

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

1° LOTTO STRALCIO _ OPERE PRESSO SORGENTE BIFF

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@lncgarc-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 Orlando G.M. e Bianchi S. Via Zuccala Locatelli 3 - Bergamo (BG) Tel: 035/516090 - fax: 035/513738 - e-mail: info@studiogeospada.it	
--	---	--

							per approvazione
02							
01							
00	08 - 2021	Emissione	--	--	--		
N°	DATA	REVISIONE	DIS	VER	APP		Responsabile del Procedimento

Titolo:

DOC. N.

PIANO DI MONITORAGGIO

07

COMMESMA	FASE	DOC	PROGR.	REV.	SCALA
3 1 1	P E	G E	0 0 7	0 0	---

INDICE

<i>1.0 PREMESSE E DATI SUL DISSESTO E SULLE CRITICITA'</i>	<i>3</i>
<i>2.0 SCELTE PROGETTUALI E COMPLESSITA' DELLE STESSE.....</i>	<i>6</i>
<i>3.0 PIANO DI MONITORAGGIO</i>	<i>10</i>

1.0 PREMESSE E DATI SUL DISSESTO E SULLE CRITICITA'

La presente relazione ha lo scopo di illustrare il piano di monitoraggio che è stato previsto nel presente progetto esecutivo dell'intervento delle opere di *"mitigazione del rischio idrogeologico da sprofondamento nei pressi dell'area del Trello – 1° LOTTO STRALCIO – opere presso la sorgente Biff"*, in Comune di Lovere (BG).

La complessità del dissesto che interessa l'area e la particolare dinamica dei fenomeni idrogeologici, rendono di fondamentale importanza un piano di monitoraggio, sia durante i lavori che anche al termine degli stessi, nel tempo.

Anche Regione Lombardia in sede di Conferenza dei Servizi per il progetto definitivo ha evidenziato l'importanza di questo elemento, con una serie di richieste e prescrizioni sul tema specifico:

- 1) Come si prevede di valutare l'efficacia nel tempo degli interventi previsti (in particolare l'adduzione di CO2).
- 2) Quale cadenza per i campionamenti chimici delle acque.
- 3) Prevedere un aggiornamento sistematico sull'andamento dei monitoraggi in base alla velocità di evoluzione dei fenomeni.

Il presente documento fornisce risposta ai quesiti di Regione Lombardia ed illustra, complessivamente, le attività di monitoraggio previste dal presente progetto e/o gestite dall'Amministrazione, al di fuori del presente finanziamento, ma il cui proseguo è fondamentale per valutare sia l'efficacia delle opere che l'evoluzione dei fenomeni.

Il presente progetto rientra nell'ambito degli interventi di difesa del suolo, atti a *mitigare il rischio da sprofondamento per sinkholes, nella zona urbanizzata del Trello.*

L’area è classificata quale area a rischio idrogeologico molto elevato ex L. 267/98 ed è già stata oggetto in passato di interventi di consolidamento.

Il proseguire di alcune dinamiche di cedimento, concentrate lungo le viabilità principali, richiede ulteriori interventi, finalizzati a ridurre la formazione delle cavità sotterranee ed a garantire una maggiore protezione rispetto a cedimenti improvvisi, sia delle reti dei sottoservizi sia delle viabilità.

Lo scopo ultimo è quello di mitigare il rischio idrogeologico nella zona fortemente urbanizzata del Trello.

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, azione glaciale e post glaciale, ecc.).

Si tratta di un fenomeno complesso dal punto di vista geologico, idrogeologico e chimico, le cui caratteristiche sono ampiamente descritte nella relazione geologica, nella relazione illustrativa e negli elaborati grafici del presente progetto, cui si rimanda per tutti i dettagli.

L’area del Trello è stata oggetto di imponenti interventi di consolidamento nel tempo, di cui il principale tra il 2009 ed il 2013 per una spesa di oltre 5M€.

Il perdurare di elementi di cedimento, principalmente su viabilità ed aree pubbliche, ha riportato l’attenzione su questa area e comportato la necessità di ulteriori interventi.

