig. 3 è riportato uno stralcio della carta con ubicazione dei punti d'acqua, alla scala 1:10000, censiti nel territorio di interesse.

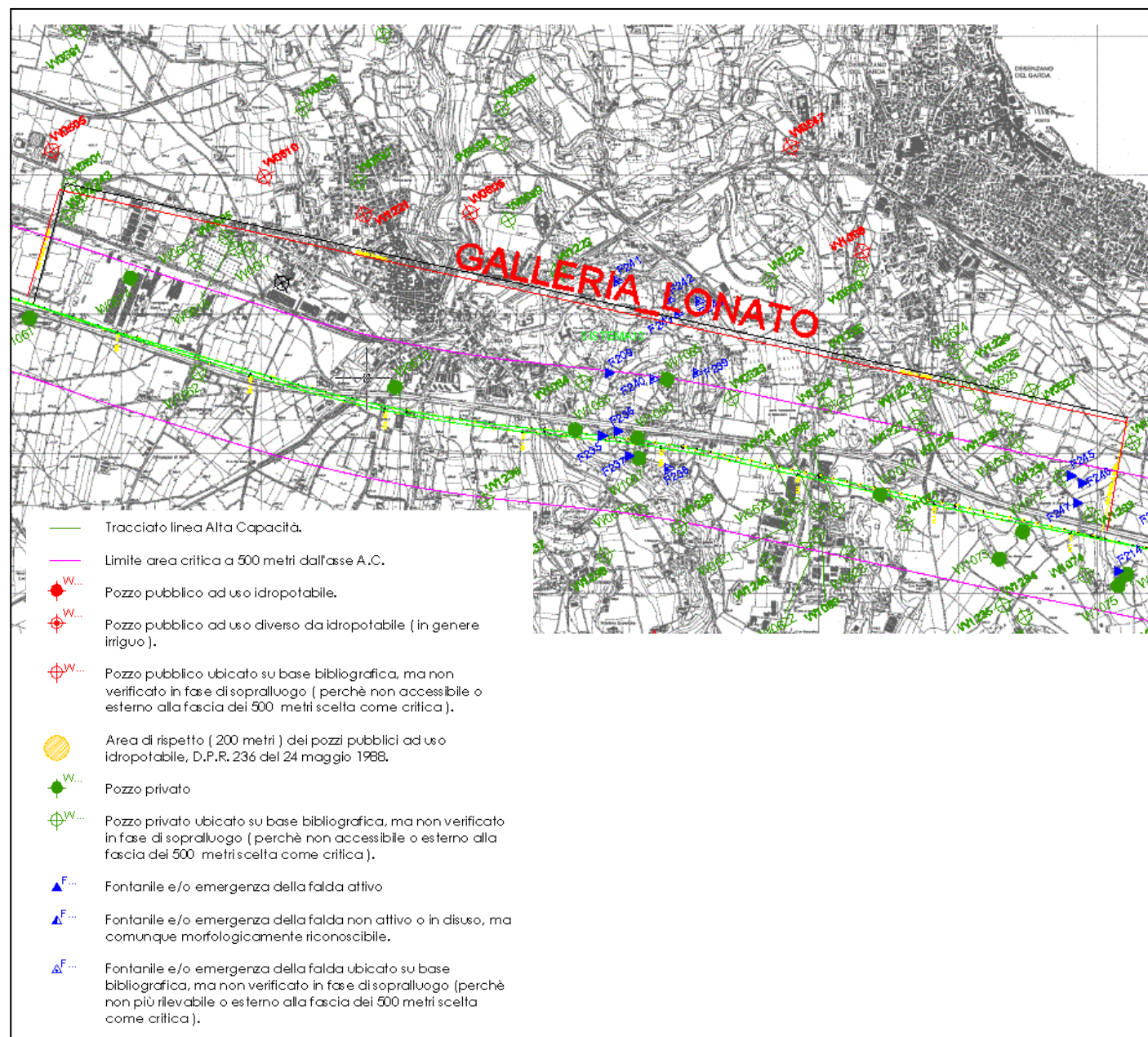


Figura3: carta ubicazione dei punti d'acqua (stralcio).

Nel territorio interessato dallo scavo della Galleria San Giorgio, con riferimento alla fascia dei 500 m a cavallo della linea scelta come critica, sono ubicati 23 pozzi (W1061, 0614,

0616, 1062, 0618, 1064, 1063, 1066, 1067, 0523, 1224, 1226, 1241, 1068, 0516, 0620, 0621, 1064, 1070, 1071, 1231, 1071, 1073), nessuno dei quali sfruttato a scopo idropotabile.

Sono state censite anche 9 emergenze della falda al di sopra del piano campagna (F209, F240, F236, F235, F237, F238, F245, F246, F247). Si tratta, in genere, di piccole conche dove affiora direttamente la superficie piezometrica; per ogni approfondimento si rimanda alla relazione monografica di dettaglio (doc. rif. A20200DE2RGGE0002003).

4.2 Classi di permeabilità

Come anticipato nel capitolo 3 le unità allostratigrafiche attraversate dall'opera in progetto sono i depositi glaciali, fluvioglaciali e glaciolacustri dell'Allogruppo di Lonato e San Giorgio (**Lsg**), dell'Unità Postglaciale (**Pg**) e dell'Allogruppo di Lugana (**Lu**) .

Su basi generali, ossia utilizzando tutti i dati prodotti nel corso della caratterizzazione idrogeologica della linea, si osserva una certa variabilità nei valori di conducibilità idraulica dei litotipi coinvolti, variabilità che deve essere messa in relazione all'intrinseca eterogeneità che caratterizza i depositi morenici.

La tabella 3 esplicita quanto appena detto.

UNITA' ALLOSTRATIGRAFICA	CONDUCIBILITA' IDRAULICA (m/s)	CLASSE DI PERMEABILITA'
<u>Unità Postglaciale</u>	$10^{-2} < k < 10^{-3}$	elevata
Depositi alluvionali alvei attuali (e antichi)	$(10^{-5} < k < 10^{-6})$	(media)
<u>Allogruppo di Lugana</u>	$10^{-5} < k < 10^{-7}$	media
Depositi glaciali		
<u>Allogruppo di Lugana</u>	$10^{-4} < k < 10^{-7}$	media
Depositi fluvioglaciali		
<u>Allogruppo di Lugana</u>	$10^{-8} < k < 10^{-9}$	Molto bassa

Depositi glaciolacustri		
<u>Allogruppo di Lonato e di San Giorgio</u> Depositi glaciali	$10^{-5} < k < 10^{-7}$	media
<u>Allogruppo di Lonato e di San Giorgio</u> Depositi fluvioglaciali	$10^{-4} < k < 10^{-8}$	media

Tabella 3: unità allostratigrafiche e loro conducibilità idraulica.

La distribuzione media dei valori di conducibilità idraulica relativi alle diverse alloformazioni intercettate dallo scavo della galleria in progetto, conferma l'estrema eterogeneità nell'assetto idrogeologico caratteristico per questi settori morenici.

Le unità allostratigrafiche comprese nella tratta interessata dalla Galleria di Lonato, presentano notevole eterogeneità a livello litologico. Tuttavia è stata registrata una permeabilità abbastanza omogenea e medio/bassa. La classe modale della distribuzione relativa alla conducibilità idraulica per questa distribuzione è quindi 10^{-6} m/s, seguita dai 10^{-7} e 10^{-5} m/s; sono comunque rappresentate anche altre classi di permeabilità, maggiori e minori.

Nella tabella che segue (tab. 4) sono presentati i valori di conducibilità idraulica misurati in foro di sondaggio (prove Lefranc).

Progressiva chilometrica	SONDAGGIO	Profondita' da p.c.(m)	PERMEABILITA' K (m/s)	UNITA' GEOLOGICA
105+512	XA202B146	3.00-4.00	4.56E-04	fluvioglaciale
105+512	XA202B146	9.50-10.50	1.93E-05	fluvioglaciale
105+512	XA202B146	15.00-16.00	1.15E-05	fluvioglaciale
105+733	XA202B147	9,5-10,5	4.12E-07	fluvioglaciale
105+733	XA202B147	12,0-13,0	8.97E-07	fluvioglaciale
105+733	XA202B147	18,0-19,0	2.18E-07	fluvioglaciale
105+969	XA202B148	7,5-8,5	1.48E-04	fluvioglaciale
105+969	XA202B148	13,0-14,0	2.49E-06	fluvioglaciale
105+969	XA202B148	19,0-20,0	1.50E-07	fluvioglaciale
106+246	XA202B149	11,0-12,0	5.79E-06	fluvioglaciale
106+246	XA202B149	17,0-18,0	2.53E-06	fluvioglaciale
106+246	XA202B149	23,0-24,0	1.42E-06	fluvioglaciale
106+453	S9GL	7,0-7,5	7.10E-08	fluvioglaciale
106+453	S9GL	14,0-14,6	5.24E-06	fluvioglaciale
106+453	S9GL	28,0-28,6	3.55E-06	fluvioglaciale
106+453	S9GL	21,0-21,6	4.09E-06	fluvioglaciale
106+557	XA202B150	12,0-13,0	3.73E-06	fluvioglaciale
106+557	XA202B150	17,0-18,0	1.24E-06	fluvioglaciale
106+557	XA202B150	23,0-24,0	7.62E-07	fluvioglaciale
106+772	S5	1,0-2,0	5.12E-05	fluvioglaciale
106+772	S5	6,0-7,0	9.18E-05	fluvioglaciale

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05Lotto
00Codifica Documento
DE2RGGE0001004Rev.
1Foglio
20di69

