

OPERE DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO DA SPROFONDAMENTO IN LOCALITA' TRELLO

1° STRALCIO OPERE URGENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA
DELLE SEDI STRADALI DI VIA 2 GIUGNO E VIA VI NOVEMBRE
(INTERVENTO 1 - 2 - 3)

PROGETTO ESECUTIVO

Gruppo di Progettazione:

Gruppo di Progettazione:



via Felice Cavallotti, n 1 tel 0331-549460 fax 0331-457130
20025 - LEGNANO (MI) e-mail: tecnico@ingarc-lab.com

progettista dell'opera, delle strutture e
coordinatore delle prestazioni specialistiche

Rolando ing. CRESPI
Ordine Ingegneri Milano nr A16035

progettista dell'opere architettoniche

Simona arch. VISCONTI
Ordine Architetti Milano nr 13735



Studio Associato di Geologia Spada di Spada M., Orlandi G.M., Bianchi S.
Via Donizetti, 17 - Ranica (BG)
Tel: 035/516090 - fax: 035/513738 - e-mail: info@studiogeospada.it



						per approvazione
02						
01	09-11-17	Emissione _ Editing Finale	CT	VS	CR	Responsabile del Procedimento
00	11-10-17	Emissione	CT	VS	CR	
N°	DATA	REVISIONE	DIS	VER	APP	

Titolo:

RELAZIONE GEOLOGICA

DOC. N.

02

COMMESSA

FASE

DOC

PROGR.

REV.

2 6 9

P E

G E

A 0 2

0 1

SCALA

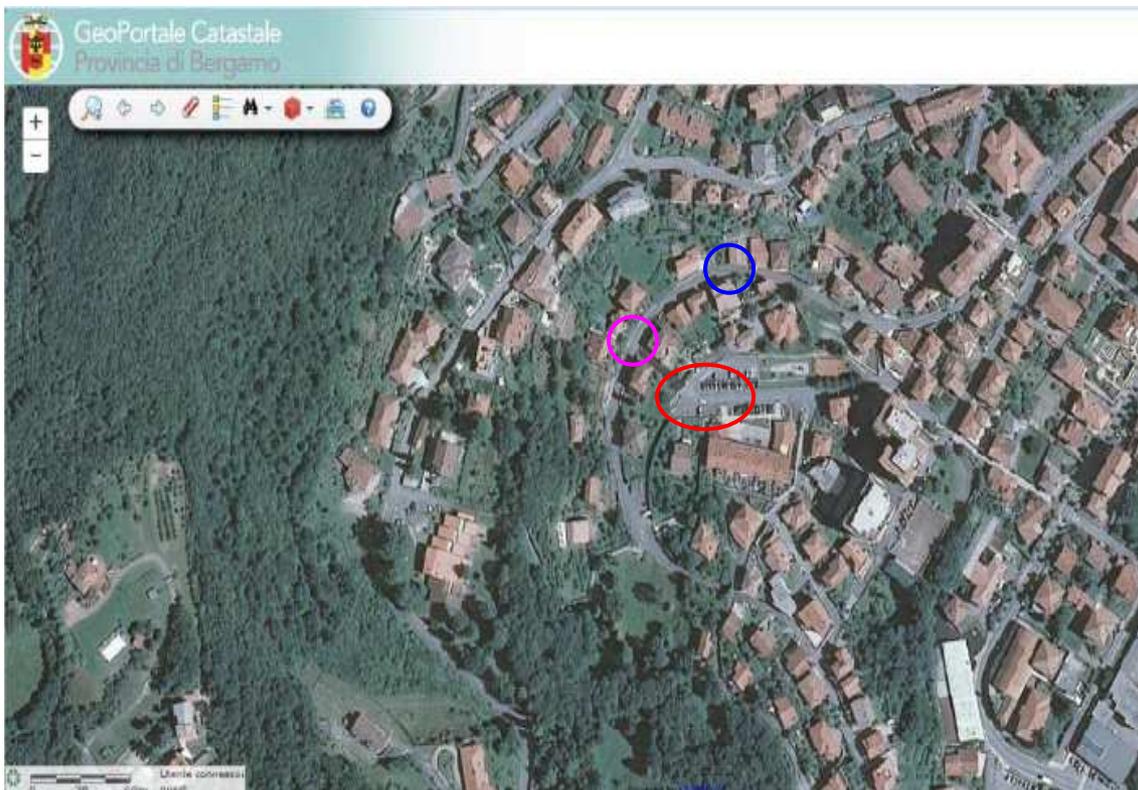
--

INDICE

1.0 PREMESSE, PRECISAZIONI ED IMPOSTAZIONE DEL LAVORO.....	3
2.0 STATO DEI LUOGHI ED EVOLUZIONE DEI CEDIMENTI.....	9
3.0 INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA REALIZZATI NELL'AREA	17
4.0 INDAGINI GEOLOGICHE.....	26
5.0 CONSIDERAZIONI FINALI.....	35
ALLEGATI	41

1.0 PREMESSE, PRECISAZIONI ED IMPOSTAZIONE DEL LAVORO

La presente relazione ha lo scopo di formulare una serie di considerazioni a carattere geologico ed idrogeologico in merito all'ipotesi di eseguire una serie di interventi puntuali finalizzati alla messa in sicurezza delle sedi stradali, per limitare e tamponare i cedimenti del suolo in atto su via II giugno e su via IV novembre a Lovere, nella località Trello.



La aree interessate dalle presenti valutazioni sono 3 (vedi immagine di cui sopra):

- 1) tratto terminale di via 2 giugno e parcheggio del condominio (rosso),
- 2) incrocio tra via IV novembre e la stradetta del Trello (viola),
- 3) via IV novembre (blu).

Il Trello è una porzione molto complessa e delicata del territorio Comunale, con la forma di un ampio avvallamento subpianeggiante, aperto verso il lago, legato

verosimilmente a dinamiche molteplici (fenomeni carsici nel substrato gessoso, fenomeni di rilascio tensionale, effetti di sbarramenti temporanei in periodo glaciale e post glaciale, ecc.).

Tutta l'area, per la complessità e l'elevata vulnerabilità idrogeologica, è inclusa all'interno del sito a rischio idrogeologico molto elevato ex L. 267/98 " Trello e Cornasola".



La perimetrazione indicata è ampia e comprende contesti geologicamente ed idrogeologicamente differenti:

- la zona del Trello in cui le problematiche principali sono connesse a fenomeni di cedimento e sprofondamento del suolo, con formazione di cavità e conseguenti problemi strutturali sugli edifici, per la presenza di un substrato evaporitico, con presenza di scorrimenti di acqua nel sottosuolo e con la

soprastante presenza di depositi eterogenei, spesso con caratteristiche geotecniche scadenti;

- la zona Lago in continuità con il Trello, in cui sono presenti anche fenomeni di scivolamento lento dei terreni argillosi sopra i gessi verso il lago;
- la zona di Cornasola in cui sono presenti fenomeni di franamento di conglomerati fortemente fessurati verso valle, con creazione di una progressione di porzioni e blocchi di territorio con movimenti.

La zona è stata interessata in passato (tra il 2007 ed il 2012 circa) da importanti interventi di mitigazione del rischio, ma alcune delle dinamiche di cedimento ed assestamento sono ancora in corso, soprattutto nella parte centrale della dolina, presso il condomino di via II giugno e lungo la via IV novembre, con abbassamenti e cedimenti che interessano principalmente la sede stradale, ma anche le aree contermini.

Attualmente è in corso uno studio complessivo dell'area, coordinato dall'Università degli Studi di Milano Bicocca – Dipartimento di Geotecnologie e dal Politecnico di Milano – DISAT.

Tale studio si propone di raccogliere, verificare ed analizzare con attenzione tutti gli elementi geologici, idrogeologici, idrochimici, geotecnici e geomeccanici dell'area (sia quelli già disponibili, sia nuovi attraverso ulteriori verifiche), per creare un complesso modello della zona che tenga conto della variabilità spaziale (3D), ma anche di quella temporale (4D).

Lo scopo finale è quello di individuare i possibili trend evolutivi dei fenomeni in corso e valutare i possibili interventi di controllo e mitigazione degli stessi.

E' evidente che si tratta di un lavoro che comporterà tempi medi ed anche le eventuali soluzioni di intervento potrebbero essere delicate, costose e necessitare di ulteriori tempi per il reperimento fondi e per la realizzazione.

I fenomeni indicati nell'immagine di pag. 3 sono in fase evolutiva e quindi l'Amministrazione ha ritenuto di intervenire in tempi brevi con opere in grado di rallentare i fenomeni in essere e scongiurare collassi improvvisi, senza comportare peggioramenti del contesto nelle aree limitrofe e senza pregiudicare eventuali opere future definitive, in attesa del completamento dello studio di cui sopra.

A tali fine la stessa Amministrazione Comunale ha quindi chiesto all'ing. Rolando Crespi, con studio in Legnano, di procedere alla progettazione di tali interventi, anche se gli studi e le valutazioni dell'Università Bicocca e del Politecnico di Milano sono ancora in corso.

Lo stesso Ingegnere ha quindi chiesto al nostro studio di supportarlo negli aspetti di carattere geologico ed idrogeologico, sia per la conoscenza dell'area specifica sia, soprattutto, per l'esperienza acquisita in altri contesti analoghi, con fenomeni di carsismo in rocce evaporitiche.

