

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

COMUNE DI TRENTO

STUDIO DI COMPATIBILITA'

Piano Guida in variante al PRG area Destra Adige –
Piedicastello (area ex – Italcementi e limitrofe)
in C.C. di Trento

COMMITTENTE: Patrimonio del Trentino S.p.A.

il geologo

il progettista

il committente



Novembre 2019



STUDIO GEOLOGICO ASSOCIATO GEOALP

dott. geol. Franca Bazzanella
dott. geol. Gianfranco Bazzoli
dott. geol. Icilio Vigna
P.IVA 01332500220

Viale Europa, 78 - Loc. San Cristoforo
Pergine Valsugana (TN) - 38057

Tel. 0461-985577 E-mail: geoalp.tn@virgilio.it

E-mail PEC: geoalp@pec-legal.it

Web homepage: <http://www.geoalp.eu>



1760/19



INDICE

1. INTRODUZIONE E SCOPO DEL LAVORO
2. IL PIANO GUIDA IN VARIANTE AL PRG
3. STUDIO DI COMPATIBILITA'

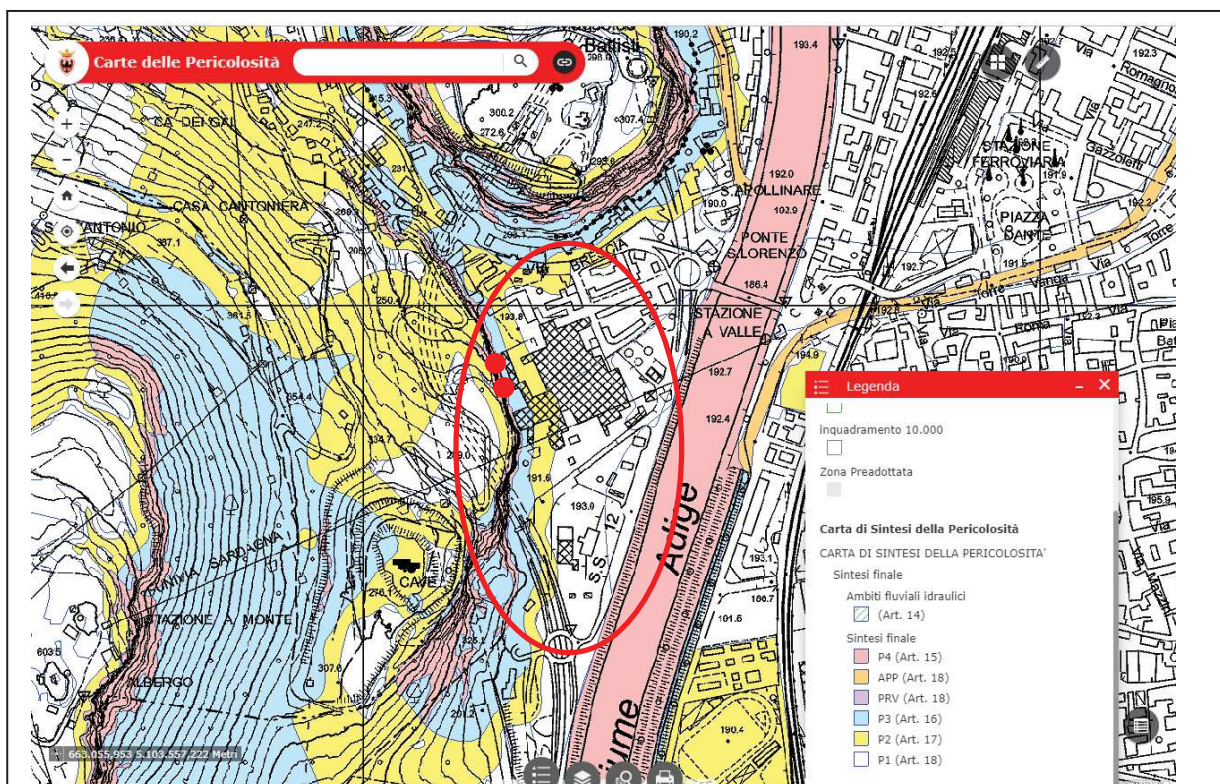
ALLEGATI

- Allegato 1 : Studio relativo alla pericolosità geologica dell'area ex – Italcementi a Trento, con specifico riferimento ai crolli dalla parete rocciosa (Studio Geologico Associato Geoalp, geol. Vigna Icilio, 2018)
- Allegato 2 : Verifiche numeriche sulle caratteristiche delle traiettorie di crollo dei massi dalla parete rocciosa.