106+772	S5	6,0-7,0	3.60E-06	fluvioglaciale
106+772	S5	11,0-12,0	1.57E-05	fluvioglaciale
106+877	XA202G151	9.50-10.50	1.36E-06	fluvioglaciale
106+877	XA202G151	15.00-16.00	6.95E-07	fluvioglaciale
106+877	XA202G151	21.00-22.00	2.78E-06	fluvioglaciale
107+067	3SS066	4.00-4.70	2.15E-05	fluvioglaciale
107+067	3SS066	9.00-9.80	1.32E-05	fluvioglaciale
107+067	3SS066	14.00-14.50	7.82E-06	fluvioglaciale
107+067	3SS066	18.20-19.00	1.13E-05	fluvioglaciale
107+303	3SC067	9.30-10.00	2.91E-06	fluvioglaciale
107+303	3SC067	19.80-20.50	2.09E-06	fluvioglaciale
107+303	3SC067	29.30-30.00	1.57E-06	fluvioglaciale
107+303	3SC067	39.30-40.00	5.74E-07	fluvioglaciale
107+303	3SC067	46.30-47.00	6.42E-07	fluvioglaciale
107+341	DS610	3,5-4,5	1.73E-06	fluvioglaciale
107+341	DS610	10,5-11,0	2.29E-05	fluvioglaciale
107+341	DS610	17,3-18,0	7.29E-06	fluvioglaciale
107+473	XA202G153	30.00-31.00	4.82E-06	fluvioglaciale
107+473	XA202G153	36.00-37.00	1.25E-05	fluvioglaciale
107+473	XA202G153	42.00-43.00	1.20E-05	fluvioglaciale
107+703	3SC300	11,5-12,2	2.60E-05	fluvioglaciale
107+703	3SC300	15,0-15,9	non misurabile (>>)	fluvioglaciale
107+703	3SC300	22,5-23,2	non misurabile (>>)	fluvioglaciale
107+703	3SC300	26,8-27,6	1.890E-05	fluvioglaciale
107+703	3SC300	32,9-33,3	3.26E-05	fluvioglaciale
107+703	3SC300	35,9-36,6	1.20E-05	fluvioglaciale
107+703	3SC300	41,3-41,9	6.70E-06	fluvioglaciale
107+703	3SC300	46,0-46,5	1.33E-05	fluvioglaciale
107+703	3SC300	51,7-52,3	3.02E-05	fluvioglaciale
107+703	3SC300	56,7-57,3	5.97E-06	fluvioglaciale
107+778	XA202G154	34.00-35.00	1.06E-05	fluvioglaciale
107+778	XA202G154	40.00-41.00	1.24E-06	fluvioglaciale
107+778	XA202G154	46.00-47.00	3.98E-06	fluvioglaciale
107+787	3SC068	19.00-19.70	3.15E-06	fluvioglaciale
107+787	3SC068	29.30-30.00	2.30E-06	fluvioglaciale
107+787	3SC068	40.00-40.70	1.45E-06	fluvioglaciale
107+787	3SC068	49.00-49.70	2.38E-07	fluvioglaciale
107+787	3SC068	59.50-60.10	3.95E-07	fluvioglaciale
107+787	3SC068	69.30-70.00	3.95E-07	fluvioglaciale
108+082	DS608	36,5-37,0	2.47E-05	fluvioglaciale
108+152	XA202G155	47.00-48.00	8.05E-06	fluvioglaciale
108+152	XA202G155	53.00-54.00	7.13E-06	fluvioglaciale
108+152	XA202G155	59.00-60.00	6.87E-06	fluvioglaciale
108+420	XA202G156	49.50-50.50	9.49E-07	fluvioglaciale
108+490	3SC400	20,5-21,0	1.31E-05	fluvioglaciale
108+490	3SC400	25,0-25,6	6.83E-06	fluvioglaciale
108+490	3SC400	50,5-51,2	8.90E-06	fluvioglaciale
108+490	3SC400	55,1-55,9	1.50E-05	fluvioglaciale
108+490	3SC400	60,0-60,5	1.30E-05	fluvioglaciale
108+490	3SC400	65,5-66,0	2.21E-05	fluvioglaciale
108+540	DS710	16,9-17,7	3.20E-06	fluvioglaciale
108+540	DS710	23,5-24,0	2.20E-07	fluvioglaciale
108+607	3SC069	10.00-10.60	9.60E-07	fluvioglaciale
108+607	3SC069	20.00-20.60	3.40E-07	fluvioglaciale

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05Lotto
00Codifica Documento
DE2RGGE0001004Rev.
1Foglio
21 di 69

108+607	3SC069	50.00-50.70	1.40E-06	fluvioglaciale
108+607	3SC069	59.50-60.30	1.70E-06	fluvioglaciale
108+607	3SC069	70.00-70.70	4.90E-07	fluvioglaciale
108+892	3SC500	56,2-57,0	2.61E-06	fluvioglaciale
109+015	AA202G158	32.50-33.50	3.38E-06	fluvioglaciale
109+300	AA202G159	17.00-18.00	7.31E-07	fluvioglaciale
109+300	AA202G159	23.00-24.00	4.57E-07	fluvioglaciale
109+300	AA202G159	29.00-30.00	1.29E-06	fluvioglaciale
109+377	3SS070	10.10-11.10	1.03E-06	fluvioglaciale
109+377	3SS070	20.20-20.70	5.44E-07	fluvioglaciale
109+561	EA202G160	6,,00-7.00	6.95E-06	fluvioglaciale
109+561	EA202G160	12.00-13.00	2.00E-05	fluvioglaciale
109+561	EA202G160	18.00-19.00	1.51E-06	fluvioglaciale
109+684	3SC071	10.00-10.60	1.95E-05	fluvioglaciale
109+684	3SC071	20.00-20.60	2.33E-06	fluvioglaciale
109+684	3SC071	27.00-27.60	8.25E-06	fluvioglaciale
109+741	DS602	2,5-3,0	1.25E-04	fluvioglaciale
109+741	DS602	9,5-10,0	5.90E-05	fluvioglaciale
109+741	DS602	16,5-17,0	5.63E-08	fluvioglaciale
109+787	XA202G161	9.00-10.00	2.25E-06	fluvioglaciale
109+787	XA202G161	15.00-16.00	7.70E-07	fluvioglaciale
109+787	XA202G161	21.00-22.00	1.45E-05	fluvioglaciale
110+061	3SC072	15.00-15.50	9.78E-07	fluvioglaciale
110+061	3SC072	25.00-25.50	2.70E-07	fluvioglaciale
110+061	3SC072	30.60-31.00	1.07E-06	fluvioglaciale
110+209	XA202G162	13.50-14.50	3.02E-06	fluvioglaciale
110+209	XA202G162	19.50-20.50	2.84E-06	fluvioglaciale
110+209	XA202G162	26.50-27.50	2.39E-06	fluvioglaciale
110+265	DS701	2,6-3,1	2.40E-02	fluvioglaciale
110+265	DS701	2,6-3,1	9.10E-06	fluvioglaciale
110+265	DS701	5,5-6,0	1.00E-03	fluvioglaciale
110+265	DS701	5,5-6,0	1.40E-04	fluvioglaciale
110+265	DS701	8,7-9,2	2.50E-03	fluvioglaciale
110+265	DS701	8,7-9,2	1.10E-04	fluvioglaciale
110+265	DS701	11,5-12,0	8.50E-04	fluvioglaciale
110+265	DS701	11,5-12,0	5.30E-05	fluvioglaciale
110+265	DS701	14,5-15,0	7.00E-04	fluvioglaciale
110+265	DS701	14,5-15,0	7.70E-05	fluvioglaciale
110+265	DS701	17,5-18,0	9.80E-04	fluvioglaciale
110+265	DS701	17,5-18,0	2.90E-05	fluvioglaciale
110+265	DS701	20,3-21,0	2.60E-04	fluvioglaciale
110+265	DS701	20,3-21,0	2.30E-05	fluvioglaciale
110+265	DS701	23,5-24,0	4.20E-04	fluvioglaciale
110+265	DS701	23,5-24,0	3.20E-05	fluvioglaciale
110+542	XA202G163	2.65-3.65	1.42E-05	fluvioglaciale
110+545	3SS073	25.50-26.10	2.66E-06	fluvioglaciale
110+545	3SS073	35.30-36.00	1.80E-06	fluvioglaciale
110+752	XA202B164	3.50-4.50	3.73E-07	fluvioglaciale
110+752	XA202B164	7.00-8.00	4.24E-05	fluvioglaciale
110+752	XA202B164	11.00-12.00	9.45E-07	fluvioglaciale
110+874	S4	2,0-3,0	3.30E-06	fluvioglaciale
110+874	S4	6,0-7,0	4.03E-07	fluvioglaciale
110+874	S4	11,0-12,0	6.56E-07	fluvioglaciale
110+874	S4	4,0-5,0	8.61E-06	fluvioglaciale

111+027	XA202B165	1.00-2.00	6.53E-05	fluvioglaciale
111+027	XA202B165	6.00-7.00	9.23E-07	fluvioglaciale
111+027	XA202B165	12.00-13.00	7.04E-06	fluvioglaciale
111+223	XA202B166	2.00-3.00	2.21E-06	fluvioglaciale
111+223	XA202B166	8.00-9.00	8.97E-07	fluvioglaciale
111+223	XA202B166	14.00-15.00	1.87E-06	fluvioglaciale
107+703	3SC300	5,6-6,4	1.08E-06	morenico
107+787	3SC068	10.00-10.70	2.69E-05	morenico
108+082	DS608	22,5-23,0	1.15E-07	morenico
108+082	DS608	29,6-30,0	4.02E-07	morenico
108+420	XA202G156	37.50-38.50	1.08E-06	morenico
108+420	XA202G156	43.80-44.80	9.76E-07	morenico
108+490	3SC400	10,0-10,5	8.70E-06	morenico
108+490	3SC400	15,0-15,7	1.30E-06	morenico
108+490	3SC400	30,0-30,8	2.44E-06	morenico
108+490	3SC400	35,6-36,2	3.50E-06	morenico
108+490	3SC400	39,0-39,8	6.18E-06	morenico
108+490	3SC400	44,6-45,2	6.14E-06	morenico
108+540	DS710	9,4-10,2	6.60E-07	morenico
108+540	DS710	12,15-13,05	1.50E-08	morenico
108+540	DS710	20,3-21,9	4.00E-07	morenico
108+607	3SC069	29.50-30.10	5.50E-07	morenico
108+607	3SC069	38.50-39.50	2.40E-07	morenico
108+776	XA202G157	35.00-36.00	5.25E-07	morenico
108+776	XA202G157	41.00-42.00	9.20E-07	morenico
108+776	XA202G157	47.00-48.00	6.39E-07	morenico
108+892	3SC500	12,8-13,4	9.00E-07	morenico
108+892	3SC500	17,5-18,3	5.31E-06	morenico
108+892	3SC500	22,3-23,0	5.30E-06	morenico
108+892	3SC500	27,4-28,0	6.96E-07	morenico
108+892	3SC500	32,6-33,4	8.68E-07	morenico
108+892	3SC500	37,2-38,0	1.80E-05	morenico
108+892	3SC500	40,5-41,3	1.28E-06	morenico
108+892	3SC500	47,9-48,6	1.40E-05	morenico
108+892	3SC500	52,0-52,7	2.70E-06	morenico
108+959	DS605	13,0-13,5	non misurabile	morenico
108+959	DS605	18,6-20,0	8.78E-09	morenico
108+959	DS605	25,3-26,7	1.20E-08	morenico
109+015	AA202G158	20.00-21.00	7.05E-06	morenico
109+015	AA202G158	26.00-27.00	1.06E-05	morenico
109+377	3SS070	29.80-30.40	6.26E-07	morenico
109+377	3SS070	39,4-40,0	non misurabile	morenico
110+536	DS159	16,0-16,5	da calcolare	morenico
110+536	DS159	23,0-23,5	da calcolare	morenico
110+542	XA202G163	5.00-6.00	1.73E-06	morenico
110+542	XA202G163	10.50-11.50	1.87E-06	morenico
110+545	3SS073	14.30-15.00	1.28E-05	morenico

Tabella 4: valori di conducibilità idraulica misurati, in foro di sondaggio, nella campagna geognostica

Come ulteriore approfondimento si forniscono i valori statistici relativi all'intera distribuzione di valori di conducibilità idraulica eseguiti, in foro di sondaggio, nel territorio interessato dallo scavo della Galleria di Lonato.

Media	Mediana	Max	Min	Dev St
3.69E-04	6.14E-06	2.40E-02	8.78E-09	2.58E-03

a) valori statistici relativi all'intera distribuzione di dati

Media	Mediana	Max	Min	Dev St
5.00E-04	1.25E-05	2.40E-02	5.63E-08	3.01E-03

b) valori statistici relativi alla distribuzione dei soli dati relativi ai depositi fluvioglaciali

Media	Mediana	Max	Min	Dev St
3.48E-06	1.28E-06	1.80E-05	8.78E-09	4.68E-06

c) valori statistici relativi alla distribuzione dei soli dati relativi ai depositi morenici

Tabella 5: valori di conducibilità idraulica misurati, elaborazioni.

La *Carta della Permeabilità Superficiale* alla scala 1:10000 predisposta nell'ambito del Progetto Definitivo illustra a livello territoriale quanto ora detto. Nella figura che segue (fig. 4) viene proposto uno stralcio di detta cartografia.