Un intervento in tal senso è stato completato nel 2018, sotto il coordinamento degli Scriventi, ed ha previsto attività di riempimento di cavità e vuoti in zone di cedimento delle sedi stradali, con il solo scopo di tamponare la situazione, in attesa di opere “più

strutturate e coordinate”, come quelle del progetto globale di cui al precedente paragrafo e di cui il presente progetto rappresenta un primo stralcio particolarmente importante ed urgente.

Per il presente intervento si parla di mitigazione del rischio perché in natura, in materia di difesa del suolo, non è mai possibile eliminare completamente il rischio; a maggior ragione questo vale per un contesto complesso ed articolato come quello del Trello, per un tema fortemente evolutivo e tempo-dipendente come la dissoluzione dei gessi.

Per il tipo di intervento, che punta ad agire proprio sul contesto idrogeologico, la conoscenza di questi aspetti è certamente fondamentale.

Le risultanze di tali ulteriori misure e monitoraggi potrebbero comportare la necessità di apportare modifiche e variazioni alle opere di progetto, in sede esecutiva, in relazione ai monitoraggi che verranno attuati.

Per questo il progetto è stato strutturato a misura, con controlli e monitoraggi durante lo sviluppo dei lavori stessi, che potranno comportare modifiche e/o adeguamenti, da gestire secondo i limiti di legge, al fine di ottimizzarne le risultanze.

Questo soprattutto perché si tratta di un intervento sperimentale e privo di precedenti esperienze, che dovrà essere verificato e gestito in fase operativa, come meglio specificato di seguito.

Il presente piano di monitoraggio si concentra essenzialmente su due elementi fondamentali:

- Verifica della funzionalità delle opere nel tempo. Questo aspetto è essenziale per valutare sia l'efficacia degli interventi, per definire eventuali nuove opere

integrative e per individuare la necessità di interventi importanti di manutenzione e/o ripristino delle opere stesse;

- Controllo dell’evoluzione dei fenomeni nel tempo, con il potenziamento del sistema di monitoraggio geologico-idrogeologico esistente, con finalità sia conoscitive che di controllo del territorio a fini di protezione civile.

2.0 SCELTE PROGETTUALI E COMPLESSITA’ DELLE STESSE

Nel presente progetto si prevedono opere a carattere “idrogeologico” di mitigazione del rischio da effettuarsi nei pressi della sorgente Biff, che è ritenuta il motore idrogeologico di una serie di fenomeni di dissoluzione dei gessi e cedimento dei terreni e delle strutture presenti.

Il presente intervento quindi comprendere tre linee operative:

- 1) *riduzione dei flussi dalla zona della Biff verso il Trello,*
- 2) *trattamento chimico per ridurre l’aggressività delle acque*
- 3) *monitoraggio dei parametri idrochimici e degli spostamenti nel tempo.*

Si tratta di concetti semplici in linea generale, ma certamente complessi da attuare nel caso specifico.

Come si vede il monitoraggio è considerato un elemento “progettuale” ed “operativo” vero e proprio, al pari delle opere.

In questo paragrafo si farà una breve disamina dei punti 1 e 2; il punto del monitoraggio è analizzato al paragrafo seguente.

1) Riduzione dei flussi dalla zona della Biff verso il Trello

Un intervento di riduzione delle portate di deflusso dalla zona della sorgente Biff all'anfiteatro del Trello deve agire sulle oscillazioni a seguito delle precipitazioni.

In questi momenti le portate del sistema aumentano in modo impulsivo, importante, apportando al sistema acque molto aggressive chimicamente.

L'eliminazione di questi picchi di portata può apportare un significativo beneficio al sistema, riducendo le forti variazioni di portata e di velocità, nonché di chimismo, principali fattori che agiscono sulla dissoluzione del gesso.

Infatti, una eccessiva riduzione dei quantitativi di acqua verso il Trello potrebbe risultare negativa ed innescare cedimenti e/o sprofondamenti parziali (in alcune cavità la presenza e la spinta dell'acqua contribuiscono certamente al sostentamento).

La riduzione dei flussi potrà avvenire sia per gravità, compatibilmente con le quote dell'acqua, che, per la maggior parte, con emungimento in pozzo.

Per intercettare le acque si è prevista la realizzazione di una serie di pozzi di grande diametro, perforati fino a 12-16 metri di profondità (intestati nel gesso) e sostenuti ad un lamierino metallico, del tutto analoghi a quelli utilizzati per il drenaggio profondo dei pendii in frana.