La documentazione tecnica disponibile consultata è notevolissima, sia quella a carattere generale (cartografie geologiche, CARG, studio geologico di supporto al PGT), sia quella a supporto degli interventi edilizi (condominio Trello, palestra, alcuni edifici privati), sia gli studi e gli approfondimenti specifici condotti nell'ambito dei progetti di messa in sicurezza, in due distinti lotti tra il 2007 ed il 2012, fino alla relazione commissionata dal Comune al dr. Zaina, del maggio 2015 per una prima analisi dei

cedimenti in corso su via II giugno ed ai primi risultati della fase 1 del campo prova sperimentale idrogeologici ed idrochimico, gestito dalle Università di cui sopra.

L'ing. Crespi ha messo a disposizione degli Scriventi l'archivio della Soc, Sikotec, esecutrice delle opere di consolidamento del primo lotto dei lavori e di cui era, all'epoca, direttore tecnico.

Da questo archivio è stato possibile ricavare una serie di immagini della zona al tempo dei lavori, con le varie fasi di sviluppo degli stessi.

La documentazione tecnica, cui si rimanda per maggiori dettagli specifici, è stata tutta consultata e quindi si intende interamente richiamata nella presente nota.

Di seguito si procederà all'analisi della situazione attuale secondo il seguente programma:

1. disamina dello stato attuale dei luoghi e dell'evoluzione dei cedimenti nel tempo, con documentazione fotografica;
2. analisi dei lavori svolti tra il 2007 ed il 2012 nella zona, nell'ambito del progetto di riduzione del rischio idrogeologico, con particolare attenzione agli interventi realizzati ed all'assetto geologico – idrogeologico messo in luce dai lavori stessi. Si tratta di documenti molteplici e corposi, cui si rimanda per tutti i dettagli;
3. illustrazione ed analisi delle indagini geologiche eseguite nei pressi del cedimento di via 2 giugno, consistenti in n° 2 sondaggi a carotaggio continuo rispettivamente nella zona di massimo cedimento (19 metri da p.c.) e sul parcheggio a metà del condominio (50 m. da p.c.);

4. analisi dei risultati preliminari della fase 1 del campo prove per la modellazione idrogeologica ed idrochimica, ancora in corso sotto il coordinamento degli Istituti Universitari.

Il presente documento è focalizzato sull'intervento specifico e non si propone certo di fare un quadro completo sulle ampie e complesse criticità della zona del Trello, già oggetto in passato di ampi studi e valutazioni da parte di altri Professionisti e su cui attualmente sono in corso, come già detto in precedenza, analisi ed approfondimenti da parte del Politecnico di Milano e dell'Università degli Studi Milano Bicocca.

La maggior parte dei dati disponibili sono inerenti il cedimento di via 2 giugno, cui è dedicata la parte principale delle presenti valutazioni. Questo anche perchè tale area contiene elementi certamente estendibili anche alle altre zone di analisi.

Per quanto riguarda le due zone su via IV novembre la presente relazione si limita a fornire alcuni elementi di interesse per la progettazione come emersi dai dati pregressi, dai sopralluoghi e dalle indagini del campo prove dell'Università.

Al termine delle analisi di cui sopra verranno formulate alcune considerazioni finali sullo stato attuale dei luoghi, sulle dinamiche dei fenomeni in atto, sulla possibilità di eseguire interventi di mitigazione di tali fenomeni, soprattutto ai fini della sicurezza stradale, con le eventuali precauzioni / prescrizioni, nonché con l'esplicitazione degli eventuali limiti degli stessi interventi.

2.0 STATO DEI LUOGHI ED EVOLUZIONE DEI CEDIMENTI

La sede stradale di via II giugno, nella località del Trello, è stata interessata, a partire dal periodo aprile – maggio 2014, da una serie di fenomeni di cedimento e sprofondamento del suolo. Tali fenomeni erano inizialmente limitati all’apertura di una cavità del diametro di 60-70 cm sull’asfalto, al lesionamento di alcuni muretti ed alla disconnessione di alcuni masselli autobloccanti, nelle aree comuni del condominio.

Le foto seguenti, tratte dalla relazione del dr. Zaina del maggio 2015, mostrano lo stato dei dissesti al periodo aprile – maggio 2014.



Inizialmente si è provveduto al riempimento delle buche ed alla sistemazione dell'asfalto, ma la situazione ha continuato ad evolversi.

Le foto seguenti, scattate dagli scriventi, mostrano il progressivo aggravamento dei fenomeni tra il settembre 2015 ed il luglio 2016.

Stato dei luoghi a settembre 2015:



Stato dei luoghi ad aprile 2016

La rimozione dell'asfalto è stata fatta per realizzare il sondaggio S1 (vedi boccapozzo rosso), ma i cedimenti sono evidenti, come anche le lesioni nell'asfalto.

I cedimenti del muretto e dell'aiuola privata si sono accentuati, il palo dell'illuminazione è fuori piombo e gli autobloccanti del condominio sono fortemente disconnessi.



Stato dei luoghi a luglio 2016.

Cedimenti / sprofondamenti di via II giugno



Cedimenti aree comuni condominio Trello e parcheggi davanti al condominio stesso.



Con le forti precipitazioni a carattere temporalesco dei mesi di giugno e luglio 2016, i cedimenti hanno subito una notevole accelerazione.

L'evoluzione dei fenomeni ha comportato le seguenti attività progressive:

- chiusura dei primi buchi ripristino dell'asfalto,
- chiusura delle sede stradale di via II giugno,
- controlli e verifiche con videoispezioni delle tubazioni presenti nell'area,
- rimozione di un palo della pubblica illuminazione in condizioni precarie,
- spostamento di urgenza della tubazione del metano.

Stato dei luoghi a febbraio 2017



I fenomeni complessivamente interessano parte della sede stradale di via II giugno, indicativamente fino alla zona del lavatoio, alcuni parcheggi lungo la stessa sede stradale dal lato del condominio ed alcune porzioni esterne del condominio del Trello; i fenomeni sono tutt'ora in atto ed in fase molto evolutiva.

Lo stato di fatto dei luoghi è ulteriormente complicato, nell'ipotesi di un intervento anche parziale e tampone, da una fittissima serie di sottoservizi, realizzati nell'ambito del progetto di messa in sicurezza del 2007-2009.

Il tracciato di dettaglio di tali sottoservizi non era noto ed è stato quindi necessario procedere al tracciamento delle reti ed al loro rilievo di dettaglio, con l'aiuto dei gestori e con varie videoispezioni.

L'immagine seguente mostra il rilievo delle reti dei sottoservizi, curato dal geom. Pezzali per conto del Comune, inserito sulla planimetria di dettaglio della zona.

E' evidente la fitta rete di sottoservizi che rendono complesso qualunque intervento sulla sede stradale.

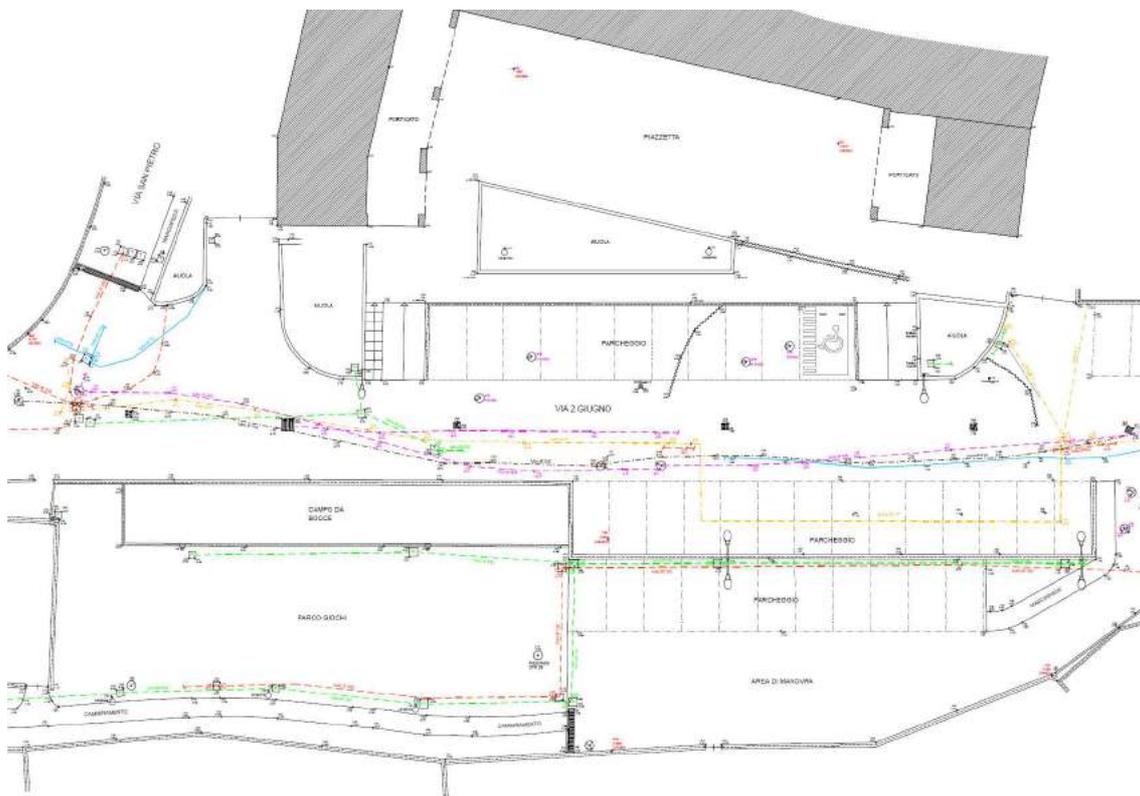
Un problema analogo relativo alla presenza di tutti i sottoservizi si ripropone anche sul tracciato di via IV novembre.