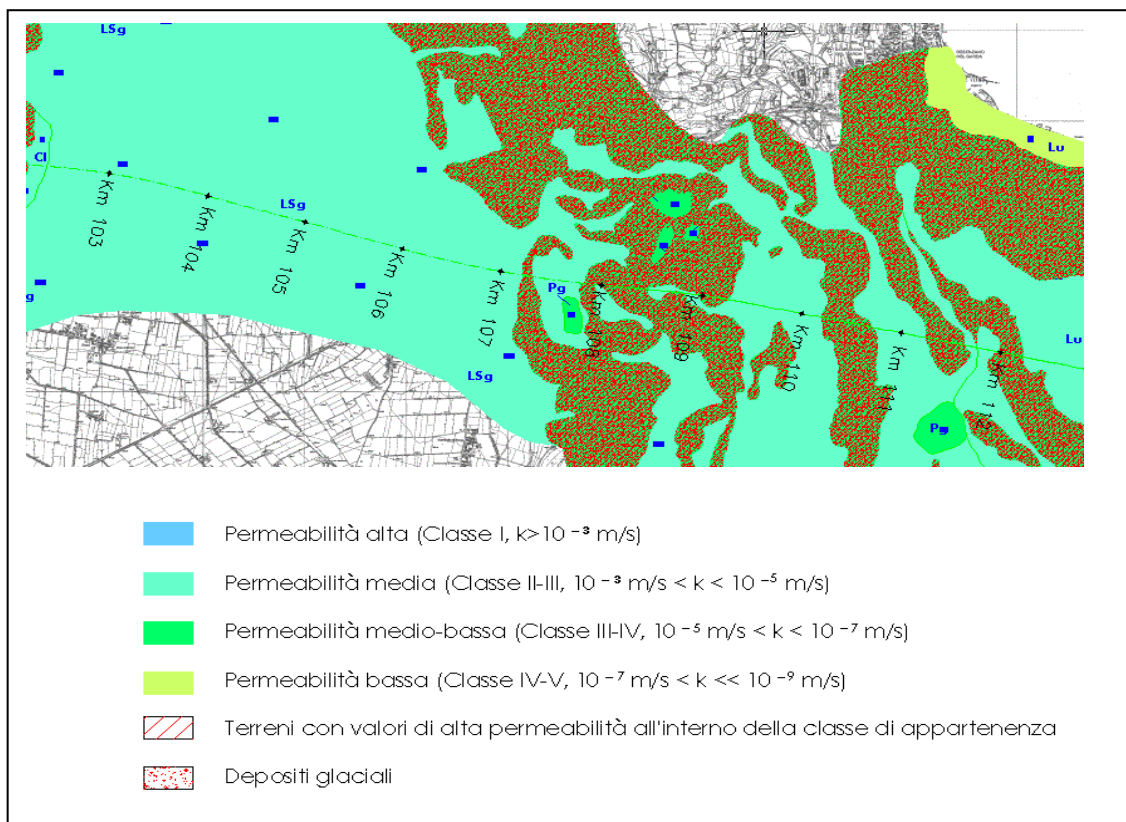


Figura 4: carta della permeabilità superficiale, stralcio.

4.3 Andamento della falda

Per una più approfondita conoscenza dell'assetto idrogeologico dell'anfiteatro morenico sono state eseguite 3 campagne d'indagine nel periodo compreso tra il 1991 e il 2004.

Nel corso della prima campagna d'indagine, svolta nel periodo 1991-1992, sono stati realizzati 15 piezometri (di cui 4 mai entrati in funzione). Le letture piezometriche sono state eseguite dal 18 giugno al 5 agosto 1992 e dal 31 agosto al 25 settembre 1992 con una cadenza circa settimanale.

Nel corso della seconda campagna d'indagine, svolta nel 2001-2002, le letture piezometriche sono state eseguite, con una cadenza circa bisettimanale, dal marzo del 2002 all'agosto del

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2RGGE0001004

Rev.
1

Foglio
25di69

2002. I piezometri posati nei sondaggi S4 e S5 sono stati invece monitorati dal luglio 2002 al dicembre 2002 con cadenza settimanale.

Le risultanze delle letture consentono di affermare che non si riconosce un mese durante cui si registri, con una frequenza marcatamente dominante, la soggiacenza massima. Sono i mesi estivi, comunque, a registrare, con maggior frequenza, i picchi di massima soggiacenza. Questa realtà si può ben correlare con la distribuzione mensile delle precipitazioni meteoriche, che vedono un minimo proprio in estate. Analogamente non si riconosce un mese durante cui si registri, con una frequenza marcatamente dominante, la soggiacenza minima. Un massimo relativo (5 misure su 14) si registra in aprile, ma rimangono ben rappresentati anche marzo (3 misure) e maggio (3 misure). Si può concludere, in sintesi, che sono i mesi primaverili quelli caratterizzati dalla soggiacenza mediamente minore, realtà che si può ben correlare con la distribuzione mensile delle precipitazioni meteoriche, che vedono un massimo proprio in primavera.

Le considerazioni fatte, è necessario ricordarlo, sono relative all'intervallo di tempo (6 mesi) durante il quale sono state eseguite le misure.

Nel corso della terza campagna d'indagine, svolta nel 2004, sono stati realizzati 18 piezometri; le letture, anche per 13 piezometri installati durante la campagna 2002, sono state acquisite fino al mese di agosto 2005.

L'analisi globale di tutte le misure piezometriche eseguite, sembra evidenziare la complessità nell'assetto idrogeologico caratteristico dell'Anfiteatro Morenico del Garda. L'estrema variabilità nella distribuzione dei valori piezometrici massimi registrati nelle diverse verticali dei sondaggi rende difficoltoso se non impossibile tracciare una superficie piezometrica continua lungo tutta la sezione geologica; ciò potrebbe spiegarsi con la presenza di corpi acquiferi complessi, il cui grado di interdipendenza, difficilmente interpretabile, sia regolato dalla variabilità da punto a punto dei coefficienti di permeabilità. Sembrano inoltre presenti dei corpi acquiferi più superficiali, che alimentano i fontanili presenti nell'area oggetto di studio. E' probabile, anche se tale ipotesi non è dimostrata da dati oggettivi, che si tratti di falde sospese o sostenute, non comunicanti con gli acquiferi più profondi.

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2RGGE0001004

Rev.
1

Foglio
26di69

Sulla base di tutti i dati raccolti è stata ricostruita una sezione geologica ed idrogeologica in scala 1:5.000/1:500, del territorio interessato dallo scavo della Galleria di Lonato (doc. rif. IN0500DE2F5GE00010182)

A favore di sicurezza si è scelto, per ognuno dei piezometri utilizzati per l'elaborazione del profilo idrogeologico, di inserire il valore di minima e massima di soggiacenza registrato nelle varie campagne di misura. Questa scelta è determinata dalla necessità di valutare i massimi carichi idraulici potenzialmente gravanti sulle opere in progetto e le oscillazioni stagionali della falda.

Nella descrizione della sezione geologica e idrogeologica sono stati posti in evidenza cinque tratti principali caratterizzati da una certa omogeneità morfologica e litologica, associata ad un affine assetto idrogeologico e distribuzione del livello di falda.

Il primo tratto omogeneo si sviluppa nella piana fluvioglaciale compresa tra Cascina Faccendina (pk 104+350 circa) e la base dei cordoni morenici (pk 107+800 circa). In questa zona i terreni attraversati sono piuttosto uniformi, di origine fluvioglaciale, costituiti prevalentemente da ghiaia sabbiosa limosa e contraddistinti da permeabilità media ($k = 1.48 \times 10^{-4}$). I piezometri di monitoraggio posti in opera in quest'area rispondono in modo non completamente univoco; alcuni di essi (S4-XA202B144, 3SC075, S8-XA202G148, S10-XA202G150, S11-XA202G151, 3SC300/I e III cella casagrande) indicano sempre assenza di falda; in altri (S3-XAB143, S5-XA202B145, S6-XA202B146, S5, S12-XA202G152, S13-XA202G153, S14-XA202G154) sono state registrate delle letture in progressivo abbassamento, probabilmente indicanti una posizione più profonda della falda; in altri ancora (3SC067, S7-XA202B147 e S9-XA202G149, 3SC300/II cella casagrande, 3SC068) è sempre evidente la presenza di acqua. Nella sezione il livello di falda è stato disegnato unendo la minima soggiacenza registrata nei piezometri (non sono stati presi in considerazione i livelli piezometrici rilevati a quote inferiori ai tratti finestrati, in quanto considerati come ospitanti acque residue di sondaggio). La tavola d'acqua si attesta in linea di massima a quote comprese tra 107 e 130 m s.l.m. La presenza di falda nei piezometri 3SC300 e 3SC067 a quote superiori è stata interpretata come falda sospesa o sostenuta ospitata in lenti di terreno a maggiore permeabilità rispetto a quella dei depositi circostanti. Nella sezione si è scelto comunque di riportare tutti i livelli rappresentativi della minima e massima soggiacenza.



Un'informazione interessante ci viene dall'analisi delle caratteristiche di un pozzo per approvvigionamento idrico (codice W0618 – vedi Carta Ubicazione Punti d'acqua alla scala 1:10000 –doc. rif. IN0500DE2N4GE00020290÷20420) dal quale risulta che il primo tratto filtrante, con tutta probabilità posto in corrispondenza del primo acquifero sfruttabile, si attesta ad una quota di 86 m s.l.m. Il livello statico della falda non è aggiornato e risale all'anno di esecuzione (probabilmente nei primi anni '80).

Il secondo tratto considerato si sviluppa sotto il cordone morenico, tra le progressive pk 107+800 e pk 108+500. In questa zona la galleria attraversa i depositi fluvioglaciali. Nella sezione si sono indicate due possibili ipotesi sull'andamento della falda:

- nella prima si ipotizza un progressivo innalzamento della tavola d'acqua da 107 m s.l.m. (3SC068) fino a raggiungere una quota di circa 140 m s.l.m. (S16-XA202G156), ciò appare però in contrasto con le letture relative alla cella più profonda del piezometro casagrande 3SC400, che risulta sempre asciutta;
- la seconda ipotesi prevede un livello di falda costante tra 105 e 107 m s.l.m., con presenza di falde sospese o sostenute in lenti di terreni a maggiore permeabilità rispetto a quella dei depositi circostanti. In tale ottica trova giustificazione la presenza d'acqua nel piezometro S16XA202G156 alla quota di circa 140 m s.l.m.

Il terzo tratto considerato si sviluppa al di sotto dei cordoni morenici, tra le progressive pk 108+500 e pk 109+250. E' litologicamente costituito da depositi glaciali, glaciolacustri e fluvioglaciali che si alternano in rapporti di eteropia sindeposizionale. I rapporti stratigrafici appaiono piuttosto complessi, sembra tuttavia plausibile ipotizzare l'esistenza di lenti di depositi fluvioglaciali, variamente intercomunicanti tra loro, che costituiscono un reticolo drenante posto all'interno del cordone morenico. L'ipotesi sembra avvalorata dal diverso comportamento dei piezometri filtranti all'interno dei depositi morenici s.s. rispetto a quelli filtranti nei depositi fluvioglaciali: nei primi non viene rilevata presenza di acqua a causa dei bassi valori di permeabilità, nei secondi viene sempre segnalata la presenza di falda, il più delle volte in pressione. I massimi battenti registrati rispetto al piano ferro sono di circa 43 metri sulla verticale del sondaggio 3SC069 e di circa 50 m sulla verticale del sondaggio S17-XA202G157.

Si è scelto di non tracciare una superficie di falda. Nella sezione è riportato il livello di minima e massima soggiacenza della falda rilevata nei numerosi piezometri presenti nell'area.