1. INTRODUZIONE E SCOPO DEL LAVORO

Il presente Studio di Compatibilità si riferisce al "Piano Guida in variante al PRG area Destra Adige – Piedicastello (area ex – Italcementi e limitrofe) in C.C. di Trento" ed è stato commissionato da Patrimonio del Trentino SPA.

Lo Studio di Compatibilità si rende necessario in quanto l'area di interesse della Variante al PRG, nella Carta di Sintesi della Pericolosità, è gravata da varie categorie di pericolosità, da P1 (trascurabile o assente - art. 18 PUP), passante da P2 (art. 17 PUP) e P3 (art. 16 PUP) fino a P4 (elevata – art. 15 PUP).

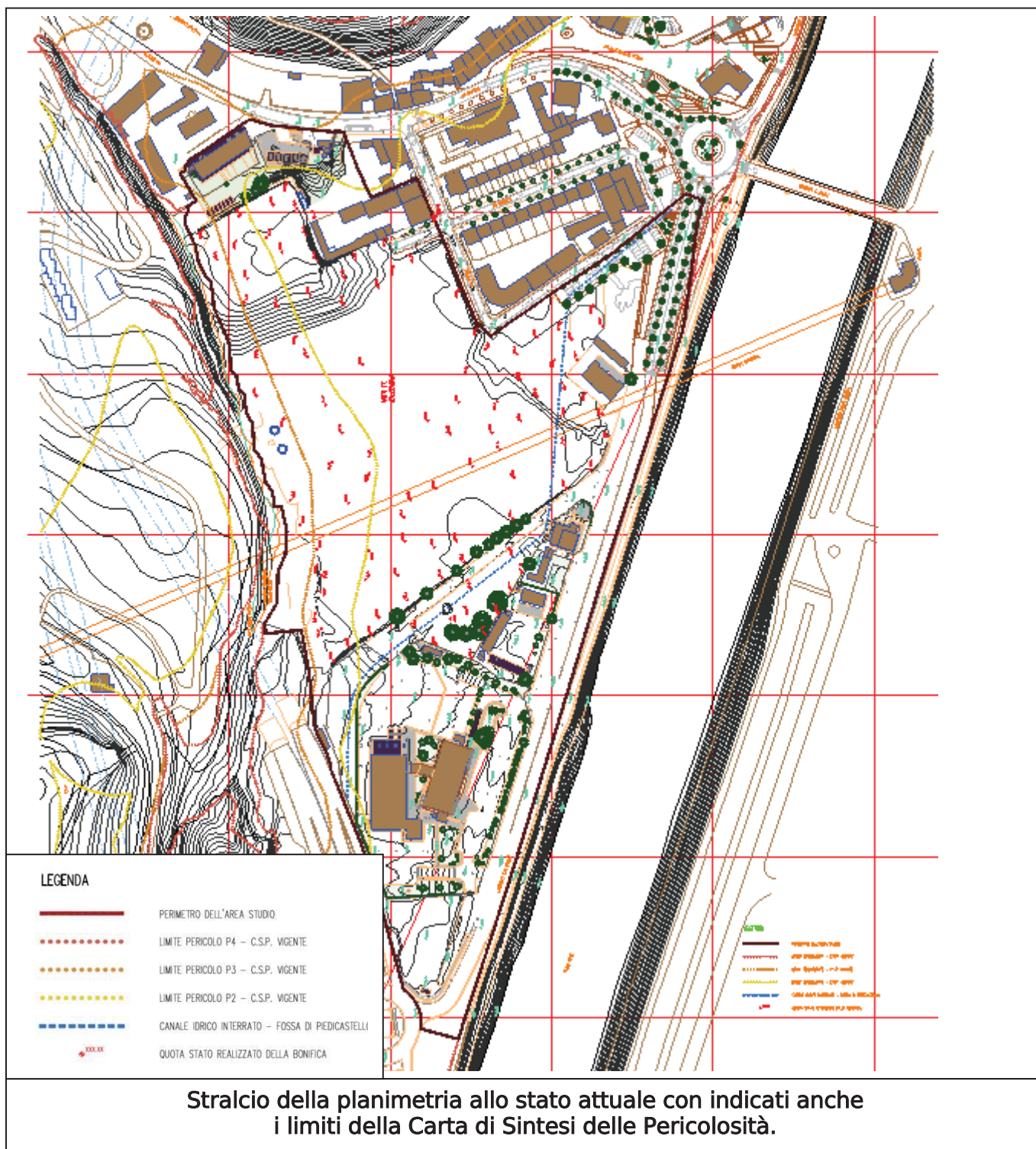


Carta di Sintesi della Pericolosità (PUP): aggiunta la posizione delle ciminiere.