In aggiunta vista l'entità dei cedimenti in atto è probabile che vi siano delle perdite e/o delle rotture dei sottoservizi stessi.

Questo elemento, relativo alla possibile rottura dei sottoservizi, è segnalato anche da due ulteriori elementi emersi nel campo prove dell'Università e precisamente:

- evidenza, durante i monitoraggi idrogeologici, di tempi di risposta dell'acquifero pressoché istantanei rispetto alla precipitazioni, sia per i livelli che per la variazione della temperatura (piezometro presso il lavatoio),

- segnalazione di odori fognari e presenza di acque torbide nel piezometro all'incrocio tra via IV novembre e la stradetta del Trello.



LEGENDA

	ACQUEDOTTO COMUNALE
	RETE DI SCARICO ACQUE BIANCHE
	RETE DI SCARICO ACQUE NERE
	RETE DI DISTRIBUZIONE GAS METANO
	RETE DI DISTRIBUZIONE PUBBLICA ILLUMINAZIONE
	RETE DI DISTRIBUZIONE TELECOM
	POZZETTO DI ISPEZIONE ACQUEDOTTO
	POZZETTO DI ISPEZIONE RETE ACQUE BIANCHE
	POZZETTO DI ISPEZIONE DRENAGGIO
	POZZETTO DI ISPEZIONE POZZO PERDENTE
	POZZETTO DI ISPEZIONE RETE SORGENTE "BIF"
	POZZETTO DI ISPEZIONE RETE ACQUE NERE
	POZZETTO DI ISPEZIONE RETE PUBBLICA ILLUMINAZIONE
	POZZETTO DI ISPEZIONE RETE TELECOM
	CADITOIA DI RACCOLTA ACQUE METEORICHE
	POZZETTO NON TRACCIATO
q.s.t.	QUOTA RILEVATA SOPRA TUBAZIONE
q.f.t.	QUOTA RILEVATA SU FONDO TUBAZIONE
	FRATTURE ASFALTO E PAVIMENTAZIONI

Per quanto riguarda le altre due zone di intervento è possibile evidenziare alcuni elementi.

Cedimento sulla sede stradale di via IV novembre

La zona è interessata da cedimenti del suolo da tempo, come messo in luce da vecchie lesioni sul muro interno del cortile della proprietà retrostante la strada e dall'avvallamento nel giardino stesso.

Il cedimento stradale attuale si era evidenziato già nel 2016 e l'asfalto era stato ripristinato.

Il fenomeno si è subito manifestato nuovamente, con entità accelerata ed il piezometro realizzato nell'ambito del campo prove ha evidenziato la presenza di una cavità nel sottosuolo, come di seguito meglio dettagliato.

Cedimento all'incrocio tra via IV novembre e la stradetta del Trello

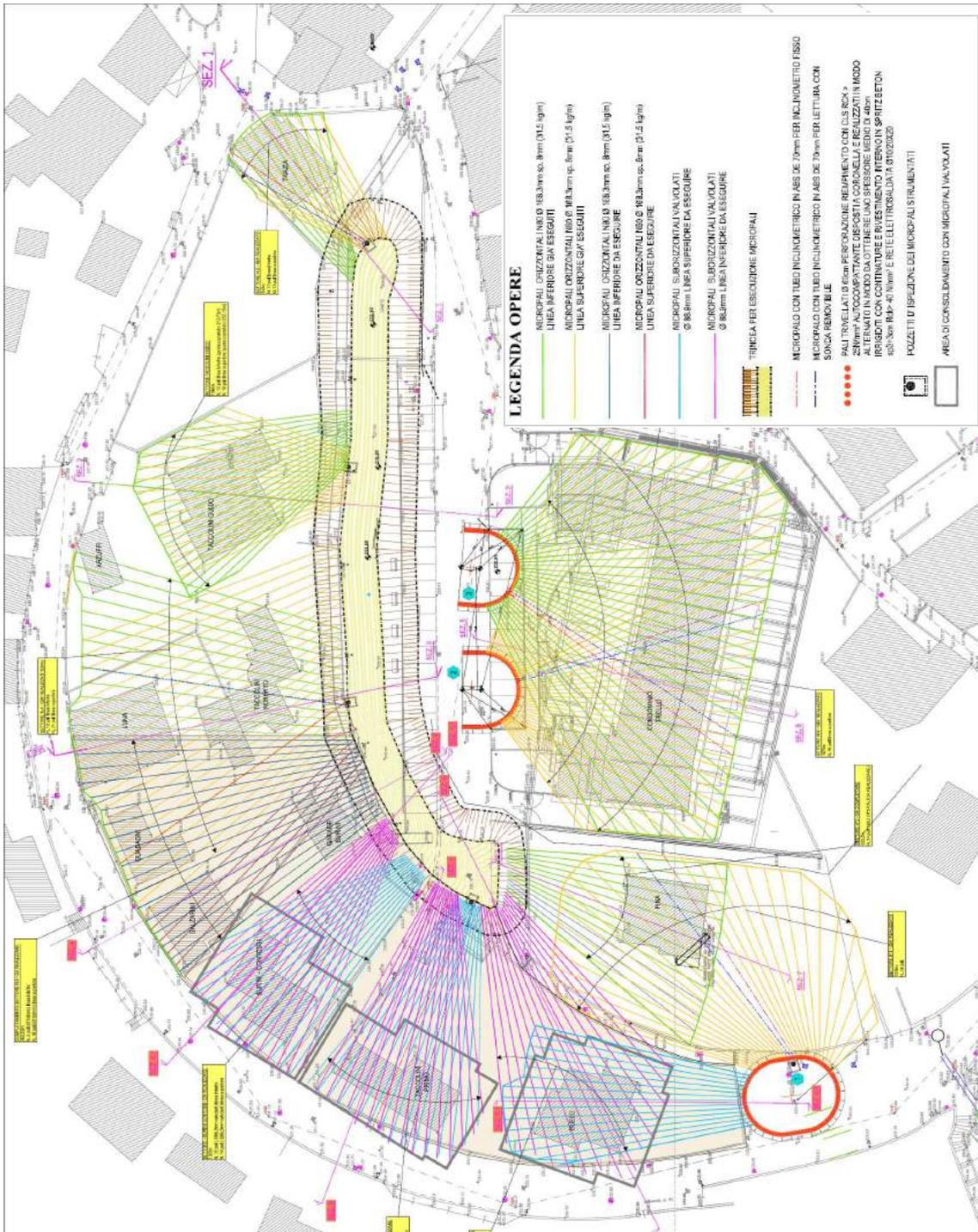
E' un'altra zona storicamente molto delicata.

I cedimenti principali si sono verificati verso l'inverno 2016-2017 e si sono accentuati velocemente, sia sulla sede stradale che interessando alcuni muri e strutture di confine limitrofi.

3.0 INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA REALIZZATI NELL'AREA

L'area del Trello è stata oggetto, tra il 2007 ed il 2009, di un imponente intervento di consolidamento, le cui opere principali sono sintetizzate nell'immagine seguente.

Il progetto dell'intervento è datato settembre 2006 ed è a firma di un gruppo di Professionisti, che ne hanno curato anche la D.L.: prof. ing. B. Bacchi, prof. geol. A. Clerici, ing. S. Taccolini, geol. G. Zaina.



L'intervento prevedeva un consolidamento diffuso dell'abitato del Trello con la tecnica dei micropali suborizzontali al di sotto delle fondazioni degli edifici.

Stante la morfologia articolata e le diverse tipologie fondazionali degli edifici le quote dei pali suborizzontali erano variabili e sono quindi stati necessari vari punti di imposta:

- una lunga trincea lungo via II giugno
- n° 3 pozzi di grande diametro, realizzati con pali gettati, localizzati rispettivamente davanti al condominio (pozzi 2 e 3) e davanti all'edificio della Sig.ra Buelli.

La tavola sopra riportata è relativa alla seconda variante dei lavori (non è stato possibile ritrovare la tavola di fine lavori); la stessa mostra la localizzazione e la conformazione finale dei pozzi (in rosso) e la distribuzione dei micropali.

I pali di colore giallo e verde dovrebbero essere realizzati, mentre quelli di colore blu e viola non vennero realizzati durante l'intervento per l'opposizione dei proprietari.

L'edificio Surini è stato successivamente oggetto di un secondo lotto di interventi, progettato e diretto dallo stesso ing. Crespi, con micropali valvolati corti ed iniezione di resine espandenti ed alleggerite.

Lungo tutto il tracciato di via IV novembre è stata realizzata una trincea drenante, per la raccolta e lo smaltimento delle acque sotterranee e sono state rifatte e riposate tutte le reti inerenti i sottoservizi.

L'immagine seguente, fornita agli Scriventi da un residente del Trello, mostra una ripresa aerea dell'area durante i lavori di messa in sicurezza.



Nella foto sono ben visibili i due pozzi davanti al condominio con presenza di acqua all'interno, come anche il pozzo su via IV novembre, la trincea lungo via II giugno in fase di chiusura. In rosso sono evidenziate le zone oggetto delle presenti valutazioni.