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2RGGE0001004

Rev.
1

Foglio
28di69

Il quarto tratto, compreso tra le pk 109+250 e pk 110+700 è costituito da depositi morenici incisi da scaricatori glaciali. I limiti fra depositi glaciali e fluvioglaciali sono probabilmente erosivi piuttosto che eteropici. Sul profilo è stata tracciata la superficie del supposto primo acquifero, unendo i livelli di minima soggiacenza registrati durante le campagne di monitoraggio. La superficie piezometrica, frutto di un attendibile correlazione dei livelli piezometrici misurati nelle verticali disponibili, è rappresentata con una linea continua all'interno dei depositi fluvioglaciali, sicura sede di un acquifero, mentre non è stata disegnata in corrispondenza dei cordoni morenici, dove l'interpretazione risulta essere meno certa. All'interno del cordone morenico i piezometri che intercettano lenti di depositi fluvioglaciali indicano presenza di falda in pressione con superficie piezometrica a circa 108 m s.l.m., quindi 4-5 m sopra il piano ferro. L'acquifero presente nei depositi fluvioglaciali appare separato da quello più profondo, captato dai pozzi di approvvigionamento idrico, da un acquitrando costituito da depositi glaciolacustri.

Il quinto tratto, compreso tra le progressive pk 110+700 e pk 112+711 si sviluppa inizialmente nei depositi fluvioglaciali (fino a pk 111+350), e successivamente nei depositi glaciali, appartenenti all'Allogruppo di Lonato e S. Giorgio fino alla pk 111+780 circa, ed all'Allogruppo di Lugana da tale progressiva in poi. Sul profilo è stata tracciata la superficie della falda, unendo i livelli di minima soggiacenza registrati durante le campagne di monitoraggio. La superficie piezometrica, frutto di un attendibile correlazione, sia attesta tra quote di 96m s.l.m. e 104 m s.l.m. circa. In corrispondenza del cordone morenico viene evidenziato un innalzamento del livello piezometrico, giungendo a lambire il piano ferro per un breve tratto.

5. BILANCIO IDROLOGICO

I dati pluviometrici e termometrici da utilizzare per la formulazione del bilancio idrologico in oggetto, fanno riferimento alle registrazioni ottenute dalla stazione meteorologica di Peschiera del Garda. Questi, già rielaborati nella Relazione Idrogeologica (doc. rif. IN0500DE2RGGE00020010) allegata al Progetto Definitivo, vengono di seguito richiamati in modo sintetico.

Stazione meteorologica di Peschiera del Garda	
Precipitazione media annua (mm/anno)	778,9
Precipitazione annua minima (mm/anno)	323
Precipitazione annua massima (mm/anno)	1387
Mese mediamente più piovoso	maggio, con 85.7 mm/mese
Mese mediamente meno piovoso	febbraio, con 47.2 mm/mese
Temperatura media annua (°C)	13,6
Mese mediamente più freddo	gennaio, con 3,0 °C
Mese mediamente più caldo	luglio, con 24°C

Tabella 6: sintesi dei principali parametri pluvio – termometrici relativi alla stazione di Peschiera del Garda, e riferiti al periodo di tempo 1921-1986.

Il bilancio idrologico di un bacino è riassunto, in sintesi, dalla relazione (5.1):

$$P = E_{TR} + Q_P + I_P \quad (5.1)$$

dove:

P = precipitazioni

E_{TR} = evapotraspirazione

Q_P = ruscellamento superficiale potenziale

I_P = infiltrazione potenziale

Dal valore di infiltrazione potenziale I_p così ottenuto è possibile, nota la quantità d'acqua che si preleva dai pozzi, dalle sorgenti e dai fontanili presenti sul territorio, quantificare l'acqua che rimane a disposizione per le riserve idriche profonde.

Per il calcolo dell'Evapotraspirazione E_{TR} è possibile adottare due differenti procedure.

1) Calcolo dell'evapotraspirazione, metodo di **Coutagne (1956)**

Per il calcolo dell'evapotraspirazione reale si applica la relazione:

$$E_{TR} = P - \lambda P^2 \quad (5.2)^1$$

dove:

E_{TR} = evapotraspirazione reale (m/a)

P = precipitazioni (m/a)

$\lambda = 1 / (0.8 + 0.14 T)$

T = temperatura media annua (°C)

I valori mensili di evapotraspirazione ottenuti per l'area in esame, sono riassunti nella tabella seguente (tab. 7).

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	ANNO
P media (mm/mese)	50.5	47.2	57.4	66.7	85.7	72.5	61.7	66	64.5	76.6	77.6	54.3	780
T media (°C)	3	4,9	8,9	13,2	17,3	21,4	24	23,3	19,8	14,4	8,7	4,3	
λ	0,82	0,67	0,49	0,38	0,31	0,26	0,24	0,25	0,28	0,36	0,50	0,71	
E_{tr} (mm/mese)	48,41	45,70	55,79	65,02	83,42	71,12	60,78	64,93	63,34	74,61	74,62	52,20	759,93

Tabella 7: valori di evapotraspirazione mensile ed annua (metodo di Coutagne).

Applicando la formula di Coutagne, quindi, si ottiene un valore di evapotraspirazione reale di:

$$E_{TR} = 759,93 \text{ mm/anno}$$

¹ Formula di Coutagne, valida solo se $1/8 \lambda < P < 1/\lambda$

Il valore così ottenuto, pari al 97% del quantitativo d'acqua totale precipitata sul bacino, sembra decisamente sovrastimare il contributo dell'evapotraspirazione nel computo del bilancio idrico in esame.

2) Calcolo dell'evapotraspirazione, metodo di Turc (1954)

Per il calcolo dell'evapotraspirazione reale si applica la relazione:

$$E_{TR} = P / \sqrt{[0,9 + (P^2 / L^2)]} \quad (5.3)$$

dove:

E_{TR} = evapotraspirazione reale (mm/a)

P = precipitazioni (mm/a)

L = $300 + 25T_i + 0.05T_i^3$

T_i = temperatura media dell' i-esimo mese

I valori mensili di evapotraspirazione ottenuti per l'area in esame, sono riassunti nella tabella seguente (tab. 8).

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	ANNO
P media (mm/mese)	50,5	47,2	57,4	66,7	85,7	72,5	61,7	66	64,5	76,7	77,6	54,3	780,80
T media (°C)	3	4,9	8,9	13,2	17,3	21,4	24	23,3	19,8	14,4	8,7	4,3	
L	376,35	428,38	557,75	745,00	991,39	1325	1591,2	1514,9	1183,1	809,3	550,43	411,48	
E_{tr} (mm/mese)	52,71	49,42	60,15	70,00	89,96	76,29	64,98	69,50	67,88	80,45	80,91	56,69	818,94

Tabella 8: valori di evapotraspirazione mensile ed annua (metodo di Turc).

Il valore annuo di evapotraspirazione reale E_{TR} così ottenuto, in realtà, non tenendo conto di numerosi parametri (umidità del suolo, tipo di copertura etc), tende a sovrastimare il reale valore di E_{TR} .

E' stato dimostrato, infatti, che il tasso di evapotraspirazione, a parità di condizioni pedologiche e climatiche, dipende dal grado di umidità esistente al suolo, ovvero dalle precipitazioni. Sulla base di queste considerazioni, nella formula di Turc

proposta (5.3), la temperatura media dell'aria viene corretta in funzione della piovosità.

Il valore di *temperatura corretta* è dato dalla:

$$T_c = (\sum P_i \times T_i) / \sum P_i$$

dove:

P_i = precipitazione media dell' i-esimo mese

T_i = temperatura media dell' i-esimo mese

Introducendo questo valore nella formula per il calcolo del parametro "L" ($L = 300 + 25T_c + 0.05T_c^3$) e nella (5.3), si ottiene un valore di evapotraspirazione reale corretta di:

$$E_{TR} = 573,6 \text{ mm/anno}$$

L'evapotraspirazione rappresenta, con le debite approssimazioni, il quantitativo d'acqua in uscita da un sistema idrologico. A favore di sicurezza, si è scelto di considerare come maggiormente attendibile il valore di E_{TR} corretta ottenuto applicando il metodo di Turc ($E_{TR} = 573,6 \text{ mm/anno}$).

In base a queste considerazioni si può concludere che il 73,5 % circa delle acque in precipitazione meteorica, si perde per evapotraspirazione.

Il bilancio idrologico del bacino di interesse, quindi, si ottiene dalla:

$$P = E_{TR} + Q_P + I_P$$

dove:

P = precipitazione media annua (778,9 mm/anno)

E_{TR} = evapotraspirazione (573,6 mm/anno)

Q_P = ruscellamento superficiale potenziale

I_P = infiltrazione potenziale



Il quantitativo d'acqua effettivamente a disposizione per l'area di interesse, quindi, si ottiene sottraendo il valore di evapotraspirazione reale dal contributo fornito dalle precipitazioni:

$$Q_P + I_P = P - E_{TR}$$

$$Q_P + I_P = 205,3 \text{ mm/anno} = D \text{ (deflusso idrico totale)}$$

Di questo quantitativo, una parte sarà persa per ruscellamento superficiale (Q_P), il rimanente (I_P) andrà effettivamente ad alimentare le riserve idriche sotterranee.

$$I_P = P - E_{TR} - Q_P \quad (5.4)$$

Non potendo, in questa fase, quantificare il reale quantitativo d'acqua perso per ruscellamento superficiale, il quantitativo di acqua I_P stimato per la circolazione idrica profonda si ottiene dalla:

$$I_P = c.i.p. (\%) \times D / 100 \quad (5.5)$$

dove:

c.i.p. (%)=coefficiente di infiltrazione potenziale

D = deflusso idrico totale

Per il calcolo del coefficiente di infiltrazione potenziale, è stato necessario prendere in considerazione i seguenti aspetti:

- la distribuzione della permeabilità superficiale
- l'uso del suolo
- l'acclività dei versanti interessati

In particolare, nella scelta dei valori da assegnare, si è tenuto conto dei seguenti aspetti:



- ad una permeabilità superficiale maggiore corrisponde un coefficiente di infiltrazione potenziale maggiore;
- ad un'acclività maggiore corrisponde un coefficiente di infiltrazione potenziale minore;
- le coperture che limitano l'infiltrazione delle acque nel suolo sono il prato e il bosco (in grado di intercettare la maggior parte delle acque in precipitazione meteorica).

Per i terreni affioranti nell'area in oggetto si è scelto (sulla base di quanto introdotto da Celico, 1988), un coefficiente di infiltrazione potenziale c.i.p. del 70% (valore da considerarsi a totale favore di sicurezza).

Introducendo questo valore nella (5.5), si ottiene un valore di infiltrazione potenziale I_p di:

$$I_p = 143,71 \text{ mm/anno}$$

Il valore di infiltrazione potenziale così ottenuto dovrebbe rappresentare il quantitativo d'acqua a disposizione per la circolazione idrica profonda.

Non potendo quantificare le reali portate in uscita dal sistema per emungimento (i pozzi attivi in questi settori, captano acquiferi diversi), il valore di infiltrazione potenziale così ottenuto non può che sovrastimare il reale quantitativo d'acqua a disposizione per la circolazione idrica profonda.



6. APPROFONDIMENTI

6.1 Rilevamenti caratteristiche chimico-fisiche delle acque

Per meglio definire le caratteristiche degli acquiferi potenzialmente interessati dallo scavo della Galleria di Lonato, è stata programmata ed eseguita (nel giugno del 2004) una fase di rilevamento per la determinazione delle principali proprietà chimico - fisiche delle acque profonde in circolazione in questi settori. La definizione delle proprietà chimico – fisiche fornisce anche un valido strumento per la definizione della dinamica delle acque in circolazione sotterranea.