| Legenda - CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA' | | |
|---|---|---------|
| Classi di Penalità Con riferimenti alle norme di attuazione del Piano Urbanistico Provinciale (L.P. 27 maggio 2008, n. 5) | | |
| penalità ordinarie | | |
|  | P4 - elevata | art. 15 |
|  | P3 - media | art. 16 |
|  | P2 - bassa | art. 17 |
| altri tipi di penalità | | |
|  | APP - aree da approfondire | art. 18 |
|  | PRV - residua da valanga | art. 18 |
|  | P1 - trascurabile o assente | art. 18 |
| tutele speciali | | |
|  | AFI - ambiti fluviali di interesse idraulico previsti dal Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche | art. 14 |
|  | IMP - aree riservate a interventi di mitigazione del pericolo | art. 18 |
|  | RSS - area di rispetto stazione sismometrica | art. 18 |
|  | stazione sismometrica | |



Per definire con precisione l'area che è oggetto del presente Studio di Compatibilità rispetto alla citata zonazione, si riporta uno stralcio della planimetria allo stato attuale messa a disposizione dalla Committenza: su questa mappa sono riportati anche i limiti delle zonizzazioni della Carta di Sintesi della Pericolosità.

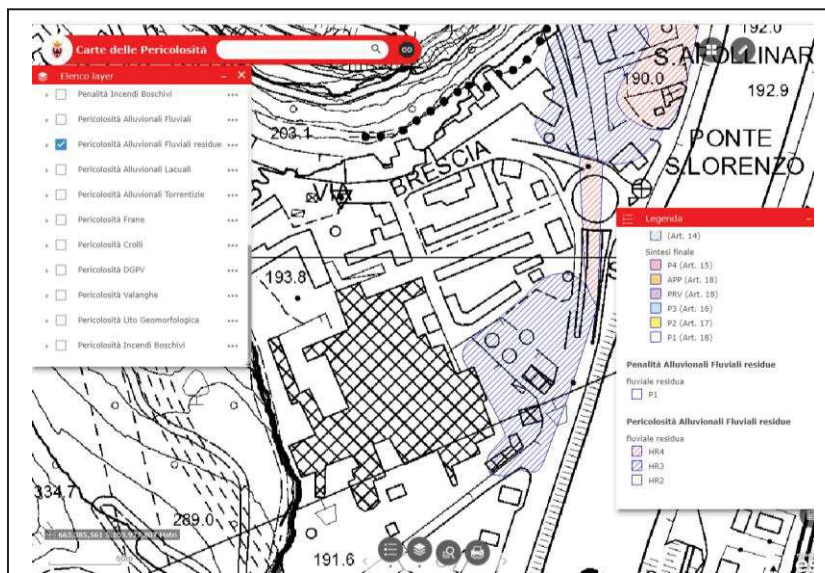


Da questa planimetria si apprezza come vi sia una principale situazione di specifico interesse a carattere geologico - idrogeologico:

- pericolosità derivante dalla presenza della parete rocciosa che delimita il sito nella parte settentrionale ed in seguito alla quale i frammenti rocciosi possono coinvolgere anche l'area del Piano Guida in variante al PRG. Per inciso si rileva che sulla parete stessa è definita anche, sempre sulla Carta di Sintesi delle Pericolosità, una elevata pericolosità per incendio boschivo: quest'ultima pericolosità è esterna all'area di interesse e comunque non risulta poter aver dirette ripercussioni sull'area soggetta al Piano Guida in variante al PRG: tale aspetto esula pertanto dal presente Studio di Compatibilità.

Sulla zona pianeggiante centrale, che è relativamente discosta sia dalla zona arginale del fiume (ove vi è una elevata pericolosità idraulica che comunque risulta esterna all'area di interesse) che dalla parete, la Carta di Sintesi delle Pericolosità indica una classificazione P1 e cioè pericolosità litostratigrafica definita come trascurabile o assente.

Si evidenzia poi che una parte di questa area è anche classificata, a pericolosità "alluvionale fluviale residua", di tipo HR3 cioè "media".



**Carta di Sintesi della Pericolosità (PUP):
evidenziata l'area classificata "Alluvionale fluviale residua".**

Tale classificazione deriva dagli esiti di simulazioni numeriche sulle dinamiche fluviali del Fiume Adige, con specifico riferimento ad un ipotetico evento di rotta arginale nella zona della Vela.