Nell'archivio fotografico dei lavori, fornitoci dall'ing. Crespi, è stato possibile ritrovare una serie di foto molto importanti per comprendere in dettaglio non solo l'impatto delle opere realizzate ma anche l'assetto geologico ed idrogeologico.

Di seguito le foto di maggior interesse con un breve commento.

La foto seguente mostra il tratto terminale della trincea di via II giugno (le baracche che si vedono sullo sfondo sono posizionate circa nella zona in cui attualmente si stanno verificando i massimi cedimenti – i micropali vanno al di sotto dell'edificio Pina).

Lo scavo consente di vedere la presenza della roccia gessosa molto superficiale, con un andamento irregolare, con la presenza, al di sopra, di terreni di colore marrone-ocra, limoso-sabbiosi-argillosi con frammenti di gesso.



L'immagine seguente mostra le fasi di realizzazione di micropali verso l'edificio Pina e consente di vedere un dettaglio dell'assetto geologico e la notevole quantità di acqua intercettata e drenata dalla perforazione.



La foto seguente mostra il lato di valle della baracca di cantiere, verso il pozzo 2, ed un piccolo franamento, legato alla presenza di acqua, dei terreni ocre, limoso-sabbiosi-argillosi di scarsa consistenza.



Le foto seguenti sono estremamente importanti per comprendere l'assetto idrogeologico di dettaglio della zona in esame e mostrano una serie di scavernamenti che si erano creati durante i lavori sulla parete verso monte del pozzo 2, dovuti al dilavamento delle acque di scorrimento nel sottosuolo.



L'immagine mostra, oltre agli scavernamenti, anche il materiale trasportato all'interno del pozzo dell'azione delle acque.



Le foto seguenti mostrano, in dettaglio, gli scavernamenti ed il flusso delle acque.





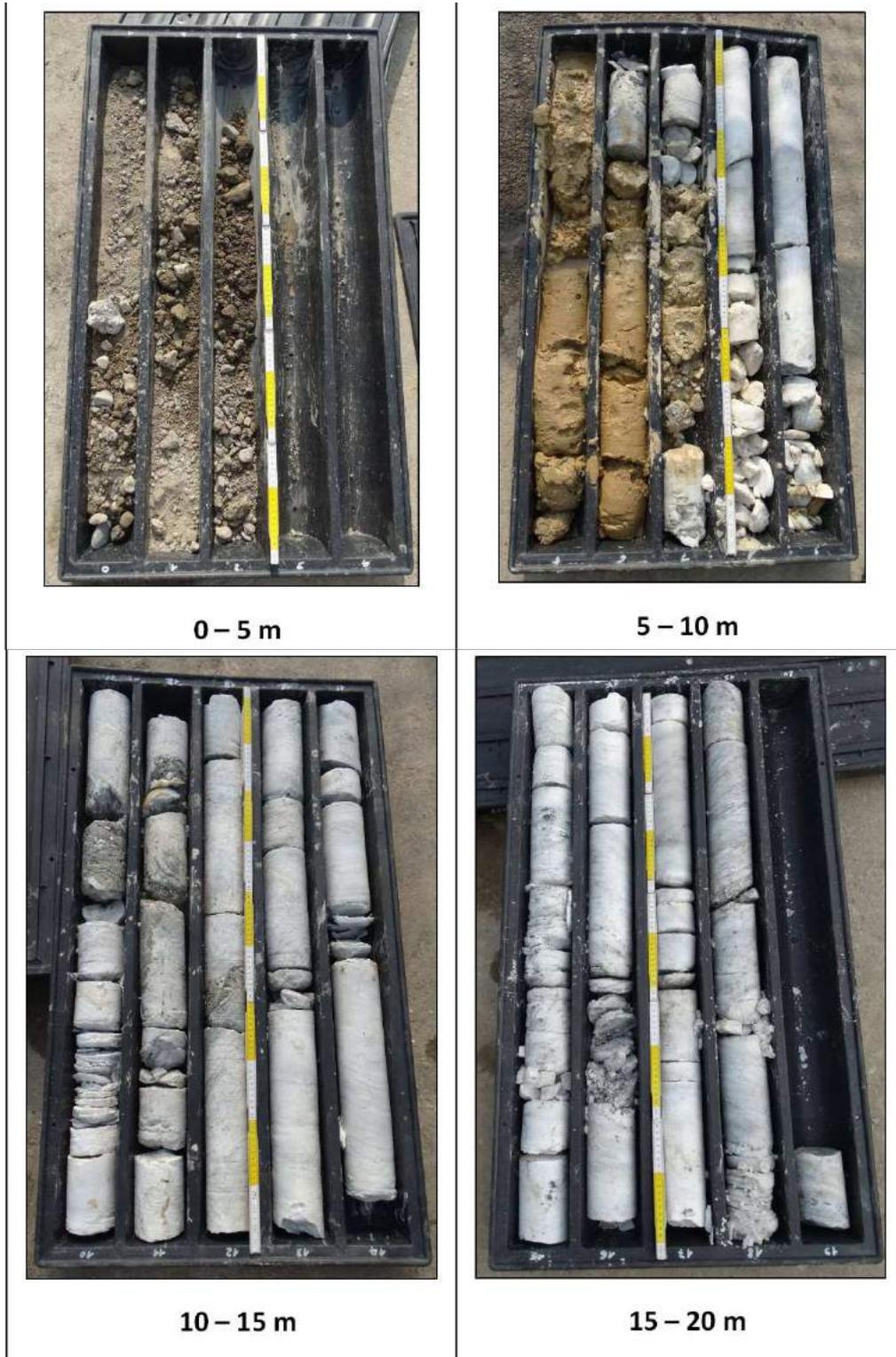
L'acqua scorre nel sottosuolo in maniera irregolare, non come una falda distribuita, ma in posizioni definite, come torrentelli sotterranei, in base all'assetto geologico.

La zona di scorrimento sembra essere nella porzione superiore del gesso, dove sono presenti i terreni di alterazione scarsamente consistenti, con all'interno anche ciottoli e frammenti del gesso stesso.

La foto evidenzia l'azione di dilavamento e trasporto dell'acqua: oltre allo scavamento, di dimensioni importanti e creato in un tempo breve, l'acqua ha creato un piccolo alveo, incidendo il fondo e ripulendo dal fine il materiale presente, lasciando solo i ciottoli.

Tale dinamica, con componente sia chimica che fisica, è plausibile si sviluppi in modo simile nelle zone attualmente interessate dai cedimenti.

Le indagini sono state realizzate dalla Ditta Geocam e gestite con alcuni risparmi del piano di investigazione in atto delle aree limitrofe di Cornasola.



La stratigrafia del sondaggio è la seguente:

- 0,00 – 2,88 Sabbie limoso ghiaiose sciolte, con scarso addensamento e poco recupero, localmente umida, con presenza di clasti poligenici da subangolosi a subarrotondati (possibili anche la presenza di riporti)
- 2,88 – 5,00 **VUOTO**
- 5,00 – 6,75 limi sabbioso argillosi, di colore bruno – chiaro, plastico e bagnato, con presenza di ciottoli centimetrici di natura prevalentemente gessosa (si tratta, in base all'esperienza degli Scriventi dei classici depositi di alterazione presenti al di sopra del gesso)
- 6,75 – 8,00 Gesso di color bianco latte, laminato, a grana fine, molto alterato, tanto da sbriciolarsi al tatto, con intercalazioni di livelli grigio scuro. Tra i 7,16 m e i 7,33 m il gesso è inglobato in una matrice terrigena fine.
- 8,00 – 19,20 Gesso, da massivo a fratturato, con struttura variabile da omogenea e saccaroide fino a laminata, con bande marnose e dolomitiche grigie. Sono presenti alcune zone localizzate con evidenti fenomeni di dissoluzione per la presenza di scorrimenti di acqua (10,22-10,39 / 15,30-15,65 / 17,44-17,68).

Nel sondaggio è stata posata una doppia tubazione piezometrica:

- la prima tubazione attraversa l'intero sondaggio, ma è fenestrata solo da 8 a 19 metri e la parte superiore è isolata con argilla. Lo scopo è di cogliere la presenza di acqua nel gesso;
- la seconda tubazione è posata fino a 5 metri di profondità, tamponata alla base, con lo scopo di verificare la presenza di acqua nei depositi.

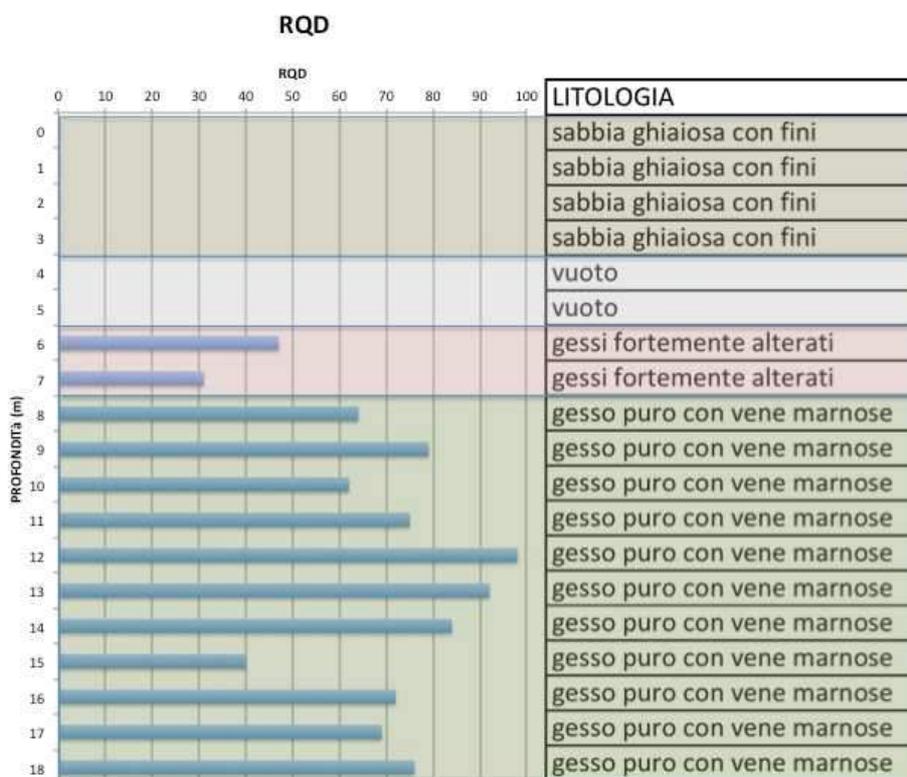
La misura dell'acqua nel sottosuolo è risultata variabile tra 3,70 e 3,80 m. da p.c. con una leggera differenza piezometrica iniziale, progressivamente ridotta.