La descrizione chimico-fisica delle acque è stata raggiunta mediante l'analisi di questi parametri:

- **temperatura dell'acqua e dell'aria:** è determinata con un termometro digitale, l'unità di misura sono i gradi centigradi (°C), l'accuratezza dello strumento è di +/- 0.1°C;
- **il pH:** è determinato con un pHmetro, è espresso da un numero puro e lo strumento presenta un'accuratezza di +/- 0.01;
- **il potenziale Redox:** è determinato con un analizzatore, l'unità di misura è il millivolt (mV), l'accuratezza dello strumento è +/- 0.2 mV;
- **la conducibilità elettrica:** è determinata con un conduttimetro, l'unità di misura è il $\mu\text{S}/\text{cm}$, l'accuratezza è dello 0.1 %;
- **l'ossigeno disciolto:** è determinata con un ossimetro, l'unità di misura è il mg/l, l'accuratezza è del 1.5%.

Nella tabella che segue (tab. 9) sono presentate le misure eseguite.

SIGLA	Soggiacenza	T aria °C	T acqua °C	pH	Redox mV	Conducibilità µS/cm	Ossigeno disciolto mg/l
S1GL	15,32	28	18,1	6,82	208	834	5,65
S2GL	14,63	28	19,5	7,19	238	643	5,4
S3GL	20,74	27	19,5	7,24	171	779	5,41
S4GL	32,4	32	17,4	7,03	218	882	5,41
S5GL	17,42	27	18,4	7,12	186	780	5,35
S7GL	4,80	25	16	7,13	162	1245	3,04
S8GL	1,27	24	17,6	7,12	158	843	1,84
S9GL	31,2	26	17,9	7,16	203	734	5,79
S10GL	9,30	27	15,7	7,24	145	800	4,73
S11GL	0,28	29	17,8	7,17	131	828	1,93
S12GL	1,80	29	15,5	7,28	158	835	2,2

Tabella 9: parametri chimico – fisici misurati nei piezometri di controllo

I diagrammi che seguono (fig. 5) sintetizzano questi concetti.

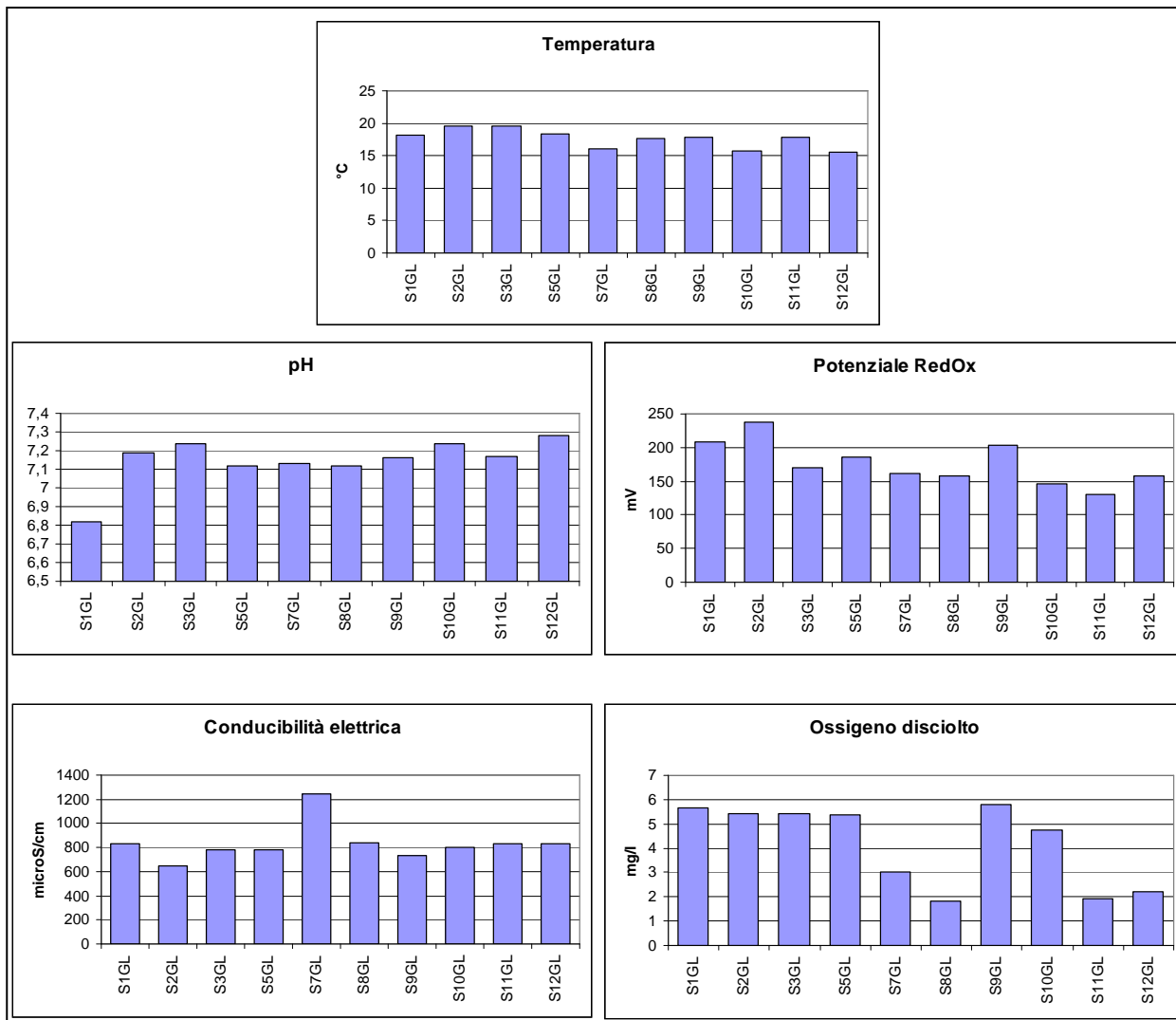


Figura 5: distribuzione delle misure chimico – fisiche eseguite

La qualità delle acque monitorate, in buona approssimazione, sembra distribuirsi su valori piuttosto omogenei. L'analisi delle misure eseguite, in pratica, sembra confermare l'esistenza di un unico sistema acquifero, o comunque l'esistenza di sistemi acquiferi tra di loro accomunati da una dinamica e da un'alimentazione del tutto confrontabile.

E' interessante segnalare come i soli valori di ossigeno disciolto relativamente ridotti (inferiori ai 2 mg/l), in contrasto con la distribuzione media registrata negli altri punti di misura, siano stati misurati nei soli piezometri intestati in *falda sostenuta* (e caratterizzati da bassi valori di soggiacenza). Questa realtà sembrerebbe confermare la locale esistenza delle *falde sospese*, rappresentate da un "ristagno" di acque isolate in tasche a granulometria maggiore all'interno di orizzonti meno permeabili.

6.2 Censimento dei massi erratici e affioramenti

Sono stati compiuti dei sopralluoghi finalizzati alla ricerca di massi erratici presenti lungo il tracciato previsto per la Galleria di Lonato.

La ricerca ha interessato una fascia di territorio ampia 500 m posta a nord del tracciato in progetto ed una fascia altrettanto ampia ubicata a sud, corrispondente quindi a circa 8 km² complessivi.

L'ubicazione di ogni masso individuato è stata riportata in carta (doc. rif. IN0500DE2G5GE00010011) tramite apposita simbologia e ne sono state valutate, in via speditiva, natura petrografica e dimensioni.

Il lavoro è stato caratterizzato dalle seguenti fasi operative:

1. rilievo di scavi (censimento dei massi erratici rinvenuti all'interno di scavi - cantieri edili);
2. rilievi di superficie (indicazione topografica di aree in cui sono stati rinvenuti i **massi in affioramento**);
3. rilievo dei fronti di cava o di affioramenti;
4. misurazione delle **dimensioni dei massi erratici** (asse maggiore L1, asse minore L2 e asse intermedio L3) affioranti in superficie.

Al fine di organizzare al meglio la ricerca degli erratici, sono state osservate le foto aeree a colori dell'area da investigare e, considerato l'elevato grado di antropizzazione dell'area, è stato previsto di rinvenire gli eventuali trovanti ai margini dei terreni coltivati ed in corrispondenza dei principali rilievi, parzialmente tenuti a bosco.

Il rilevamento effettuato ha permesso di verificare la bontà di questa previsione in quanto la maggior parte dei massi è stata rinvenuta ai bordi delle strade, ai piedi di terrazzi antropici ed ai margini dei boschi; questi ultimi in particolare sono caratterizzati da scarsi ritrovamenti di erratici in quanto soggetti a continue cure e pulizie.

Osservando i dati raccolti e dovendo fornire una stima approssimativa sulla distribuzione degli erratici nell'area indagata, si può affermare che oltre il 60% degli erratici rilevati sono dislocati nella fascia posta a monte del tracciato in progetto; di questi, gran parte (70% circa) sono situati nel settore delimitato dalla frazione San Cipriano ad ovest e dalla Cascina Venga ad est.



Al fine di ottenere dati quanto più precisi possibile, i massi erratici individuati sono stati ordinati all'interno di tre differenti classi dimensionali:

- Classe A: da 50 cm ad 1 m di diametro massimo
- Classe B: da 1m a 1.5 m di diametro massimo
- Classe C: superiore a 1.5 m di diametro massimo

Per implementare la qualità e la quantità dei dati a disposizione è stato effettuato inoltre un attento sopralluogo, mirato alla ricerca di scavi di dimensioni significative eventualmente presenti nel territorio di interesse. Sono stati individuati due scavi di dimensioni significative ("Scavo A" e "Scavo B" in doc. rif. IN0500DE2G5GE00010011), rappresentati da due cantieri edili in fase di realizzazione e ubicati a breve distanza dall'asse della galleria.

Scavo A: all'interno di questo scavo (Prog. 108+800, Fuori Asse 250 m N), che ha un volume di 3600 m³, sono stati misurati i massi erratici di dimensioni maggiori di 50 cm. Quest'analisi ha permesso di contare 7 massi nello scavo, pari a 19 massi / 10000 m³ di materiale scavato. Lo scavo è compreso nei depositi glaciali dell'Allogruppo di Lonato e San Giorgio.

Scavo B: all'interno di questo scavo (Prog. 108+000, Fuori Asse 255 m N), che ha un volume di 13000 m³, sono stati misurati i massi erratici di dimensioni maggiori di 50 cm. Quest'analisi ha permesso di contare 25 massi nello scavo, pari a 19 massi / 10000 m³ di materiale scavato. Lo scavo è compreso nei depositi fluvioglaciali dell'Allogruppo di Lonato e San Giorgio.

Sono stati inoltre censiti i fronti di cava e gli affioramenti presenti nell'area investigata. Nella cartografia allegata (doc. rif. IN0500DE2G5GE00010011) sono ubicati i 21 affioramenti censiti. Si tratta, in genere, di depositi relativi alle unità quaternarie attraversate, generalmente ubicati lungo i tagli stradali, per lo più con scarsa continuità laterale.

Ci sembra importante segnalare l'affioramento ubicato in prossimità della progressiva 109+550 circa (affioramento 21), dove sono stati rilevati dei trovanti di notevoli dimensioni, inseriti nei depositi fluvioglaciali dell'Allogruppo di Lonato. Tale informazione risulta essere estremamente importante, poiché conferma la tesi che anche nei depositi fluvioglaciali, soprattutto presso le



zone marginali, a contatto con i cordoni morenici, è possibile incontrare dei massi erratici, anche di notevoli dimensioni.