In strutture di questo tipo, che non costituiscono ostacolo al flusso normale della falda per la loro natura permeabile, è possibile:

- ✓ realizzare un dreno di scarico per gravità delle acque verso il tubo di deflusso della sorgente Biff, alla minima quota possibile, per ridurre per gravità i picchi di innalzamento conseguenti alle piogge;

- ✓ inserire dei sistemi di pompaggio, controllati da un galleggiante, per emungere le acque in afflusso solamente nel momento in cui il livello delle stesse si inizia ad alzare nel sottosuolo, alle quote definite progettualmente.

Per il dreno a gravità la quota è condizionata da quella del recettore.

Per il sistema di pompaggio la regolazione dei galleggianti potrà essere modificata nel tempo, in base ai controlli ed ai monitoraggi.

Per l'emungimento delle acque e la regolazione dei flussi sarà possibile, in futuro, eventualmente utilizzare anche le opere già presenti, nello specifico i pozzi sostenuti da pali a grande diametro costruiti per realizzare i micropali suborizzontali.

L'attuale punto di recapito è rappresentato dalla grande tubazione interrata (diametro 800 mm) che già adesso scarica le acque della sorgente Biff verso il lago.

2) Trattamento chimico per ridurre l'aggressività delle acque

L'effetto di dissoluzione chimica agisce verosimilmente nelle fasi iniziali del fenomeno di dissoluzione; nel seguito domina l'effetto di piping.

L'idea progettuale è di agire su due fronti:

- 1) aumentare il contenuto di solfati nelle acque per ridurne l'aggressività nei confronti delle rocce gessose;
- 2) cercare di spingere il sistema idrochimico e depositare sul fondo dei canali di deflusso un sale insolubile, che possa aiutare a ridurre i fenomeni di erosione nel tempo.

Il primo intervento può essere attuato in maniera relativamente semplice in modalità analoga a quello utilizzato nel campo prove dall'Università Bicocca: realizzare delle

perforazioni nel sottosuolo, a profondità tali da interferire con l’acqua presente, e riempirle con materiale con elevato contenuto di solfato di calcio (frammenti di gesso).

Le acque sotterranee nel loro naturale deflusso sciolgono il gesso, aumentano il loro carico di solfati e divengono, in conseguenza, meno aggressive nei confronti del substrato gessoso.

Per potenziare l’efficacia di questo trattamento è stato previsto di:

- ✓ realizzare una cortina molto fitta (per es. con perforazioni ravvicinate), con una profondità di 10-12 metri,
- ✓ localizzare la zona di trattamento con i solfati a valle dei pozzi di emungimento (nella zona compresa tra i pozzi e la strada), in modo da dover trattare dei quantitativi ridotti di acque sotterranee,
- ✓ utilizzare un solfato di calcio velocemente solubile, per esempio già ridotto in polvere oppure in soluzione.

Per il secondo punto l’idea progettuale è quella di utilizzare e forzare artificialmente il fenomeno della dissoluzione incongruente che si verifica naturalmente nelle grotte di gesso e che permette il naturale deposito di speleotemi ed incrostazioni di carbonato di calcio. Questo ultimo è un sale praticamente insolubile, che tende a ricoprire il gesso ed a “proteggerlo” nei confronti dell’erosione.

Il fenomeno si innesca quando le acque meteoriche si arricchiscono in CO₂: quando le acque solubilizzano solfato di calcio biidrato, sciogliendo il gesso, si saturano e depositano il carbonato di calcio.

L’idea progettuale è quindi quella di addizionare l’acqua di CO₂ (anidride carbonica): all’aumentare del contenuto in solfato di calcio le stesse dovrebbero depositare naturalmente carbonato di calcio.

Allo stato attuale non esistono esperienze specifiche di trattamento chimico analoghe a quelle sopra indicate ed anche le esperienze di laboratorio sono poco rappresentative, stante la complessità idrogeologica ed idrochimica dei sistemi naturali.

Il cantiere sarà quindi impostato come un grande campo prove, per il trattamento chimico, monitorando i parametri delle acque a monte ed a valle delle opere, al fine di verificare l’efficacia degli stessi.