L'acqua interessa quindi la metà inferiore della cavità, mentre la porzione superiore è asciutta.

In avanzamento l'acqua era stata rinvenuta da 3,80 a 7,70 m. da p.c., poi persa completamente (tanto da dover utilizzare acqua di perforazione) fino a 14,80 m. da p.c.; oltre tale profondità l'acqua di perforazione ha cominciato a ritornare in superficie.

Questo andamento è tipico della presenza di zone di deflusso e scorrimento delle acque differenziate lungo la verticale, nonché della presenza di zone di fratturazione all'interno del substrato roccioso.

L'immagine seguente schematizza la stratigrafia e caratterizza le condizioni del substrato sulla base del parametro RDQ:



Il sondaggio S2, ubicato solamente una ventina di metri verso valle, ma nella zona centrale della piana del Trello, mostra una situazione geologica molto diversa.

La perforazione in questo caso ha raggiunto i 50 metri, perché in avanzamento si è ritenuto di procedere fino al rinvenimento di almeno 10 metri di roccia evaporitici sana.

Foto 1: Stratigrafia da -0.00 a -5.00 m dal p.c.



Foto 2: Stratigrafia da -5.00 a -10.00 m da p.c.



Foto 3: Stratigrafia da -10.00 a -15.00 m dal p.c.



Foto 4: Stratigrafia da -15.00 a -20.00 m da p.c.



Foto 5: Stratigrafia da -20.00 a -25.00 m dal p.c.



Foto 6: Stratigrafia da -25.00 a -30.00 m da p.c.



Foto 7: Stratigrafia da -30.00 a -35.00 m dal p.c.



Foto 8: Stratigrafia da -35.00 a -40.00 m da p.c.



Foto 9: Stratigrafia da -40.00 a -45.00 m dal p.c.



Foto 10: Stratigrafia da -45.00 a -50.00 m da p.c.



La stratigrafia di dettaglio è riportata in allegato alla presente, ma di seguito è possibile evidenziare i principali elementi di differenza rispetto al sondaggio S1:

- non sono stati rinvenuti vuoti e/o cavità di sorta
- il substrato gessoso, costituito da rocce gessose ed anidritiche compatte è stato rinvenuto a circa 40 m. da p.c.
- al di sopra sono presenti depositi di varia natura, prevalentemente costituiti da sabbie limose marrone chiaro / ocra, con passate ghiaiose, con inclusi gessosi a vari livelli con evidenze di fenomeni di dissoluzione per passaggio di acqua ma anche di ricristallizzazione di gesso nelle stesse fratture.

Alla luce di questo assetto geologico il sondaggio è stato attrezzato con un assestimetro.

4.2 Indagini geognostiche eseguite nell'ambito del campo prove

All'inizio del 2017 la Ditta Geocam ha realizzato, per conto del Comune di Lovere e su progetto dell'Università degli Studi Milano Bicocca e del Politecnico di Milano, una serie di piezometri nella zona del Trello, finalizzati ad alcune analisi e sperimentazioni in ambito idrogeologico e chimico fisico, sempre nell'ottica della modellazione e della progettazione globale. L'immagine seguente mostra l'ubicazione dei piezometri e dei pali salini realizzati, le cui stratigrafie sono allegate alla presente.



Per le zone oggetto del presente intervento i dati di interesse sono i seguenti (si tratta, in tutti i casi, di sondaggi a distruzione):

Strada e Parcheggio via 2 Giugno

NPT3:	0,00 – 1,00	terreno di riporto
	1,00 – 1,30	VUOTO
	1,30 – 1,50	terreni sciolti
	1,50 – 2,70	VUOTO
	2,70 – 4,00	terreni di riporto
	4,00 – 8,00	gesso massivo
NPT9:	0,0 – 1,00	ghiaia asciutta di riporto
	1,00 – 1,80	ghiaia umida di riporto
	1,80 – 2,50	alternanza di terreni fini e ghiaia
	2,50 – 3,50	VUOTO
	3,50 – 6,50	terreno fine misto a polvere di gesso e ghiaia
	6,50 – 6,70	gesso compatto

Entrambi i sondaggi mostrano la presenza di cavità nei terreni al di sopra del gesso, posto a debole profondità.

La falda è stata rinvenuta a profondità variabile tra 3,70 e 4,00 m., nella zona di passaggio tra i terreni superficiali ed il gesso.

Incrocio stradetta del Trello – via IV novembre

NPT1:	0,00 – 6,00	terreno di riporto con ghiaia e ciottoli
	6,00 – 15,00	gesso alterato immerso in matrice argillosa

Non sono state rinvenute cavità, ma il sondaggio è solo un dato puntuale.

La falda è stata rinvenuta ad una profondità di 4,64 m. da p.c.

Via IV novembre

NPT2:	0,00 – 4,50	terreno di riporto
	4,50 – 6,00	VUOTO
	6,00 – 9,00	gesso alterato in matrice argillosa
	9,00 – 10,0	VUOTO
	10,00 – 11,50	gesso alterato in matrice argillosa
	11,50 – 12,50	gesso massivo

La falda è stata rinvenuta a 5,6 metri da p.c., nei pressi del contatto con il gesso alterato.

I terreni di riporto nei primi 4,5 metri si presentavano molto sciolti.

In sede di posa del pozzetto è stata evidenziata la presenza di una cavità, sotto il piano stradale, che è stata immediatamente segnalata all'Amministrazione Comunale.

5.0 CONSIDERAZIONI FINALI

Dai dati precedentemente illustrati, integrati dagli ulteriori elementi disponibili nei documenti tecnici consultati, è possibile ricavare alcuni elementi molto importanti sull'assetto geologico-idrogeologico dell'area e sui fenomeni in atto:

- Il substrato roccioso gessoso presenta una zona di altro strutturale presso la terminazione di monte di via Il giugno, verso il lavatoio, dove si trova a pochi metri dal p.c.. Lo stesso si mantiene a profondità contenute dal p.c. (6-8 metri) fino al lato di monte del pozzo 2, per poi approfondirsi bruscamente fino a 40 metri di profondità nello spazio di circa 10-15 metri. Non sono state rinvenute cavità e/o vuoti significativi all'interno del substrato roccioso sano, indice di possibili collassi profondi del sistema in tempi brevi. Tutte le zone interessate dai cedimenti presentano comunque il tetto del gesso (più o meno alterato) entro i 6-7 metri di profondità da p.c.
- Al di sopra del gesso, che nella sua parte superiore si presenta alterato, sono spesso presenti terreni di alterazione dello stesso, costituiti da limi sabbiosi, debolmente argillosi, con locali passate di ghiaia ed inclusi di gesso. Tali depositi mostrano una potenza anomala verso S2, probabilmente connessa, in parte, a fenomeni di riempimento di cavità e canali carsici.
- L'acqua, che mediamente si rinviene nel terreno ad una quota di circa 4-5 metri dal p.c., presenta zone di scorrimento puntuali e localizzate, come ben evidenziato durante le perforazioni e soprattutto dalle foto durante i lavori. Tale quota è spesso coincidente con il tetto del gesso e/o dei terreni di alterazione del gesso stesso. La falda superiore scorre al di sopra del gesso, a contatto con lo stesso e/o nei suoi

depositi di alterazione, con un deflusso guidato, in questa porzione superiore, dalla struttura di alto e successiva depressione del gesso stesso. I deflussi concentrati possono raggiungere portate significative, con relativo potere di trasporto solido e dilavamento, con aumenti importanti connessi alle precipitazioni. Ulteriori zone di scorrimento sono presenti anche all'interno del gesso stesso ed andranno maggiormente investigate con apposite analisi idrochimiche.