Natura petrografica e dimensioni dei massi censiti

L1	L2	L3	Litologie
62	18	40	Sed. terrig.
50	40	48	Sed. terrig.
96	45	59	Sed. terrig.
52	35	37	Metamorf.
91	52	56	Sed. terrig.
77	42	65	Sed. carbo.
76	41	65	Sed. carbo.
50	40	42	Sed. carbo.
69	29	46	Sed. terrig.
58	28	52	Sed. terrig.
101	80	98	Sed. terrig.
43	33	40	Sed. terrig.
61	42	53	Sed. terrig.
72	38	66	Metamorf.
210	107	200	Sed. carbo.
240	78	200	Sed. terrig.
285	130	175	Metamorf.
90	38	67	Sed. carbo.
100	69	80	Sed. carbo.
175	140	154	Sed. carbo.
200	168	188	Sed. carbo.
160	110	140	Sed. terrig.
170	110	135	Sed. terrig.
110	60	100	Sed. terrig.
120	88	110	Sed. carbo.
108	98	105	Sed. carbo.
270	98	230	Sed. carbo.
117	64	77	Sed. terrig.
98	59	80	Sed. carbo.
130	56	82	Sed. carbo.
220	110	135	Sed. terrig.
133	101	110	Metamorf.
190	130	160	Sed. terrig.
185	60	130	Sed. terrig.
180	80	90	Sed. carbo.
78	38	42	Sed. carbo.
55	42	48	Sed. carbo.
110	76	80	Sed. terrig.
125	60	110	Sed. carbo.
185	85	140	Sed. carbo.
230	53	135	Sed. carbo.
140	80	100	Sed. terrig.
185	40	115	Sed. terrig.
104	75	90	Sed. carbo.
178	62	112	Sed. carbo.
154	28	130	Sed. carbo.
100	22	95	Sed. carbo.

L1	L2	L3	Litologie
136	127	131	Sed. carbo.
115	50	105	Sed. carbo.
220	82	120	Sed. carbo.
90	47	76	Sed. carbo.
85	36	80	Sed. terrig.
166	66	110	Sed. terrig.
150	78	126	Sed. carbo.
96	32	50	Sed. terrig.
86	49	81	Sed. terrig.
112	46	110	Sed. carbo.
130	70	93	Sed. terrig.
126	62	88	Sed. terrig.
136	38	129	Vulcaniche
90	37	57	Vulcaniche
104	42	59	Sed. terrig.
102	72	97	Sed. terrig.
64	40	46	Sed. terrig.
159	102	134	Sed. terrig.
75	49	66	Sed. terrig.
102	54	68	Sed. terrig.
94	56	70	Sed. terrig.
80	40	45	Sed. carbo.
180	60	76	Vulcaniche
60	40	58	Sed. terrig.
139	60	116	Vulcaniche
144	70	122	Sed. carbo.
149	70	105	Sed. terrig.
86	37	40	Sed. carbo.
90	22	47	Sed. carbo.
147	79	96	Sed. carbo.
95	88	91	Metamorf.
60	35	42	Sed. carbo.
110	61	86	Sed. carbo.
78	40	50	Vulcaniche
60	29	56	Sed. carbo.
56	32	45	Sed. terrig.
62	25	50	Vulcaniche
90	50	83	Vulcaniche
99	62	65	Sed. carbo.
110	39	72	Sed. carbo.
72	43	64	Sed. carbo.
80	33	53	Sed. carbo.
82	30	70	Sed. carbo.
90	70	83	Sed. carbo.
90	62	64	Sed. carbo.
80	34	72	Sed. carbo.
80	60	64	Sed. terrig.



Doc. N.

Progetto
IN05Lotto
00Codifica Documento
DE2RGGE0001004Rev.
1Foglio
41 di 69

L1	L2	L3	Litologie
154	65	120	Sed. carbo.
58	12	48	Sed. carbo.
55	15	38	Sed. terrig.
80	32	36	Sed. carbo.
80	46	48	Sed. carbo.
45	22	36	Sed. carbo.
70	30	48	Sed. carbo.
95	42	50	Sed. terrig.
65	35	48	Sed. terrig.
62	26	60	Sed. terrig.
100	45	53	Sed. carbo.
64	44	50	Sed. carbo.
140	72	80	Sed. terrig.
152	52	78	Sed. carbo.
140	128	136	Sed. terrig.
170	32	118	Sed. terrig.
110	70	100	Sed. carbo.
134	32	62	Vulcaniche
148	96	135	Sed. terrig.
92	60	78	Vulcaniche
70	43	52	Sed. carbo.
64	56	60	Vulcaniche
48	30	40	Vulcaniche
68	32	40	Sed. terrig.
172	124	128	Sed. carbo.
80	26	40	Sed. carbo.
>490	>110	>440	Sed. carbo.
130	52	100	Sed. carbo.
160	52	80	Sed. carbo.
152	60	68	Sed. terrig.
138	48	90	Sed. terrig.
165	40	100	Sed. terrig.
164	55	106	Sed. terrig.
146	70	78	Sed. carbo.
172	50	125	Sed. carbo.
90	85	86	Sed. terrig.
70	41	68	Sed. carbo.
132	80	120	Sed. terrig.
86	60	62	Sed. carbo.
89	58	72	Sed. terrig.
63	38	54	Sed. carbo.
55	36	40	Sed. carbo.
68	33	48	Sed. carbo.
80	35	52	Vulcaniche
80	39	60	Sed. terrig.
120	64	79	Sed. carbo.
64	42	47	Sed. carbo.
79	23	42	Sed. terrig.
199	98	120	Sed. carbo.
164	46	152	Sed. terrig.
110	90	110	Sed. carbo.
179	16	124	Sed. terrig.
96	50	80	Sed. terrig.
112	70	103	Sed. carbo.
119	73	92	Sed. carbo.

L1	L2	L3	Litologie
54	21	32	Sed. carbo.
72	44	68	Sed. carbo.
74	26	62	Sed. carbo.
60	32	45	Sed. carbo.
80	26	60	Sed. carbo.
64	50	60	Sed. carbo.
80	46	75	Sed. carbo.
87	48	52	Sed. carbo.
55	36	48	Sed. terrig.
75	30	60	Sed. carbo.
76	36	48	Sed. carbo.
54	35	38	Sed. carbo.
62	35	45	Sed. carbo.
112	60	70	Sed. carbo.
80	28	46	Sed. carbo.
56	30	34	Sed. carbo.
50	28	38	Sed. carbo.
60	30	35	Sed. terrig.
84	34	62	Sed. terrig.
60	32	48	Sed. carbo.
57	34	48	Sed. terrig.
47	20	24	Sed. carbo.
60	25	29	Sed. terrig.
110	70	90	Sed. terrig.
99	59	62	Sed. terrig.
149	49	53	Sed. terrig.
135	60	95	Sed. carbo.
97	50	58	Sed. terrig.
50	44	47	Sed. carbo.
70	23	65	Sed. terrig.
45	24	26	Metamorf.
70	25	55	Sed. carbo.
50	22	40	Sed. terrig.
55	38	43	Sed. carbo.
35	12	32	Sed. terrig.
44	20	40	Sed. terrig.
56	40	50	Sed. carbo.
90	32	49	Sed. terrig.
64	18	45	Sed. carbo.
55	28	52	Vulcaniche
50	18	25	Sed. carbo.
79	42	54	Sed. terrig.
50	35	38	Vulcaniche
73	25	56	Vulcaniche
62	19	40	Sed. carbo.
70	29	40	Sed. carbo.
53	19	35	Sed. terrig.
50	25	35	Sed. terrig.
87	54	55	Sed. terrig.
105	60	75	Sed. terrig.
50	22	25	Sed. carbo.
49	39	49	Sed. terrig.
130	65	105	Sed. carbo.
110	90	100	Sed. carbo.
120	65	65	Sed. carbo.



L1	L2	L3	Litologie
161	63	150	Sed. carbo.
209	99	112	Sed. carbo.
118	24	93	Sed. terrig.
130	70	90	Sed. terrig.

L1	L2	L3	Litologie
63	60	60	Sed. carbo.
90	70	80	Metamorf.
115	75	105	Sed. terrig.
180	78	90	Sed. terrig.

Tabella 10: misure degli assi maggiore (L1), degli assi minori (L2) e degli assi intermedi (L3) di 212 massi erratici affioranti lungo l'asse della galleria. (In bianco: massi erratici rilevati in superficie; in grigio chiaro: massi erratici rilevati nello scavo A; in grigio scuro: massi erratici rilevati nello scavo B).

Considerazioni sulla natura petrografica

E' stata condotta un'analisi litologica dei massi erratici in affioramento, da cui risulta che: il 51% dei massi è costituito da rocce sedimentarie di origine carbonatica (figura 6), il 38% da rocce sedimentarie terrigene e solamente il restante 11% da rocce metamorfiche e vulcaniche.

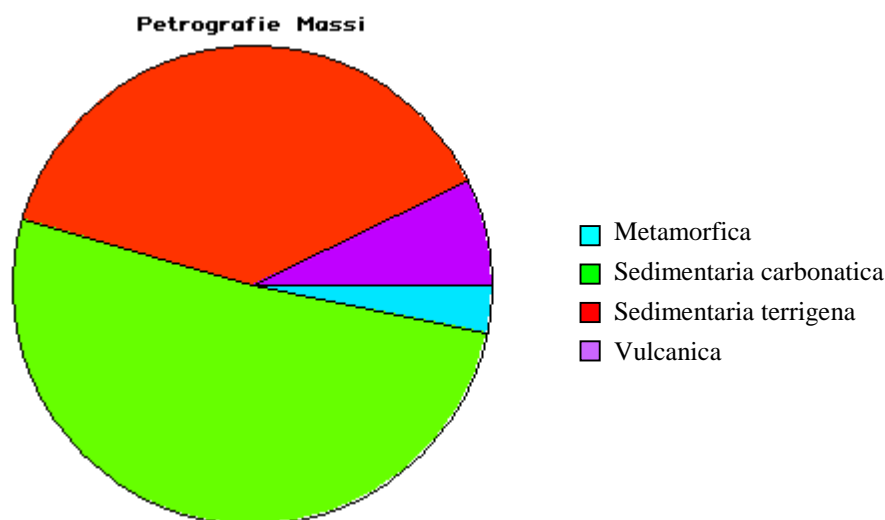


Figura 6: distribuzione delle litologie nei massi erratici in affioramento censiti.

Premesso che i dati, presentati nella carta IN0500DE2G5GE00010011 che riporta l'ubicazione sul territorio dei massi erratici censiti, devono essere utilizzati tenendo conto che l'intervento antropico ha sicuramente avuto ripercussioni tanto sulla posizione originaria dei massi erratici (vedi paragrafi precedenti) che sulle relative dimensioni (i massi sono stati utilizzati come materiale da costruzione e quindi dimensionati a seconda delle esigenze), dall'elaborazione dei dati e dalle osservazioni fatte sul terreno, si possono estrapolare le seguenti informazioni:

- i massi appartenenti alla classe A (da 50 cm ad 1 m di diametro massimo) rappresentano la percentuale più abbondante tra quelli presenti;
- la maggior parte dei massi è stata rimossa dalla posizione originaria sia per favorire la lavorazione dei terreni agricoli sia per realizzare le fondazioni delle abitazioni o degli edifici industriali;
- i massi ancora ubicati nella loro posizione originaria appartengono generalmente alla classe A;
- anche se con alcune eccezioni, i massi di dimensioni maggiori (classe C) si rinvengono in corrispondenza dei rilievi o negli immediati margini, a testimonianza della loro origine morenica;
- la natura degli erratici è prevalentemente sedimentaria (89 % dei massi cartografati);
- tra i trovanti di natura sedimentaria prevalgono quelli di natura carbonatica (51 %), mentre risultano meno abbondanti quelli di origine terrigena;
- gli erratici di altra origine (vulcanici e metamorfici) sono poco più del 11% di quelli totali.