3.0 PIANO DI MONITORAGGIO

Il fenomeno di dissesto è ampio, articolato ed estremamente complesso da tutti i punti di vista (geologico, idrogeologico, idrochimico, per la sovrapposizione di opere del passato, per l’elevata urbanizzazione delle aree, ecc.).

Il tema dei monitoraggi in questo contesto è fondamentale per:

- ✓ *acquisire maggiori elementi conoscitivi sul comportamento del sistema geologico-idrogeologico,*
- ✓ *verificare l’evoluzione dei fenomeni di dissesto,*
- ✓ *valutare l’efficacia delle opere nel tempo,*
- ✓ *definire le possibili necessità di intervento aggiuntive,*
- ✓ *individuare le possibili criticità per strutture ed infrastrutture.*

Il monitoraggio riguarderà:

- ✓ assetto idrogeologico: potenziamento dei piezometri nell'area di intervento e nella zona del Trello, a valle delle opere (stante la presenza di numerosi piezometri a monte ed in linea con le nuove opere), misura dei livelli idrici nei pozzi, misura portate emunte per gravita e dai pompaggi;
- ✓ assetto idrochimico: campagne di misura dei parametri di temperatura, PH, conducibilità ed ossigeno disciolto lungo tutta la verticale dei piezometri con apposita sonda multiparametrica, per la verifica delle modifiche del chimismo delle acque a valle delle opere e campagne di campionamento delle acque con analisi chimica per solfati, carbonati e ione calcio presenti nell'acqua;
- ✓ deformazioni del suolo: realizzazione e messa in opera di estensimetri multibase in foro, proseguo dei controlli topografici tradizionali e con laserscanner.

L'analisi e la valutazione combinata di tutti gli elementi di cui sopra consentirà anche di valutare l'efficacia delle opere nel suo complesso (riduzione dei flussi idrici a valle della Biff, modifiche delle caratteristiche chimiche delle acque per renderle meno aggressive verso i gessi ed in grado di depositare carbonato di calcio, riduzione / limitazione dei fenomeni di cedimento del suolo).

Alcune delle opere e delle attività relative al monitoraggio sono state inserite tra i lavori in appalto (principalmente il potenziamento delle strumentazioni sia idrogeologiche che sulle deformazioni).

I monitoraggi per la parte chimica ed idrogeologica sono da gestire sia durante i lavori che per ulteriori 4 mesi al termine degli stessi, sono inseriti tra le somme a disposizione, per una gestione più consona da parte del Comune, con affidamenti specifici a Tecnici

qualificati e competenti e soprattutto svincolati dalla Ditta esecutrice dei lavori, che sarà oggetto di controllo proprio con tali monitoraggi.

1) Opere di monitoraggio già attive, a carico dell'Amministrazione, da proseguire