- I lavori realizzati nell'area di Trello sono stati certamente importanti ed impattanti nel sottosuolo (stante la presenza diffusa di scavi importanti, pozzi con pali, micropali suborizzontali, getti di notevoli quantità di boiaccia, perforazioni, riporti di notevoli quantità di materiali drenanti, ecc.) ed hanno sicuramente impattato sulla delicata situazione idrogeologica locale, che sta attualmente cercando un riassetamento, anche con nuove linee di deflusso sotterraneo o con un'accentuazione di alcune di quelle già esistenti.
- Le zone dei cedimenti sono caratterizzate dalla presenza di vuoti e cavità, come evidenziato dagli oltre 2 metri di vuoto rinvenuti in S1, dai cedimenti evolutivi e molto importanti in corso e da quanto evidenziato, in termini di sfondellamenti dietro i pali, durante i lavori, nonché dai vuoti anche in NPT2, NPT3 ed NPT9. Presso l'incrocio con la stradetta del Trello il sondaggio non ha evidenziato cavità, ma si tratta di un unico dato puntuale, certamente da verificare e potenziare, anche considerando che i lavori di consolidamento effettuato dall'ing. Crespi lungo la stradetta e nella proprietà vicina avevano intercettato alcune cavità, poi riempite.
- I vuoti sotterranei sono generati dall'azione delle acque sotterranee, che si sono create zone di deflusso preferenziale e concentrato, nelle quali sono in grado di

erodere e dilavare fisicamente la frazione fine dei terreni oltre a dissolvere le componenti gessose presenti. La progressiva creazione dei vuoti aumenta la velocità delle acque e conseguentemente il potere erosivo dello stesso, nonché l'ampliamento ed il progressivo cedimento / crollo dei vuoti stessi.

- Il fenomeno di cui sopra è potenziato ed accelerato dalle eventuali perdite delle reti delle acque, reti molto fitte nelle zone di interesse (2 tubazioni della sorgente Biff, acquedotto, fognatura acque nere, fognatura acque bianche, trincee drenanti, ecc.).

Si tratta quindi di un contesto molto complesso e delicato, a cui va aggiunta l'elevata urbanizzazione dei luoghi, con la presenza diffusa di edifici, che generalmente presentano già lesioni importanti connesse alla storia pregressa, e la fitta rete di sottoservizi e reti essenziali all'interno delle sedi stradali.

Un intervento che agisce in tale contesto deve quindi rispettare una serie di importanti caratteristiche:

- essere in grado di mitigare, anche solo parzialmente e temporaneamente, i fenomeni in atto;
- ridurre i rischi di cedimenti e crolli improvvisi della sede stradale,
- non creare aggravamenti dello stato di fatto nelle aree circostanti sia per quanto riguarda modifiche / alterazioni idrogeologiche, ma anche in termini di quadro fessurativo delle strutture (che andrà verificato prima, durante e dopo le eventuali opere),
- non deve pregiudicare di realizzare in futuro opere di mitigazione del rischio a carattere definitivo,
- deve consentire comunque di controllare l'evoluzione dei fenomeni.

Il primo elemento di attenzione è verifica è quello inerente i sottoservizi che, nelle zone dei cedimenti, dovranno essere puntualmente verificati dai gestori ed ove presentassero elementi di criticità a breve e/o rotture in essere dovranno essere sistemati e/o spostati.

Questo aspetto è essenziale sia per la sicurezza e l'incolumità pubblica (per es. per quanto riguarda la linea del metano) sia perché le rotture delle reti delle acque potenziano ed accelerano in maniera rapidissima i fenomeni di cedimento in atto.

Per quanto riguarda le cavità, è opportuno procedere ad una loro verifica ed al loro riempimento, perché un crollo improvviso delle cavità comporterebbe anche un cedimento della superficie.

In generale in questi casi si opera con iniezioni di miscele di vario genere dalla superficie, anche se si tratta, comunque, di un'operazione complessa e molto delicata nel contesto descritto.

Nel caso specifico è opportuno che i materiali di riempimento delle cavità possiedano una serie di caratteristiche, quali:

- siano leggeri, in modo da non gravare su eventuali ulteriori cavità sottostanti non note e comunque per non appesantire il sottosuolo,
- abbiano un grado di permeabilità comparabile ai terreni del sottosuolo, per non creare barriere al deflusso delle acque e spostare i flussi in altre zone,
- posseggano un certo grado di cementazione, per ridurre i rischi di dilavamento nel tempo e per garantire anche un effetto "piastra e/o soletta" per le porzioni soprastanti,
- non siano eccessivamente fluidi, per evitare una dispersione in piccole fessure e/o fratture o, come già successo in passato, per non intasare i sottoservizi

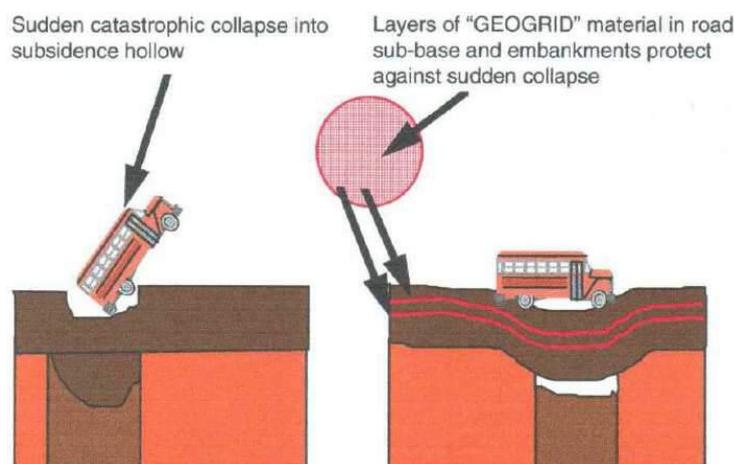
presenti nelle zone di intervento ma siano comunque pompabili, per garantire un adeguato riempimento dei vuoti principali.

L'opzione migliore è sarebbe quella di aprire, quando le cavità sono a profondità raggiungibile con l'escavatore e le condizioni logistiche lo consentono (per es. alcune porzioni del parcheggio di via 2 giugno), in modo da verificare direttamente l'entità e la geometria dei vuoti e procedere al riempimento a giorno, semplificando le operazioni di riempimento, con materiali analoghi a quelli di cui sopra.

E' chiaramente un'operazione delicata, stante il contesto urbanizzato e la vicinanza di edifici, strutture e sottoservizi ma certamente, ove realizzabile, quella maggiormente affidabile.

Alle attività di riempimento andrà abbinato un sistema di controllo e monitoraggio, con estensimetri / assestimetri in foro per verificare l'evoluzione dei fenomeni nel tempo nonché il comportamento di eventuali cavità più profonde (come rinvenuto in NPT 2).

Per quanto riguarda la sicurezza della sede viaria, una soluzione che è spesso utilizzata per prevenire e ridurre i rischi di collasso delle infrastrutture viarie in zona a rischio di sinkholes è quella di posare delle geogriglie ad alta resistenza sotto la sede stradale, secondo lo schema seguente:



Si tratta di un intervento leggero, che non impatta sull'assetto idrogeologico.

E' evidente che le geogriglie per poter lavorare correttamente hanno la necessità di essere ancorata adeguatamente (od a strutture esterne oppure lavorando su aree molto più ampie di quella dei cedimenti) e di essere adeguatamente reinterrate.

Si tratta di due aspetti che nel caso specifico devono essere verificati con attenzione, stante gli spazi molto confinati e la presenza di sottoservizi nel sottosuolo.

Proprio la presenza di questi ultimi è un elemento di criticità, perché la posa superficiale delle geogriglie, al di sopra dei sottoservizi, renderebbe complessi i controlli e gli eventuali interventi di manutenzione di urgenza degli stessi e non avrebbe comunque effetto sulla loro stabilità.

Inoltre è da valutare attentamente se procedere già in questa prima fase di interventi urgenti con le geogriglie o se inserirlo in una seconda fase successiva, in cui si procederà anche ad interventi più corposi sui sottoservizi (per es. spostamento in un tunnel tecnologico delle reti di via 2 giugno).

In ogni caso la posa di questi elementi deve essere abbinata ad adeguati sistemi di monitoraggio sia del loro comportamento che del sottosuolo, perché le geogriglie andranno parzialmente a mascherare, proprio per le loro caratteristiche, eventuali dinamiche evolutive, che invece è fondamentale tenere sotto controllo.



ALLEGATI

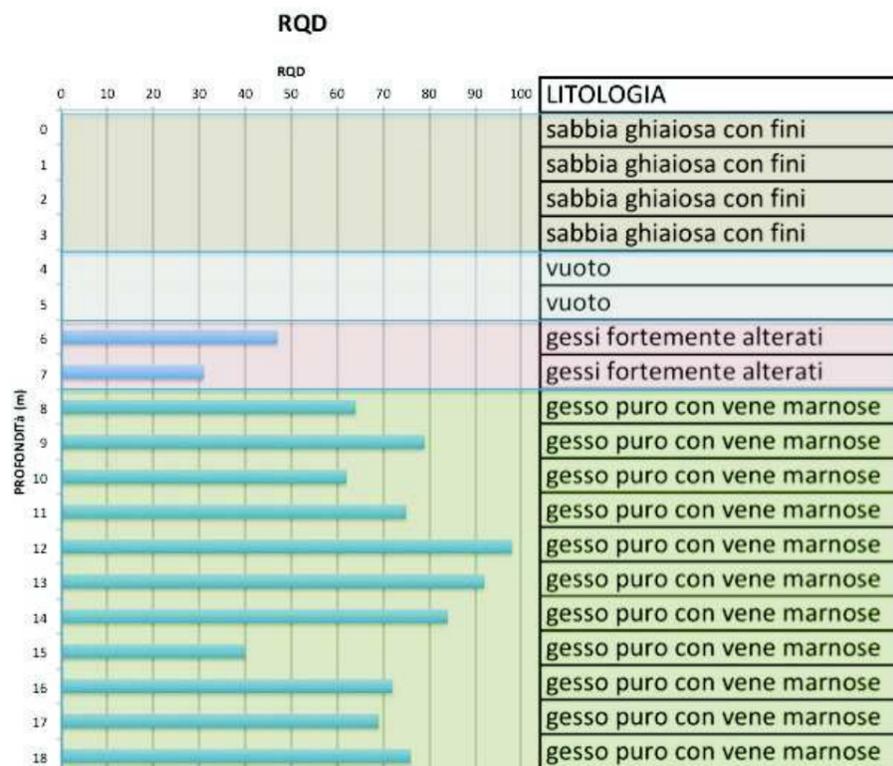
Allegato n° 1:	Stratigrafia del sondaggio S1
Allegato n° 2:	Stratigrafia del sondaggio S2
Allegato n° 3:	Stratigrafia del sondaggio NPT1
Allegato n° 4:	Stratigrafia del sondaggio NPT2
Allegato n° 5:	Stratigrafia del sondaggio NPT3
Allegato n° 6:	Stratigrafia del sondaggio NPT5
Allegato n° 7:	Stratigrafia del sondaggio NPT6
Allegato n° 8:	Stratigrafia del sondaggio NPT7
Allegato n° 9:	Stratigrafia del sondaggio NPT8
Allegato n° 10:	Stratigrafia del sondaggio NPT9