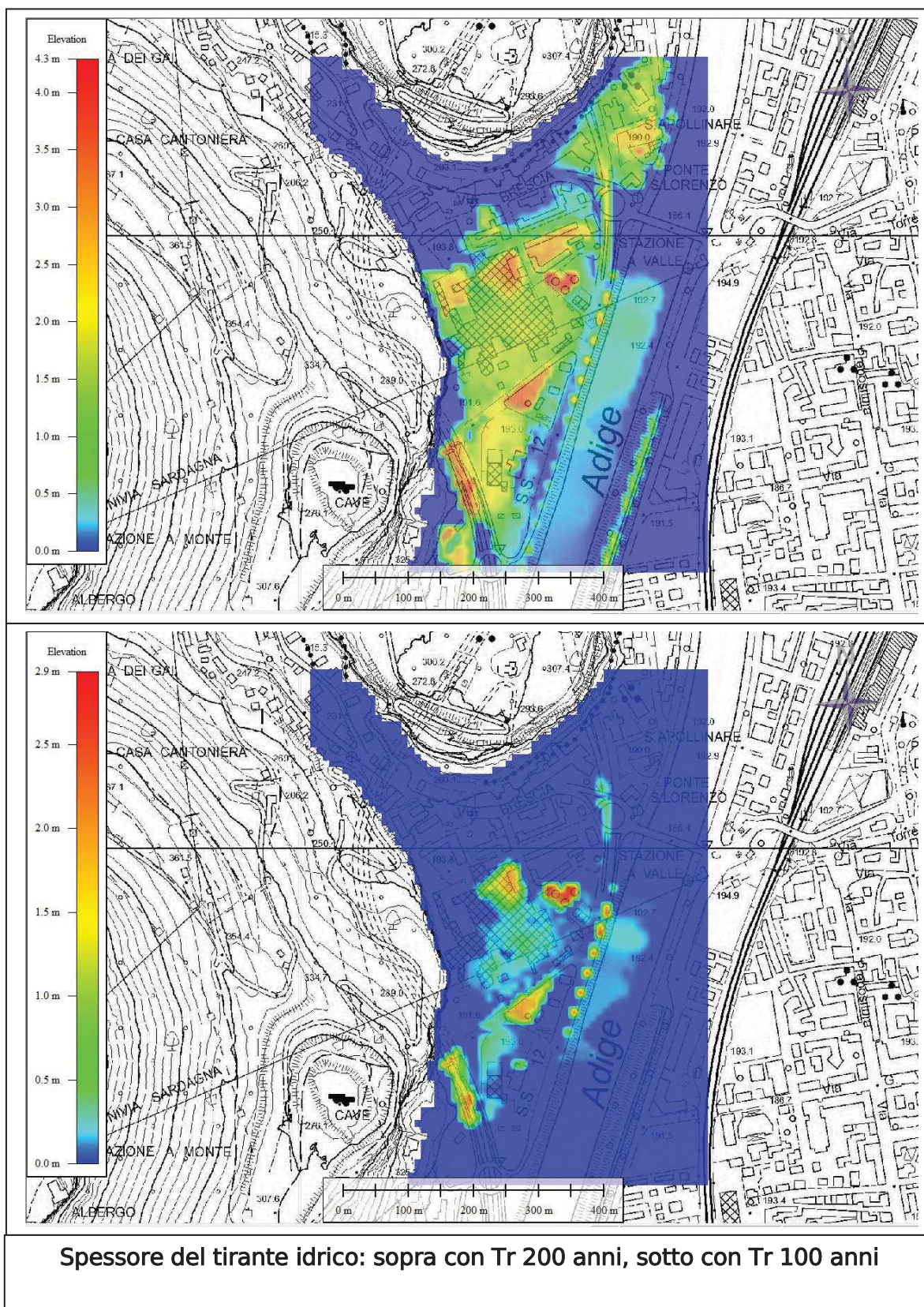
A seguire i dati che sono stati trasmessi dai Bacini Montani rispetto a tale scenario: per tempi di ritorno di 30 anni non si ha arrivo di acqua sulla zona di interesse, mentre per tempi di ritorno di 100 e 200 anni si è indicata la possibilità, nel caso di rotta arginale, di arrivo di acqua verso l'area di interesse.