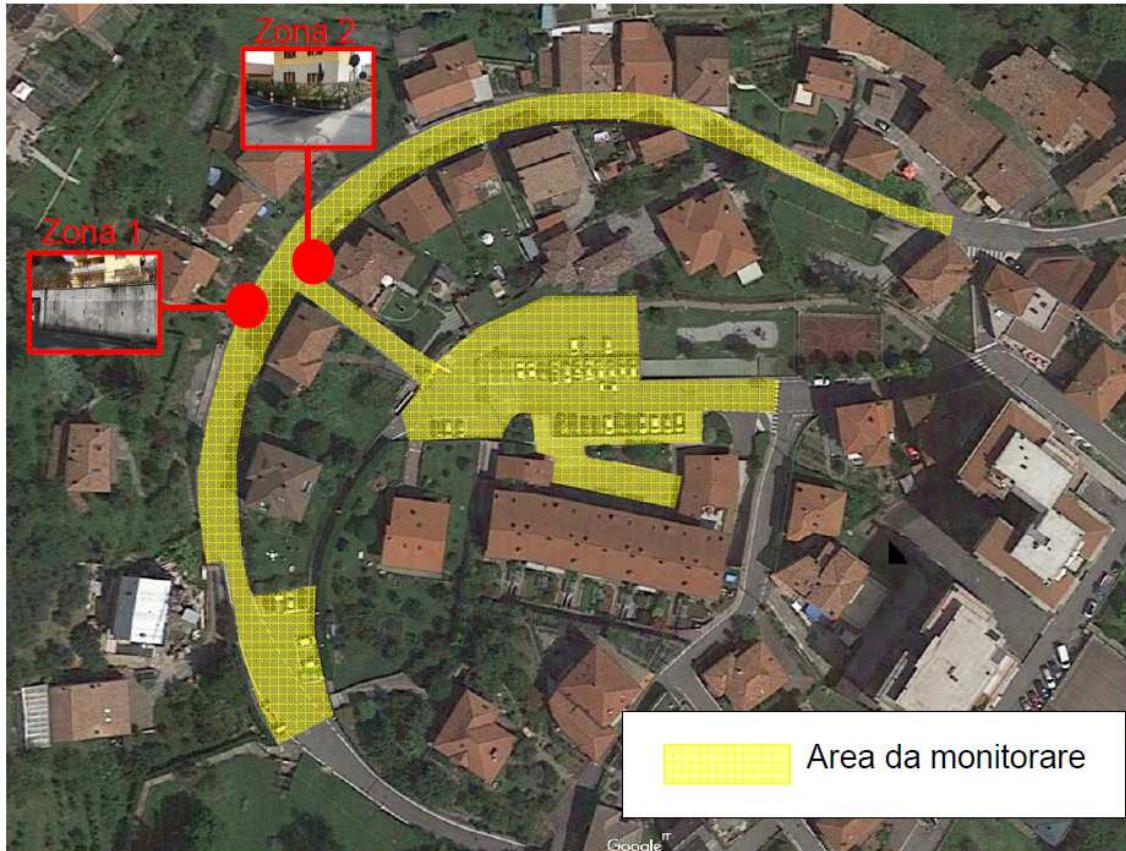
Il Comune di Lovere, negli ultimi anni, ha realizzato (in parte riattivando strumenti di controllo messi in opera con il massiccio intervento di consolidamento del 2010-2012) un sistema di monitoraggio automatizzato, con trasmissione dei dati su piattaforma web, costituito da:

- ✓ N° 1 Centralina meteorologica con sensore di temperatura e precipitazione,
- ✓ N° 5 piezometri attrezzati con trasduttore per le misure in continuo (si tratta dei 5 sondaggi realizzati per il presente progetto nella zona della sorgente Biff – per localizzazione fare riferimento all'allegato 1 della relazione geologica),
- ✓ N° 17 fessurimetri ubicati su edifici posti lungo le vie 2 giugno e IV novembre (si tratta di sensori messi in opera dalla Ditta Sikotec per il lavoro di consolidamento del Trello, ritirati, collaudati, riattivati e collegati al nuovo data logger).

Il sistema di monitoraggio attivato dal Comune di Lovere comprende anche il rilievo delle aree di maggiore criticità, lungo le quali sono ubicati anche gli edifici monitorati (via 2 giugno – via IV novembre e stradetta del Trello), con Laserscanner ad alta risoluzione 3D, a cadenza trimestrale, con confronto delle nuvole di punti tra i successivi rilievi e mappatura quantitativa delle aree di deformazione del suolo (cedimento).

Il rilievo è integrato dal controllo topografico di precisione, con l'ausilio di una serie di target, di due zone con murature di confine che presentano significative fessure e lesioni.

La zona oggetto del rilievo laserscanner e le aree con verifiche puntuali sono visualizzate nell'immagine seguente.



Il monitoraggio nel complesso riguarda gli aspetti idrogeologici e quelli relativi alle deformazioni del suolo (comprese le ripercussioni su alcuni edifici e strutture – anche se l'interpretazione di queste ultime è sempre complessa, in un contesto con urbanizzazioni datate).

Queste attività sono attive, in modo progressivo, da alcuni anni e sono interamente finanziate dall'Amministrazione Comunale di Lovere con risorse di bilancio; le stesse non sono finanziate con il presente progetto.

Si tratta di monitoraggi di fondamentale importanza ed è quindi indispensabile che queste attività di monitoraggio e controllo vengano mantenute attive.