COMUNE DI LOVERE
PROVINCIA DI BERGAMO

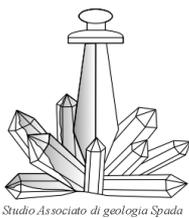
SONDAGGIO S1

Prof. m.p.c.	Colonna Stratigrafica	Prof. da p.c.	Descrizione litologica	R.Q.D.		Campione		Strument. Installata	Livello Falda	Poket penet.		Van test	
				Prof.	R.Q.D.	N°	Prof.			Prof.	Kg/cq	Prof.	Kg/cmq
0.00													
-1.00			Sabbie limoso ghiaiose sciolte con clasti poligenici da subangolosi a subarrotondati. Localmente umido. Scarso addensamento e poco recupero.					Piezometro ϕ 4"	-3.70				
-2.00													
-3.00		-2.88											
-4.00			Vuoto.										
-5.00		-5.00											
-6.00			Limosi sabbiosi argillosi di colore bruno chiaro, plastico con presenza di ciottoli centimetrici di natura prevalentemente gessosa. Bagnato.					Piezometro ϕ 3"					
-7.00		-6.75											
-8.00		-8.00											
-9.00			Gesso di colore bianco latte, a grana fine, laminato e molto alterato. Presenza di intercalazioni grigio scure. Tra 7,16 e 7,33 i gesso è inglobato in una matrice terrigena fine.										
-10.00													
-15.00													
-19.20		-19.20											
-20.00			Gesso da massivo a fratturato, con struttura variabile da omogenea e saccaroide fino a laminata. Presenza di intercalazioni marnose e dolomitiche grigie. Nel primo metro presenza di cristalli di pirite cubica. Tra 10,22 e 10,39, 15,30 e 15,65 e tra 17,44 e 17,68 evidenti segni di erosione/dissoluzione per la presenza di scorrimento delle acque.										



Il grafico rappresenta una stratigrafia approssimativa, confrontata con i relativi valori di RQD.

C.T.R.: Foglio D4a5 - scala 1:10.000	Quota: 230,00 m s.l.m.	Profondità totale: -19,20 metri
Data: 22 marzo 2016	Ditta: Geocam s.r.l. di Berzo informazione (BS)	Committente: Comune di Lovere
Operatore: Lorenzo Feriti	Tecnico di cantiere: dr. Simone Sala	Sonda: Atlas Mustag 5-F4
Metodo di perforazione: carotaggio continuo	Diametro di perforazione: 101 mm	Diametro rivestimento: 127 mm fino a -19,20 m dal p.c.
Tipo di corona: vidiam	Acqua: -3.70 m s.l.m.	Strumentazione: piezometro ϕ 3"/4"
File: Lovere_dissesto_trello_S1	Informatizzazione: dr. Susanna Bianchi	Note: Piezometro esterno ϕ 4" franato



Committente: Comune di Lovere

Località: Lovere

Data inizio/fine: 31 Gennaio 2017/ 31 Gennaio 2017

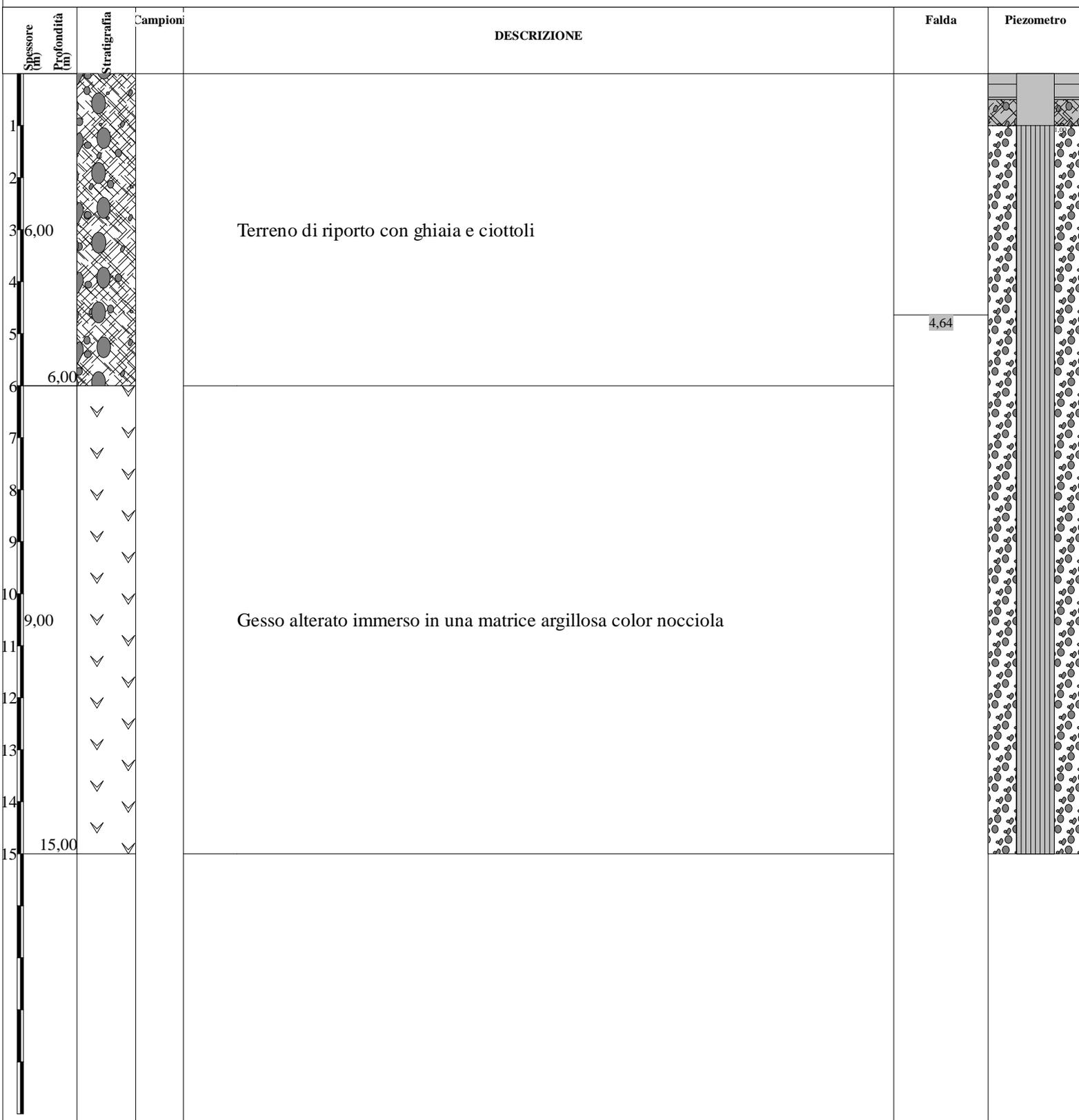
Attrezzatura: Sonda Atlas S4

Lunghezza perforazione (m): 15,0

Scala 1:100

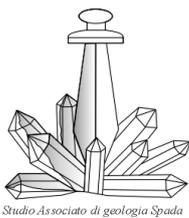
Quota del p.c. s.l.m.(m):

Sigla: NPT1



Operatore: Lorenzo Feriti
 Metodo di perforazione: Carotaggio a distruzione
 Diametro di perforazione: 101 mm
 Diametro di rivestimento: 127 mm fino a -15m dal p.c.

Coordinate X: 582814.665874999950
 Coordinate Y: 5073886.1175300004



Committente: Comune di Lovere

Località: Lovere

Data inizio/fine: 31 Gennaio 2017/ 31 Gennaio 2017

Attrezzatura: Sonda Atlas S4

Lunghezza perforazione (m): 12,5

Scala 1:100

Quota del p.c. s.l.m.(m):

Sigla: NPT2

Spessore (m)	Profondità (m)	Stratigrafia	Campioni	DESCRIZIONE	Falda	Piezometro
1	4,50			Terreno di riporto		
2						
3						
4	4,50					
5	1,50			Cavità		
6	6,00				5,6	
7						
8	3,00			Gesso alterato immerso in una matrice argillosa		
9	9,00					
10	1,00			Cavità		
11	10,00					
12	1,50			Gesso alterato immerso in una matrice argillosa		
	11,50					
	1,00			Gesso massivo		
	12,50					

Operatore: Lorenzo Feriti

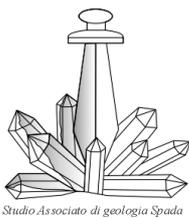
Metodo di perforazione: carotaggio a distruzione

Diametro di perforazione: 101 mm

Diametro rivestimento: 127mm fino a -12,5m dal p.c.