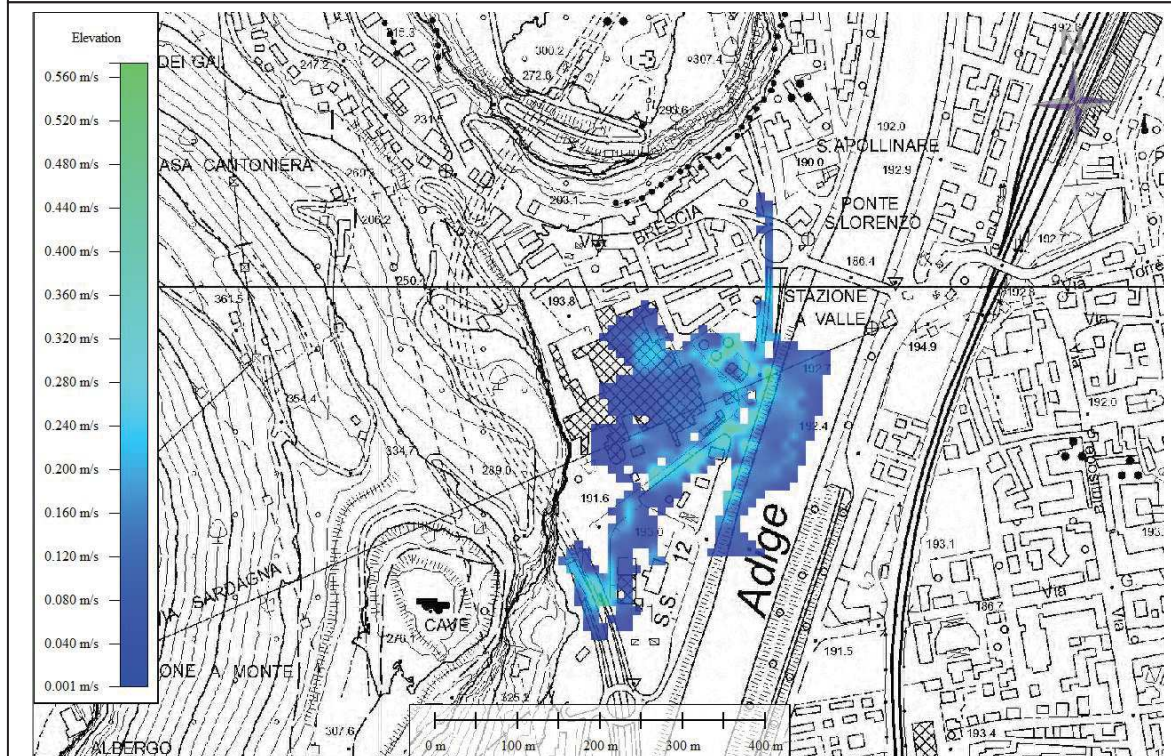
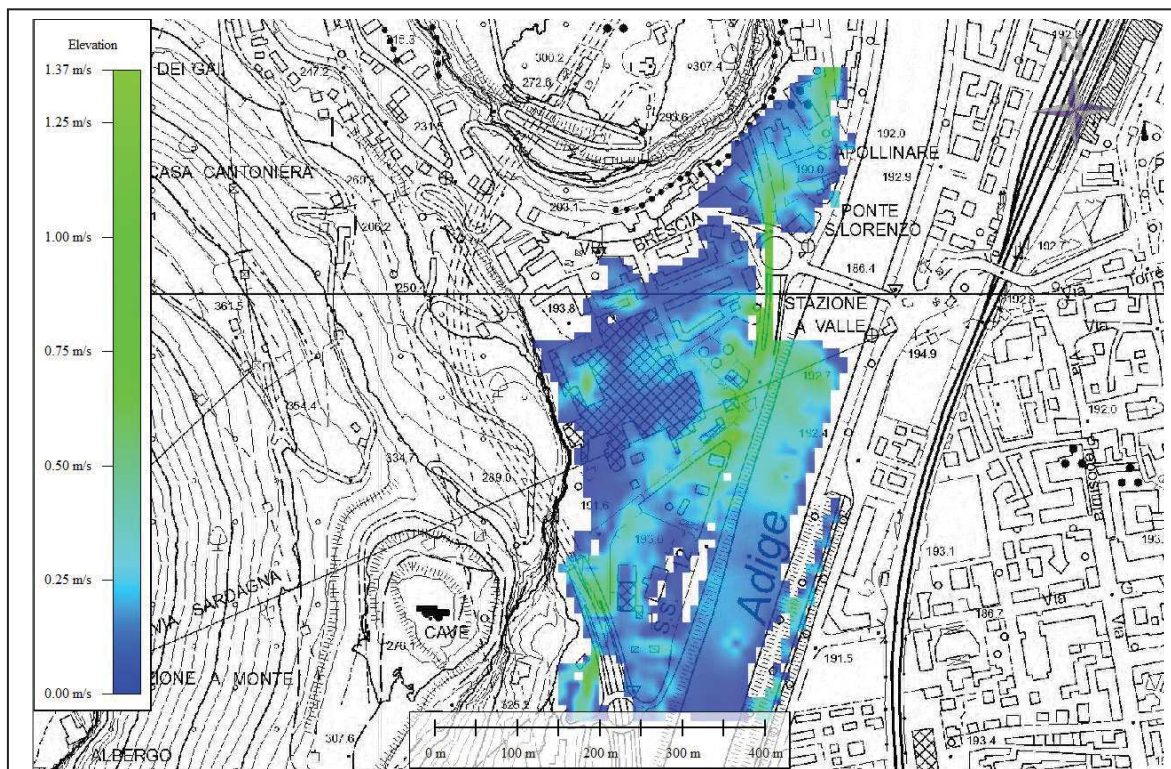
Le figure a seguire riportano, rispetto alla conformazione del terreno rilevata dal rilievo Lidar 2004-2006, lo spessore del tirante idrico, la velocità della corrente e la quota assoluta dell'acqua nei diversi scenari: Tr200 e Tr100 anni.