2) *Nuove opere ed attività di monitoraggio nei lavori in appalto*

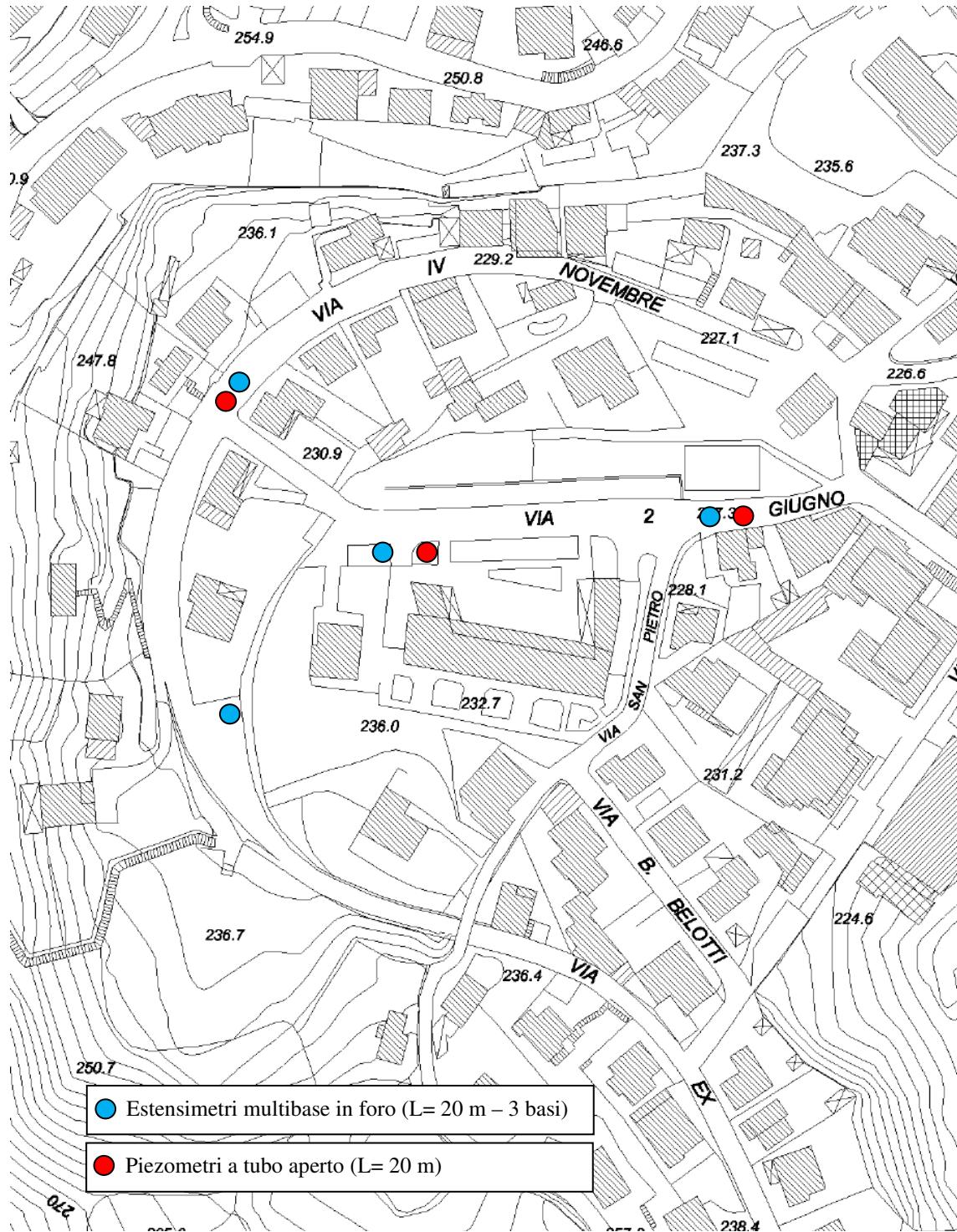
Il progetto prevede una serie di lavori finalizzati sia al potenziamento del sistema di monitoraggio esistente (deformazioni del suolo) che finalizzati alla verifica dell'efficacia delle opere in corso di realizzazione, con particolare riferimento agli aspetti idrogeologico – idrochimico – geochimico.