Coordinate X: 582865.73056000050

Coordinate Y: 5073920.91031000020



Committente: Comune di Lovere

Località: Lovere

Data inizio/fine: 03 Febbraio 2017/ 03 Febbraio 2017

Attrezzatura: Sonda Atlas S4

Lunghezza perforazione (m): 8,0

Quota del p.c. s.l.m.(m): 230,06

Scala 1:51

Sigla: NPT3

Spessore (m)	Profondità (m)	Stratigrafia	Campioni	DESCRIZIONE	Falda	Piezometro
1,00	1,00	[Cross-hatched pattern]		Terreno di riporto		[Cross-hatched pattern]
0,30	1,30			Cavità		
0,20	1,50	[Dotted pattern]		Terreno sciolto		
1,20				Cavità		
2,70						
1,30		[Cross-hatched pattern]		Terreno di riporto		
4,00					4,01	
4,00		[Downward arrow pattern]		Gesso massivo		
8,00						

Società: Geocam s.r.l.

Operatore: Lorenzo Feriti

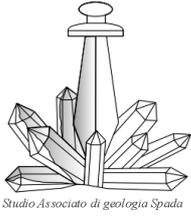
Metodo di perforazione: carotaggio a distruzione

Diametro di perforazione: 101 mm

Diametro rivestimento 127 mm fino a -8 m dal p.c.

Coordinate X: 582853.030535000030

Coordinate Y: 5073854.10288000010



Committente: Comune di Lovere

Località: Lovere

Data inizio/fine: 02 Febbraio 2017/ 02 Febbraio 2017

Attrezzatura: Sonda Atlas S4

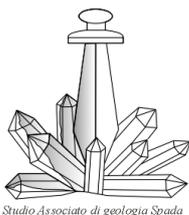
Lunghezza perforazione (m): 8,0

Scala 1:100

Quota del p.c. s.l.m.(m):

Sigla: NPT5

Spessore (m)	Profondità (m)	Stratigrafia	Campioni	DESCRIZIONE	Falda	Piezometro
				<p>Terreno di riporto costituito da ghiaia e ciottoli grossolani</p>		



Committente: Comune di Lovere

Località: Lovere

Data inizio/fine: 30 Gennaio 2017/ 30 Gennaio 2017

Attrezzatura: Sonda Atlas S4

Lunghezza perforazione (m): 10,0

Scala 1:100

Quota del p.c. s.l.m.(m): 236,5

Sigla: NPT6

Legenda campioni: =rimaneggiato =S.P.T. =da vane test =a percussione =indisturbato a pressione =indisturbato rotativo

Spessore (m)	Profondità (m)	Stratigrafia	Campioni	DESCRIZIONE	Falda	Piezometro
0,40	0,40			Sabbia marrone ghiaiosa con limo di colore marrone e livelli millimetrici di argilla grigia. la dimensione dei ciottoli va da m		
0,16	0,56		0,75	Sabbia con ghiaia marrone chiaro. I ciottoli sono millimetrici e hanno in media dimensioni minori rispetto a quelli precedenti		
0,32	0,88		1,15	Limo sabbioso di colore marrone scuro con inserti di argilla grigia. Molto compatto, presenta un pò di ghiaia ma meno rispe		
0,17	1,05			Limo sabbioso di colore marrone scuro. Molto compatto, presenta un pò di ghiaia ma meno rispetto agli spezzoni precedenti		
0,45	1,50			Sabbia limosa con ghiaia e ciottoli poligenici centimetrici		
0,50	2,00		2,00	Ciottoli centimetrici di arenaria di colore rosso con polveri e grani millimetrici asciutti		
0,35	2,35			Ciottoli di arenaria rossa di dimensioni centimetriche immersi in una matrice fine bagnata della stessa composizione. Lamat		
0,65	3,00			Ciottoli di arenaria rossa immersi in polveri della stessa natura sature di acqua con livelli millimetrici di argilla marrone.		
0,50	3,50		3,40	Ciottoli di arenaria rossa di dimensioni centimetriche immersi in una matrice fine bagnata della stessa composizione. La ma	3,3	
1,25	4,75			Argille inorganiche molto plastiche di colore nocciola, sature in acqua e molto coesive		
0,67	5,42		5,60	Ciottoli grossolani poligenici con dimensioni centimetriche		
0,62	6,04		6,40	Argille grigie coesive plastiche con livelli color nocciola		
1,76	7,80			Limi coesivi plastici neri con forte odore organico. Presenza di un forte contenuto limoso per via della presenza di una certa		
1,20	9,00		8,50	Argille grigie coesive plastiche con passate color nocciola		
1,00	10,00			Sabbie limose argillose di colore marrone nocciola con livelli di argilla grigia, inserti di ghiaia con dimensioni millimetriche		

Società: Geocam s.r.l.

Operatore: Lorenzo Feriti

Metodo di perforazione: carotaggio continuo

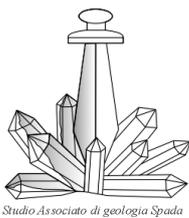
Diametro di perforazione: 101 mm

Diametro rivestimento: 127mm fino a -10m dal p.c.

Tipo di corona: Widia

Coordinate X: 582827.79358499980

Coordinate Y: 5073764.8158600004



Committente: Comune di Lovere

Località: Lovere

Data inizio/fine: 30 Gennaio 2017/ 30 Gennaio 2017

Attrezzatura: Sonda Atlas S4

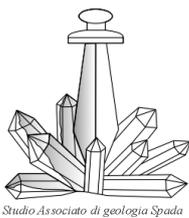
Lunghezza perforazione (m): 10,0

Scala 1:100

Quota del p.c. s.l.m.(m): 234,14

Sigla: NPT7

Legenda campioni:		=rimaneggiato	=S.P.T.	=da vane test	=a percussione	=indisturbato a pressione	=indisturbato rotativo		
Spessore (m)	Profondità (m)	Stratigrafia	Campioni	DESCRIZIONE	Falda	Piezometro			
1	3,00			Terreno di riporto					
2									
3	3,00								
4	1,50			Terreno molto sciolto, possibile cavità	3,25				
5	4,50								
6									
7	4,40			Terreno sciolto con limi, argille e trovanti di gesso alterato					
8									
9	8,90								
10	1,10			Gesso massivo					
	10,00								



Committente: Comune di Lovere

Località: Lovere

Data inizio/fine: 14 Febbraio 2017/ 14 Febbraio 2017

Attrezzatura: Sonda Atlas S4

Lunghezza perforazione (m): 9,0

Scala 1:100

Quota del p.c. s.l.m.(m):

Sigla: NPT8

Legenda campioni: =rimaneggiato =S.P.T. =da vane test =a percussione =indisturbato a pressione =indisturbato rotativo

Spessore (m)	Profondità (m)	Stratigrafia	Campioni	DESCRIZIONE	Falda	Piezometro
1	2,40			Terreno di riporto con trovanti, ciottoli e sabbia		
2	2,40					
	0,40 2,80			Limi sabbiosi plastici / torba verdastra		
3	1,30			Limi sabbiosi plastici marroncini		
4	4,10					
	0,40 4,50			Limo argilloso marroncino		
5			5,20			
			5,40			
6	2,60			Argilla limosa giallastra		
7	7,10		7,60	Ghiaia / strato permeabile	7,1	
	0,40 7,50					
8	0,50 8,00		8,40	Argilla limosa giallastra		
	1,00			Torba		
9	9,00					

Società: Geocam s.r.l.

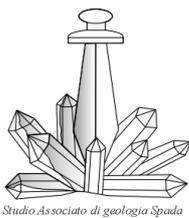
Diametro rivestimento: 127 mm fino a -9 m dal p.c.

Operatore: Lorenzo Feriti

Metodo di perforazione: carotaggio continuo

Diametro di perforazione: 101 mm

Dopo la perforazione si è verificata la risalita del livello dell'acqua fino a -1,2 m dal p.c.



Committente: Comune di Lovere

Località: Lovere

Data inizio/fine: 14 Febbraio 2017/ 14 Febbraio 2017

Attrezzatura: Sonda Atlas S4

Lunghezza perforazione (m): 6,7

Scala 1:100

Quota del p.c. s.l.m.(m):

Sigla: NPT9

Legenda campioni: =rimaneggiato =S.P.T. =da vane test =a percussione =indisturbato a pressione =indisturbato rotativo

Spessore (m)	Profondità (m)	Stratigrafia	Campioni	DESCRIZIONE	Falda	Piezometro
1,00	1,00			Ghiaia asciutta di riporto		
0,80	1,80			Ghiaia (umida?) di riporto		
0,20	2,00			Terreno fine con ghiaia		
0,20	2,20			Ghiaia		
0,30	2,50			Terreno fine con ghiaia		
1,00	3,50			Cavità		
0,50	4,00		4,60	Terreno fine misto a polvere di gesso	3,7	
2,50				Terreno fine misto a polvere di gesso e poca ghiaia		
0,20	6,50			Gesso compatto		
0,20	6,70					