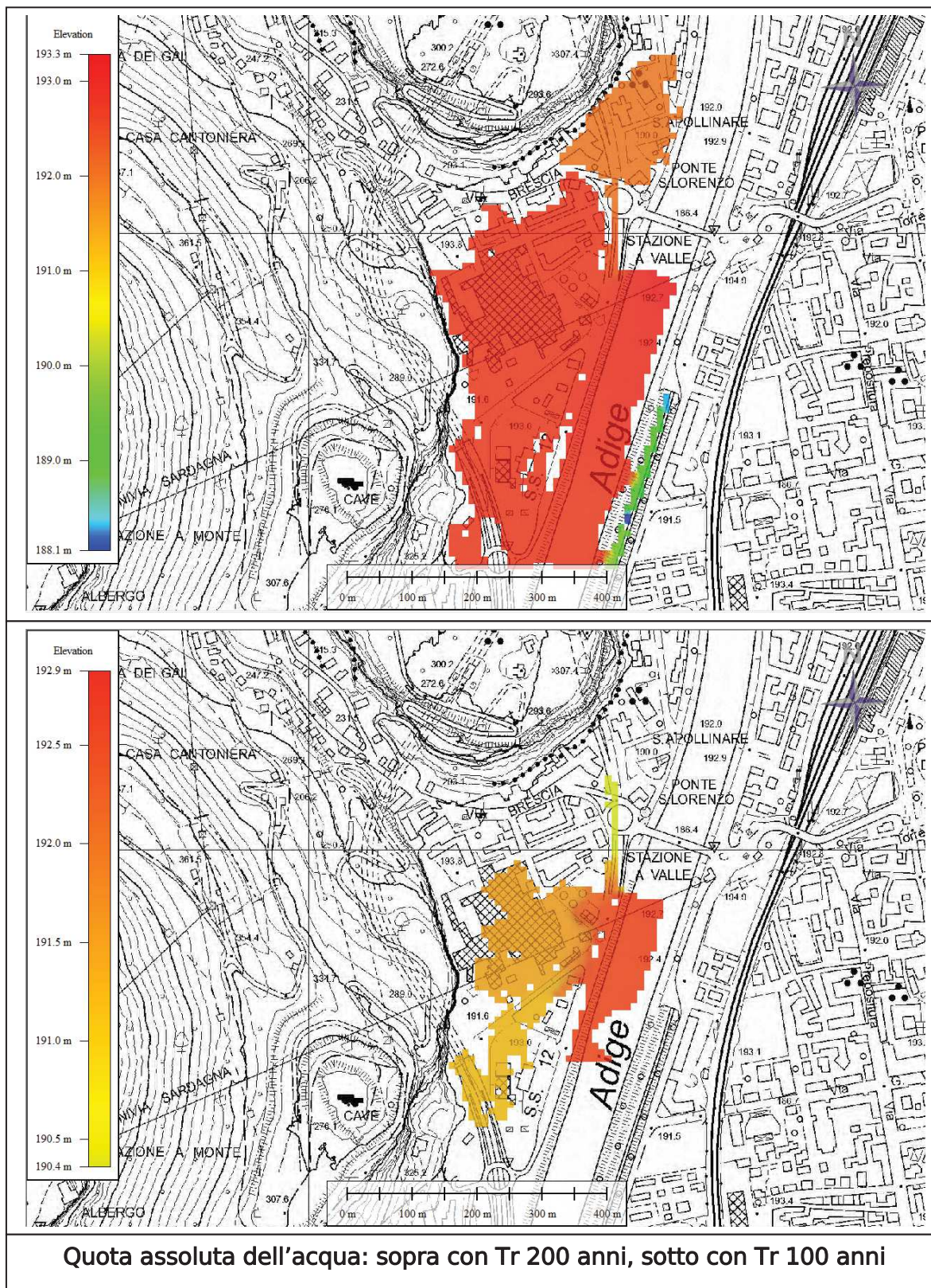
| idscenario | fkstudio | scenario | tratto | tr | obiettivo | processo | modelidrau | descrtopo | annotopo | sedmovto | seddisp | note |
|------------|----------------|------------|--------|-----|--|---------------|------------|---|----------|----------|---------|------|
| 469 | CAP/2011/E/3_1 | scAt01d | 0 | NA | analisi monodimensionale fiume adige intero tratto | piena liquida | sobek | sezioni topografiche fiume adige | 2010 | NA | NA | NA |
| 415 | CAP/2011/E/3_1 | scAt1TR100 | 1 | 100 | propagazione piena liquida fiume adige sormonto arginale tra confine pat e confluenza avviso probabilita media | piena liquida | sobek | dtm ricampionato 10 m integrato con dsm in ambiti urbanizzati | 2006 | NA | NA | NA |
| 416 | CAP/2011/E/3_1 | scAt1TR200 | 1 | 200 | propagazione piena liquida fiume adige sormonto arginale tra confine pat e confluenza avviso probabilita bassa | piena liquida | sobek | dtm ricampionato 10 m integrato con dsm in ambiti urbanizzati | 2006 | NA | NA | NA |
| 417 | CAP/2011/E/3_1 | scAt1TR30 | 1 | 30 | propagazione piena liquida fiume adige sormonto arginale tra confine pat e confluenza avviso probabilita alta | piena liquida | sobek | dtm ricampionato 10 m integrato con dsm in ambiti urbanizzati | 2006 | NA | NA | NA |
| 418 | CAP/2011/E/3_1 | scAt2TR100 | 2 | 100 | propagazione piena liquida fiume adige sormonto arginale tra confluenze avviso e rio vela probabilita media | piena liquida | sobek | dtm da lidar 2014 ricampionato 10 m integrato con dsm in ambiti urbanizzati | 2014 | NA | NA | NA |
| 419 | CAP/2011/E/3_1 | scAt2TR200 | 2 | 200 | propagazione piena liquida fiume adige sormonto arginale tra confluenze avviso e rio vela probabilita bassa | piena liquida | sobek | dtm da lidar 2014 ricampionato 10 m integrato con dsm in ambiti urbanizzati | 2014 | NA | NA | NA |
| 420 | CAP/2011/E/3_1 | scAt2TR30 | 2 | 30 | propagazione piena liquida fiume adige sormonto arginale tra confluenze avviso e rio vela probabilita alta | piena liquida | sobek | dtm da lidar 2014 ricampionato 10 m integrato con dsm in ambiti urbanizzati | 2014 | NA | NA | NA |