6.3 Il condotto sotterraneo Stagno Lavagnone-Bornade di Sopra.

Tra il territorio comunale di Lonato e quello di Desenzano del Garda, è presente una condotta idraulica sotterranea che interseca l'opera oggetto di questo studio.

Le informazioni riguardanti questa condotta non sono del tutto dettagliate: non esiste una planimetria precisa, ma solo un rilevamento "a vista" eseguito dall'Associazione Speleologica Bresciana (ASB) su commissione dell'Ufficio Tecnico del Comune di Desenzano del Garda.

Questa opera idraulica mette in collegamento lo stagno paludoso del Lavagnone, presente a sud della linea A.C., con il Rio Venga, situato a nord della linea stessa ed utilizzato per la regimentazione del livello della palude.

Il cunicolo, che ha un andamento subrettilineo con azimuth di 30°, è lungo circa 800 m. Lo stesso è caratterizzato dalla presenza di numerosi pozzetti di altezza variabile da 0,5 m a 9,5 m che, dalla volta, si portano quasi in superficie, pur rimanendo sotto il terreno e quindi non visibili dall'esterno. Il cunicolo è interamente costruito con prismi di cemento e ha il soffitto a volta; le sue dimensioni medie sono di circa 0,60-0,70 m di larghezza con un'altezza nella parte iniziale, a sud, di 2,5 m che decresce costantemente fino a raggiungere un'altezza di poco inferiore al

metro nella parte terminale a nord; non si conosce l'andamento della profondità del cunicolo rispetto al piano di campagna.

Nel novembre 2001, anno dell'esplorazione da parte dell'ASB, si poteva osservare la presenza di acqua che scorreva da sud verso nord, con un livello iniziale di circa 10-15 cm che raggiungeva i 60-70 cm nella parte terminale.

L'opera idraulica intercetta la galleria ferroviaria approssimativamente alla progressiva 111+828 nel tratto terminale, previsto in artificiale.

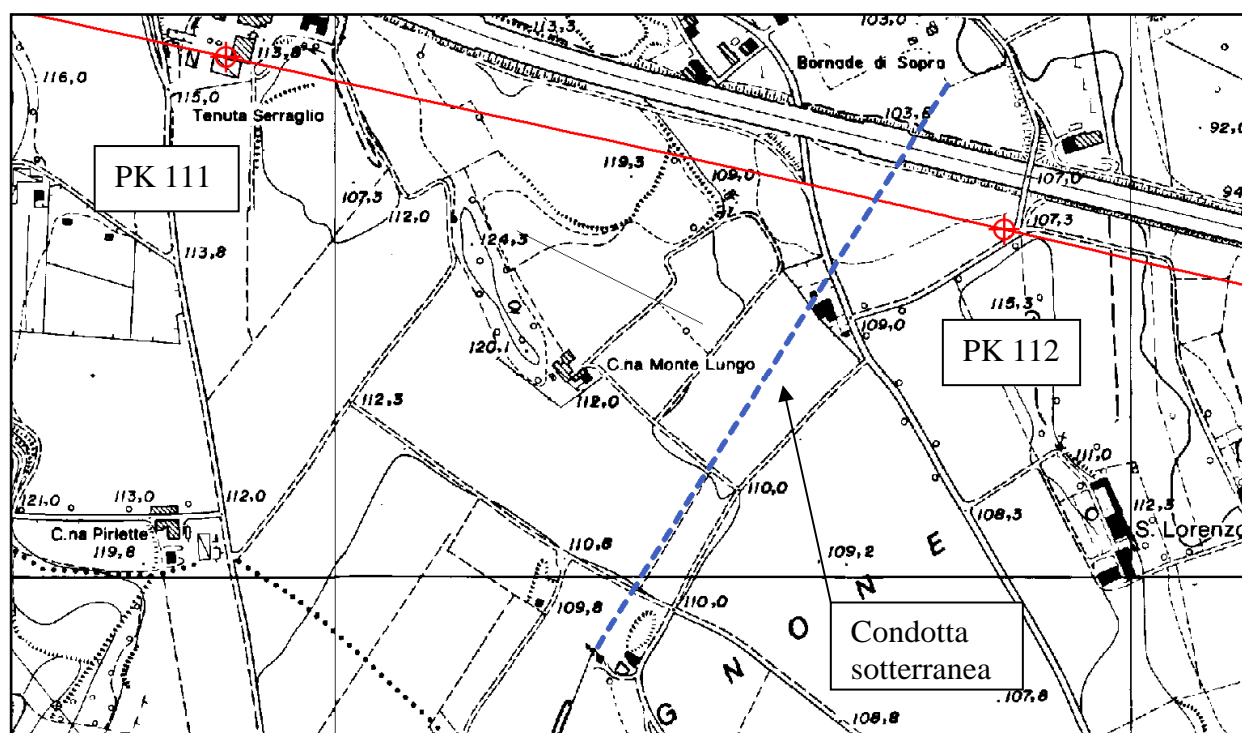


Figura 7: corografia dell'area di interesse (la linea tratteggiata rappresenta il condotto del Lavagnone).

Il punto di innesto del condotto con il Rio Venga avviene ad una quota stimabile in circa 100,0 m s.l.m.

La quota del piano campagna nel punto dove la galleria intercetta il condotto è di circa 107,00 m s.l.m.. Non è possibile ipotizzare l'altezza della volta e la presenza o meno di camini in questo punto.

Mancando un rilievo topografico di dettaglio, se ne consiglia l'esecuzione.

Siccome non esistono neppure dati di portata del condotto, si consiglia un monitoraggio per stabilirne l'effettiva portata e quindi valutare meglio le conseguenze che si potranno manifestare sia sul sistema idrologico Stagno Lavagnone – Rio Venga, che sulla stessa opera ferroviaria in progetto.

7. RACCOMANDAZIONI PROGETTUALI PER LA MITIGAZIONE DEGLI IMPATTI

Si dovranno adottare opportune soluzioni progettuali volte ad impedire che:

- a) le riserve idriche sotterranee subiscano un depauperamento;
- b) la qualità delle acque in circolazione negli acquiferi intercettati subisca delle alterazioni;
- c) l'intersezione del tracciato con il condotto del Lavagnone provochi modifiche nel sistema idrologico Stagno Lavagnone – Rio Venga.

In merito al primo punto potrà essere prevista l'adozione di opportune soluzioni progettuali in grado di minimizzare il drenaggio e quindi il depauperamento delle riserve idriche sotterranee.

Le acque eventualmente intercettate andranno smaltite con un **sistema drenante** adeguatamente dimensionato ed, all'occorrenza, riutilizzate per compensare l'eventuale impoverimento indotto nelle portate delle emergenze idriche presenti.

Per quel che riguarda il secondo aspetto, sarà necessario prevedere, in fase progettuale, tutte le soluzioni necessarie per evitare, in avanzamento, la dispersione in falda di sostanze potenzialmente inquinanti (miscela addittivanti, olii, idrocarburi etc).

Qualora il tracciato dell'opera in progetto andasse a compromettere l'efficienza della condotta sotterranea del Lavagnone, infine, sarà necessario prevedere le più opportune opere di mitigazione, se non la realizzazione, in nuova sede, di un sistema idraulico con caratteristiche del tutto analoghe all'esistente.

Come conclusione al presente documento, inoltre, si forniscono delle indicazioni per le future fasi progettuali, con particolare riferimento alle attività da prevedere in fase di progettazione esecutiva:

- a) Letture piezometriche: sarà necessario proseguire nell'acquisizione delle misure piezometriche nei piezometri installati nell'area d'interesse. Su di alcune verticali, di particolare importanza, potrà essere eventualmente previsto un sistema di monitoraggio in continuo del livello della falda;

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2RGGE0001004

Rev.
1

Foglio
46di69

b) Prove di pompaggio: si potrà procedere alla realizzazione di prove di pompaggio a portata costante finalizzate alla definizione dei parametri idrogeologici, alla verifica degli effetti di interferenza dei pozzi (indice di intercomunicazione delle falde) ed alla valutazione della possibile interferenza con lo scavo della galleria.

Il presente studio è stato redatto con la collaborazione scientifica e la supervisione del Prof. Giovanni Pietro Beretta, Università degli Studi di Milano.

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2RGGE0001004

Rev.
1

Foglio
47di69

ALLEGATO 1

DESCRIZIONE DEGLI AFFIORAMENTI E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Affioramento n° 1

Foto	Foto 1
Ubicazione	Cavalcavia a nord della località Bornade di Sotto, ai piedi del terrazzo.
Descrizione	Sabbia medio fine limosa con ghiaia di colore grigio nocciola. I clasti sono eterometrici (dimensioni variabili tra 0.5cm e 4cm, \varnothing_{modale} 1cm), da subangolosi (clasti di dimensioni minori) ad arrotondati. La porzione sommitale assume una colorazione rossastra.
Interpretazione	Deposito fluvioglaciale

Affioramento n° 2

Foto	Foto 2
Ubicazione	Strada sterrata a N del cavalcavia di Tenuta Serraglio
Descrizione	Ghiaia medio-fine a supporto di abbondante matrice costituita da sabbia fine limosa, localmente debolmente argillosa, di colore grigio chiaro. I clasti sono eterometrici (dimensioni variabili tra 0.5cm e 4cm, \varnothing_{modale} 1.5cm) e subarrotondati. Sono presenti lenti di dimensioni centimetriche costituite da ghiaia a supporto di clasti. Talora la matrice del deposito assume una colorazione rossastra dovuta a fenomeni di ossidazione.
Interpretazione	Deposito fluvioglaciale



Affioramento n° 3

Foto	Foto 3
Ubicazione	Strada in salita a S della località Menasasso
Descrizione	Ghiaia media con ciottoli a supporto al limite tra clasti e matrice. La matrice è costituita da sabbia medio fine limosa di colore grigio chiaro. I clasti sono eterometrici (dimensioni variabili tra 0.5cm e 12 cm, \varnothing_{modale} 2cm), da subarrotondati ad arrotondati, poligenici con predominanza di litologie carbonatiche. Localmente sono presenti blocchi di dimensioni massime 60 cm, che si presume essere in posto. La porzione sommitale del deposito assume una colorazione rossastra dovuta a fenomeni di ossidazione.
Interpretazione	Deposito fluvioglaciale

Affioramento n° 4

Foto	Foto 4
Ubicazione	Rilievo in prossimità dell'autostrada a E del casello autostradale di Desenzano
Descrizione	Ghiaia grossolana con ciottoli a supporto di matrice costituita da sabbia medio fine limosa di colore grigio chiaro. I clasti sono eterometrici (dimensioni variabili tra 0.5cm e 6cm, \varnothing_{modale} 2cm), da subarrotondati ad arrotondati.
Interpretazione	Deposito fluvioglaciale



Affioramento n° 5

Foto	Foto 1
Ubicazione	Bivio alla base del cordone che limita a W la piana di Desenzano
Descrizione	Diamicton massivo a supporto di matrice costituita da sabbia fine limosa di colore grigio nocciola. I clasti sono eterometrici (dimensioni variabili tra 1 e 25 cm, modali 5 cm), da subarrotondati ad arrotondati. Le dimensioni dei clasti sembrano aumentare verso la sommità del deposito.
Origine	Diamicton massivo