Nel dettaglio le opere previste sono le seguenti (per maggiori dettagli è possibile fare riferimento al computo metrico estimativo dei lavori – Sp5 “monitoraggi e controlli”):

- ✓ N° 3 estensimetri multibase in foro di sondaggio. Nello specifico si prevede la realizzazione di sondaggi a distruzione fino alla profondità di 20 metri cad. con la successiva messa in opera di estensimetri a 3 basi. La profondità di posizione ed ancoraggio delle basi verrà definita dopo la perorazione in base alla stratigrafia.
- ✓ N° 4 piezometri a valle della zona di intervento (scarico / pompaggio acque e trattamento chimico). Si prevede la realizzazione di sondaggi a distruzione da 20 ml di profondità media con la successiva messa in opera di tubo microforato da 4''. I piezometri saranno utilizzati per:
 - ✓ Misura dei livelli idrici a valle dei pozzi drenanti profondi e dello scarico delle acque di falda per gravità e pompaggio
 - ✓ Esecuzione di log idrochimici, con sonda multiparametrica (attività gestite con le somme a disposizione dell'Amministrazione – vedi in seguito),
 - ✓ Prelievo di campioni di acqua per analisi idrochimiche (attività gestite con le somme a disposizione dell'Amministrazione – vedi in seguito).

L'immagine seguente visualizza l'ubicazione indicativa degli estensimetri e dei piezometri.

La localizzazione e la lunghezza di dettaglio verranno definita dalla DL in sede esecutiva.



✓ N° 12 sondaggi a carotaggio continuo fino alla profondità media di 15 metri da p.c. I sondaggi verranno realizzati durante il progredire dei lavori, con lo scopo di verificare l'efficacia del trattamento chimico delle acque, con particolare riferimento alla deposizione di carbonato di calcio al di sopra del gesso, nelle zone di passaggio dell'acqua.

I sondaggi verranno quindi realizzati in fasi successive dei lavori, per valutare il progredire dei fenomeni di modifica chimica delle acque e di attivazione del fenomeno della dissoluzione incongruente. In particolare è prevista l'esecuzione in gruppi da 3 sondaggi, in differenti posizioni rispetto alla zona del trattamento chimico, in 4 volte successive.

Nel progetto è previsto il prelievo di 1 campione indisturbato in ogni sondaggio per effettuare analisi di laboratorio per verificare la presenza di croste di carbonato di calcio (con analisi delle sezioni sottili e/o analisi difrattometriche del materiale).

L'ubicazione dei sondaggi potrà essere definita solo durante lo svolgimento dei lavori, sulla base delle misurazioni idrogeologiche ed idrochimiche che verranno effettuate.

Il progetto prevede anche una serie di sistemi di controllo dei livelli idrici nei pozzi drenanti profondi (trasduttori collegati al galleggiante ed alle pompe di emungimento) e di controllo delle qualità di acqua scaricate nel tubo della sorgente Biff (misuratori di portata sulle pompe e sistema di misura a stramazzo degli scarichi a gravità).

In questa fase non è prevista l'automazione degli strumenti (piezometri, estensimetri multibase, sensori chimici).

Gli strumenti potranno essere automatizzati e collegati al sistema di monitoraggio automatico esistente, previo un suo potenziamento, nel tempo.

3) Attività di monitoraggio previste nelle somme a disposizione dell’Amministrazione

Nel quadro economico del progetto, tra le somme a disposizione dell’Amministrazione, sono stati inseriti degli importi per le attività di lettura degli estensimetri multibase e di monitoraggio delle caratteristiche idrochimiche delle acque di falda a seguito dei trattamenti chimici previsti dal presente progetto.

Le letture e le analisi sono state previste per un periodo complessivo di 10 mesi:

- 6 mesi durante i lavori, nel periodo in cui verranno attivati i trattamenti idrogeologici ed idrochimici;
- 4 mesi successivamente al termine dei lavori per monitorare nel tempo.

Le attività previste sono relative a:

- letture degli estensimetri multibase e degli altri strumenti in opera (trasduttori di pressione, piezometri manuali, ecc.) con cadenza bimensile;
- analisi idrochimiche con log con sonda multiparametrica dell’andamento in profondità all’interno dei piezometri appositamente realizzati di temperatura, PH, conducibilità ed ossigeno dissolto.