| 421 | CAP/2011/E/3_1 | scAt3TR100 | 3 | 100 | propagazione piena liquida fiume adige sormonto arginale tra confluenza rio vela e besenello probabilita media | piena liquida | sobek | dtm da lidar 2014 ricampionato 10 m integrato con dsm in ambiti urbanizzati | 2014 | NA | NA | NA |
| 422 | CAP/2011/E/3_1 | scAt3TR200 | 3 | 200 | propagazione piena liquida fiume adige sormonto arginale tra confluenza rio vela e besenello probabilita bassa | piena liquida | sobek | dtm da lidar 2014 ricampionato 10 m integrato con dsm in ambiti urbanizzati | 2014 | NA | NA | NA |
| 423 | CAP/2011/E/3_1 | scAt3TR30 | 3 | 30 | propagazione piena liquida fiume adige sormonto arginale tra confluenza rio vela e besenello probabilita alta | piena liquida | sobek | dtm da lidar 2014 ricampionato 10 m integrato con dsm in ambiti urbanizzati | 2014 | NA | NA | NA |
| 424 | CAP/2011/E/3_1 | scAt4TR100 | 4 | 100 | propagazione piena liquida fiume adige sormonto arginale tra besenello e sbarramento di mori probabilita media | piena liquida | sobek | dtm ricampionato 10 m integrato con dsm in ambiti urbanizzati | 2006 | NA | NA | NA |
| 425 | CAP/2011/E/3_1 | scAt4TR200 | 4 | 200 | propagazione piena liquida fiume adige sormonto arginale tra besenello e sbarramento di mori probabilita bassa | piena liquida | sobek | dtm ricampionato 10 m integrato con dsm in ambiti urbanizzati | 2006 | NA | NA | NA |
| 426 | CAP/2011/E/3_1 | scAt4TR30 | 4 | 30 | propagazione piena liquida fiume adige sormonto arginale tra besenello e sbarramento di mori probabilita alta | piena liquida | sobek | dtm ricampionato 10 m integrato con dsm in ambiti urbanizzati | 2006 | NA | NA | NA |
| 427 | CAP/2011/E/3_1 | scBt1TR100 | 5 | 100 | propagazione piena liquida fiume adige rotta arginale a monte di cadino probabilita media | piena liquida | sobek | dtm ricampionato 10 m integrato con dsm in ambiti urbanizzati | 2006 | NA | NA | NA |
| 428 | CAP/2011/E/3_1 | scBt1TR200 | 5 | 200 | propagazione piena liquida fiume adige rotta arginale a monte di cadino probabilita bassa | piena liquida | sobek | dtm ricampionato 10 m integrato con dsm in ambiti urbanizzati | 2006 | NA | NA | NA |
| 429 | CAP/2011/E/3_1 | scBt1TR30 | 5 | 30 | propagazione piena liquida fiume adige rotta arginale a monte di cadino probabilita alta | piena liquida | sobek | dtm ricampionato 10 m integrato con dsm in ambiti urbanizzati | 2006 | NA | NA | NA |