Affioramento n° 6

Foto	Foto 6
Ubicazione	Bivio a est della chiesa di San Cipriano
Descrizione	Diamicton massivo a supporto di matrice costituita da sabbia fine limosa di colore grigio nocciola. I clasti sono eterometrici (dimensioni variabili tra 0.5 e 3 cm, modali 1.5 cm), da subarrotondati ad arrotondati. Le dimensioni dei clasti sembrano aumentare verso la sommità del deposito.
Origine	Diamicton massivo



Affioramento n° 7

Foto	Foto 7
Ubicazione	Bivio nella piana a nord delle prime case di San Cipriano
Descrizione	Alternanza di strati di spessore variabile costituiti da: sabbia fine limosa debolmente argillosa di colore marrone chiaro con sottile laminazione poco evidente; ghiaia fine a supporto di clasti e con abbondante matrice sabbioso fine limosa. I clasti sono subarrotondati e ben classificati.
Origine	Deposito fluvioglaciale

Affioramento n° 8

Foto	Foto 8
Ubicazione	All'intersezione della sterrata con la direttrice Fornaci di S. Cipriano ÷ Gruppo Rovere
Descrizione	Diamicton massivo a supporto di matrice costituita da sabbia limosa di color mattone compatta. I clasti sono eterometrici (dimensioni variabili tra 0.5 e 4 cm da subangolosi a subarrotondati.
Origine	Diamicton massivo



Affioramento n° 9

Foto	Foto 9
Ubicazione	A Nord di C.na San Lorenzo (imbocco Est), q. 118 m s.l.m.
Descrizione	<p>0-2 m: ghiaie medio-grossolane a supporto di abbondante matrice costituita da limo e sabbia fine. I clasti sono poligenici, arrotondati, e ben selezionati di dimensioni modali 2-3 cm e massime 10 cm.</p> <p>Il grado di alterazione del deposito è medio, con un profilo di alterazione dello spessore di circa 40 cm: il colore della matrice è bruno rossastro.</p>
Origine	Interpretazione: deposito Fluvioglaciale.

Affioramento n° 10

Foto	Foto 10
Ubicazione	A Ovest di Tenuta Serraglio (area industriale Desenzano), q. 120 m s.l.m.
Descrizione	<p>0-1 m: ghiaie medio-grossolane a supporto di poca matrice costituita da sabbia grossolana e media. I clasti sono poligenici, arrotondati, eterometrici di dimensioni modali 7-8 cm e massime 15 cm.</p> <p>Il grado di alterazione del deposito è basso, con un profilo di alterazione dello spessore di circa 10 cm: il colore della matrice è bruno.</p>
Origine	Interpretazione: deposito Fluvioglaciale.



Affioramento n° 11

Foto	Foto 11
Ubicazione	A di C.na Camarolo (area industriale Desenzano), q. 135 m s.l.m.
Descrizione	0-1.5 m: ghiaie medio-grossolane con ciottoli a supporto di abbondante matrice costituita da sabbia a ghiaia fine. I clasti sono poligenici, arrotondati, eterometrici di dimensioni modali 2-3 cm e massime 15 cm. Unica struttura sedimentaria è una grossolana e poco evidente stratificazione, visibile grazie all'allineamento dei clasti di maggiori dimensioni. Il grado di alterazione del deposito è basso, con un profilo di alterazione dello spessore di circa 50 cm: il colore della matrice è presente nella pagina 10YR delle Munsell Soil Color Charts.
Origine	Interpretazione: deposito di contatto glaciale rimaneggiato da acque di fusione sopraglaciale.

Affioramento n° 12

Foto	Foto 12
Ubicazione	A Ovest di C.na Camarolo (area industriale Desenzano), q. 120 m s.l.m.
Descrizione	0-1.5 m: ghiaie medio-grossolane con ciottoli a supporto di abbondante matrice costituita da limo e sabbia fine. I clasti sono poligenici, subarrotondati eterometrici di dimensioni modali 3 cm e massime 10 cm. Non sono presenti strutture sedimentarie. Il grado di alterazione del deposito è alto, con un profilo di alterazione dello spessore di circa 70 cm: il colore della matrice è bruno rossastro.
Origine	Interpretazione: deposito fluvioglaciale



Affioramento n° 13

Foto	Foto 13
Ubicazione	A Monte Lungo , q. 170 m s.l.m.
Descrizione	0-1 m: ghiaie medio-grossolane con ciottoli a supporto di abbondante matrice costituita da sabbia fine. I clasti sono poligenici, arrotondati eterometrici di dimensioni modali 5 cm e massime 10 cm. Si nota una certa embriciatura dei clasti. Il grado di alterazione del deposito è basso, con un profilo di alterazione dello spessore di circa 50 cm: il colore della matrice è bruno giallastro.
Origine	Interpretazione: deposito fluvioglaciale

Affioramento n° 14

Foto	Foto 14
Ubicazione	A Nord-Est di C.na Faustinella (area industriale Desenzano), q. 145 m s.l.m.
Descrizione	0-2 m: ghiaie grossolane con ciottoli a supporto di abbondante matrice costituita da limo e sabbia fine. I clasti sono poligenici, arrotondati eterometrici di dimensioni modali 5 cm e massime 10 cm. Si nota una certa stratificazione dovuta alla isorientazione dei clasti. Il grado di alterazione del deposito è alto, con un profilo di alterazione dello spessore di circa 70 cm: il colore della matrice è bruno rossastro.
Origine	Interpretazione: deposito fluvioglaciale



Affioramento n° 15

Foto	Foto 15
Ubicazione	A Ovest di C.na Faustinella (area industriale Desenzano), q. 138 m s.l.m.
Descrizione	0-1.5 m: ghiaie medio-grossolane con ciottoli a supporto di abbondante matrice costituita da sabbia fine e grossolana. I clasti sono poligenici, arrotondati eterometrici di dimensioni modali 2-3 cm e massime 10 cm. Si nota una certa embriciatura dei clasti. Il grado di alterazione del deposito è alto, con un profilo di alterazione dello spessore di circa 40 cm: il colore della matrice è bruno rossastro.
Origine	Interpretazione: deposito fluvioglaciale

Affioramento n° 16

Foto	Foto 16
Ubicazione	A Nord-Est di C.na Gerardi (Spia d'Italia), q. 176 m s.l.m.
Descrizione	0-80 cm: diamicton massivo a supporto di matrice sabbioso limosa. Clasti poligenici, da angolosi a subarrotondati, eterometrici di dimensioni massime 25 cm. Il grado di alterazione è basso, con un profilo di alterazione di spessore non definibile (limite inferiore non visibile per le limitate dimensioni dell'affioramento): il colore della matrice è presente nella pagina 7.5YR delle Munsell Soil Color Charts.
Origine	Interpretazione: till di ablazione.



Affioramento n° 17

Foto	Foto 17
Ubicazione	A Est di C.na Gerardi (Spia d'Italia), q. 167 m s.l.m.
Descrizione	0-2.5 m: ghiaie medio-grossolane con ciottoli a supporto di abbondante matrice costituita da sabbia fine e grossolana. I clasti sono poligenici, arrotondati eterometrici di dimensioni modali 5-6 cm e massime 15 cm. Si nota una certa allineamento dei clasti. Il grado di alterazione del deposito è alto, con un profilo di alterazione dello spessore di circa 50 cm: il colore della matrice è bruno rossastro.
Origine	Interpretazione: deposito fluvioglaciale

Affioramento n° 18

Foto	Foto 18
Ubicazione	A Nord di C.na Gerardi (Spia d'Italia), q. 212 m s.l.m.
Descrizione	0-2.5 m: diamicton massivo a supporto di matrice da limosa a ghiaiosa fine. Clasti poligenici, da angolosi a subarrotondati, eterometrici di dimensioni massime 40 cm. Il grado di alterazione è basso, con un profilo di alterazione dello spessore di circa 40-50 cm: il colore della matrice è presente nella pagina 2.5YR delle Munsell Soil Color Charts. Il deposito è normalconsolidato.
Origine	Interpretazione: till di ablazione.

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2RGGE0001004

Rev.
1

Foglio
57di69



Foto 1 ÷ Cavalcavia a Nord della località Bornade di sotto -p (aff. 1)



Foto 2 ÷ Strada sterrata a Nord del cavalcavia di tenuta Serraglio- (aff. 2)

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2RGGE0001004

Rev.
1

Foglio
58di69



Foto 3 ÷ Strada a Sud della località Menasasso - (aff. 3)



Foto 4 ÷ A Est del casello autostradale di Desenzano - (aff.4)



Foto 5 ÷ Cordone morenico che limita a W la piana di Desenzano - (aff. 5)



Foto 6 ÷ Bivio a Est della Chiesa di San Cipriano - (aff. 6)

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2RGGE0001004

Rev.
1

Foglio
60di69



Foto 7 - Bivio nella piana a Nord delle prime case di San Cipriano - (aff. 7)



Foto 8 - Strada per fornaci di San Cipriano - (aff. 8)

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2RGGE0001004

Rev.
1

Foglio
61di69



Foto 9- Deposito fluvioglaciale C.na San Lorenzo (imbocco GA Est), q. 118 m s.l.m.- (aff. 9)



Foto 10 – Deposito fluvioglaciale, Ovest di Tenuta Serraglio (Imbocco GN Est) q. 120 m s.l.m.– (aff. 10)



Foto 11 – Depositi di contatto glaciale rimaneggiato, C.na Camarolo,
q. 135 m s.l.m.– (aff. 11)



Foto 12 - Deposito Fluvioglaciale, Ovest di C.na Camarolo, q. 120 m s.l.m.– (aff. 12)



Foto 13÷ Deposito fluvio-glaciale, a Monte Lungo , q. 170 m s.l.m.– (aff. 13)



Foto 14÷ Deposito fluvio-glaciale, Nord-Est di C.na Faustinella, q. 145 m s.l.m.– (aff. 14)



Foto 15÷ Deposito fluvio-glaciale A Ovest di C.na Faustinella , q. 138 m s.l.m.– (aff. 15)



Foto 16÷ Till di Ablazione, Nord-Est di C.na Gerardi (Spia d'Italia), q. 176 m s.l.m.– (aff. 16)

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2RGGE0001004

Rev.
1

Foglio
65di69



Foto 17÷Deposito fluvioglaciale Est di C.na Gerardi, q. 167 m s.l.m.– (aff. 17)



Foto 18÷Till di ablazione Nord di C.na Gerardi (Spia d'Italia), q. 212 m s.l.m.– (aff. 18)

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2RGGE0001004

Rev.
1

Foglio
66di69



Foto 19÷ Gruppo di massi erratici lungo il terrazzo morfologico - C.na Venga



Foto 20÷ Gruppo di massi erratici area industriale di Desenzano d.G. - C.na Faustinella

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2RGGE0001004

Rev.
1

Foglio
67di69



Foto. 21 - Gruppo di massi erratici alla sommità del Cordone Morenico - C.na Girardi



Foto 22 - Masso erratico nei pressi dell'autostrada Milano-Venezia - S.Cipriano



Foto23÷ Masso erratico lungo la strada a nord dell'area di servizio



Foto 24÷ Gruppo di massi erratici lungo la strada (imbocco est della galleria sulla S.S. 11)

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2RGGE0001004

Rev.
1

Foglio
69di69



Foto 25+ Gruppo di massi erratici lungo Via Monte Alto - Desenzano d.G.



Foto 26+ Gruppo di massi erratici lungo la starda in località Torbierina – S. Cipriano