La cadenza delle misure varia da settimanale per i primi 2 mesi di lavoro, a quindicinale per i 4 mesi successivi per diventare mensile per i 4 mesi successivi all’ultimazione lavori;

- campionamenti delle acque nei piezometri, con analisi di laboratorio delle acque di falda con determinazione di PH, conducibilità, sulfati, carbonati, CO2 e ione

CRESPI E VISCONTI – laboratorio di ingegneria ed architettura
STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA SPADA

calcio. La cadenza prevista è mensile per i 6 mesi dei lavori operativi nelle attività idrogeologiche e bimestrale per i 4 mesi successivi.

La tabella seguente contiene il dettaglio delle attività descritte.

	Voce	costo unit.	quantità	Prezzo totale
1	Campagna di misura della strumentazione elettrica installata mediante idonee apparecchiature e centraline di lettura o dello scarico dei dati immagazzinati nelle unità di acquisizione dati installate, mediante PC portatile, inclusiva della verifica dello stato di funzionamento dei sensori. Nel prezzo si intende compensato e compreso ogni onere relativo al personale tecnico in trasferta, di trasporto dell'attrezzatura occorrente sul sito di misura, di taratura periodica dei sistemi di lettura, dei possibili spostamenti successivi ordinati dalla D. L., dei materiali di consumo per il funzionamento della centralina, di energia e di quanto altro occorra a dare la perfetta lettura della strumentazione installata. Per ogni campagna di misura			
	Letteure bimestrali estensimetri multibase, piezometri elettrici ed eventuali altri sensori presenti in sito	€ 1 050,00	5	€ 5 250,00
2	Prestazione di un geologo specializzato in misurazioni e letture di strumentazioni geotecniche - idrogeologiche, dotato di sonda multiparametrica per l'acquisizione dei valori di temperatura, conducibilità, PH ed ossigeno disciolto lungo la verticale dei piezometri presenti in cantiere a valle della zona di esecuzione delle opere (4 piezometri a 20 metri). Per giornata o frazione con esecuzione di campagna completa			
	misure settimanali per i primi 2 mesi di lavoro	€ 500,00	8	€ 4 000,00
	misure quindicinali per 4 mesi di lavori	€ 500,00	8	€ 4 000,00
	misure mensili per 4 mesi dopo l'ultimazione lavori	€ 500,00	4	€ 2 000,00
3	Analisi di laboratorio delle acque di falda con determinazione di PH, conducibilità, sulfati, carbonati, CO2 e ione calcio. La voce comprende il campionamento da pozzo o piezometro mediante campionatore Bailer, il trasporto del provino ad in laboratorio qualificato, l'analisi chimica per la determinazione di almeno tutti i parametri sopra indicati e redazione relativo referto			
	Campionamento mensile dei 4 piezometri per i 6 mesi dei lavori	€ 250,00	24	€ 6 000,00
	Campionamento bimestrale dei 4 piezometri per 4 mesi al termine dei lavori	€ 250,00	8	€ 2 000,00
		% su voci sopra indicate		
4	Redazione di report conclusivo delle attività con sintesi di tutti i dati raccolti e misurati, compresa la stesura di rapporti sintetici bimestrali con sintesi delle misure effettuate	10.00		€ 2 325,00
	IMPORTO TOTALE (al netto di IVA di legge)			€ 25 575,00

Si reputa necessario evidenziare ancora una volta che il monitoraggio, in tutte le sue componenti sopra illustrate, è fondamentale perché la verifica nel tempo di tutti questi parametri consentirà di ottimizzare la gestione dell'opera (emungimenti, trattamenti chimici, ecc.), di valutare l'evoluzione dei fenomeni e di definire la necessità o meno di ulteriori opere analoghe più a valle.

Gli interventi, che hanno carattere puntuale, possono quindi essere depotenziati e/o potenziati in base alle necessità ed in base ai risultati del monitoraggio stesso.

Si tratta quindi di opere modificabili ed eventualmente implementabili nel tempo, in base all'evoluzione dei fenomeni, in modo flessibile ed in relazione con le attività di monitoraggio, con lo scopo ultimo di ottenere un sistema integrato di mitigazione dei fenomeni e di miglioramento delle condizioni di sicurezza della popolazione locale.