| 430 | CAP/2011/E/3_1 | scBt2TR100 | 7 | 100 | propagazione piena liquida fiume adige rotta arginale a monte di loc. vela probabilita media | piena liquida | sobek | dtm ricampionato 10 m integrato con dsm in ambiti urbanizzati | 2006 | NA | NA | NA |
| 431 | CAP/2011/E/3_1 | scBt2TR200 | 7 | 200 | propagazione piena liquida fiume adige rotta arginale a monte di loc. vela probabilita bassa | piena liquida | sobek | dtm ricampionato 10 m integrato con dsm in ambiti urbanizzati | 2006 | NA | NA | NA |
| 432 | CAP/2011/E/3_1 | scBt2TR30 | 7 | 30 | propagazione piena liquida fiume adige rotta arginale a monte di loc. vela probabilita alta | piena liquida | sobek | dtm ricampionato 10 m integrato con dsm in ambiti urbanizzati | 2006 | NA | NA | NA |
| 433 | CAP/2011/E/3_1 | scCt1TR100 | 6 | 100 | propagazione piena liquida fiume adige rotta arginale a monte di nave san rocco probabilita media | piena liquida | sobek | dtm ricampionato 10 m integrato con dsm in ambiti urbanizzati | 2006 | NA | NA | NA |
| 434 | CAP/2011/E/3_1 | scCt1TR200 | 6 | 200 | propagazione piena liquida fiume adige rotta arginale a monte di nave san rocco probabilita bassa | piena liquida | sobek | dtm ricampionato 10 m integrato con dsm in ambiti urbanizzati | 2006 | NA | NA | NA |
| 435 | CAP/2011/E/3_1 | scCt1TR30 | 6 | 30 | propagazione piena liquida fiume adige rotta arginale a monte di nave san rocco probabilita alta | piena liquida | sobek | dtm ricampionato 10 m integrato con dsm in ambiti urbanizzati | 2006 | NA | NA | NA |
| 436 | CAP/2011/E/3_1 | scCt2TR100 | 8 | 100 | propagazione piena liquida fiume adige rotta arginale zona roncafort probabilita media | piena liquida | sobek | dtm ricampionato 10 m integrato con dsm in ambiti urbanizzati | 2006 | NA | NA | NA |
| 437 | CAP/2011/E/3_1 | scCt2TR200 | 8 | 200 | propagazione piena liquida fiume adige rotta arginale zona roncafort probabilita bassa | piena liquida | sobek | dtm ricampionato 10 m integrato con dsm in ambiti urbanizzati | 2006 | NA | NA | NA |
| 438 | CAP/2011/E/3_1 | scCt2TR30 | 8 | 30 | propagazione piena liquida fiume adige rotta arginale zona roncafort probabilita alta | piena liquida | sobek | dtm ricampionato 10 m integrato con dsm in ambiti urbanizzati | 2006 | NA | NA | NA |

Descrizione scenario.





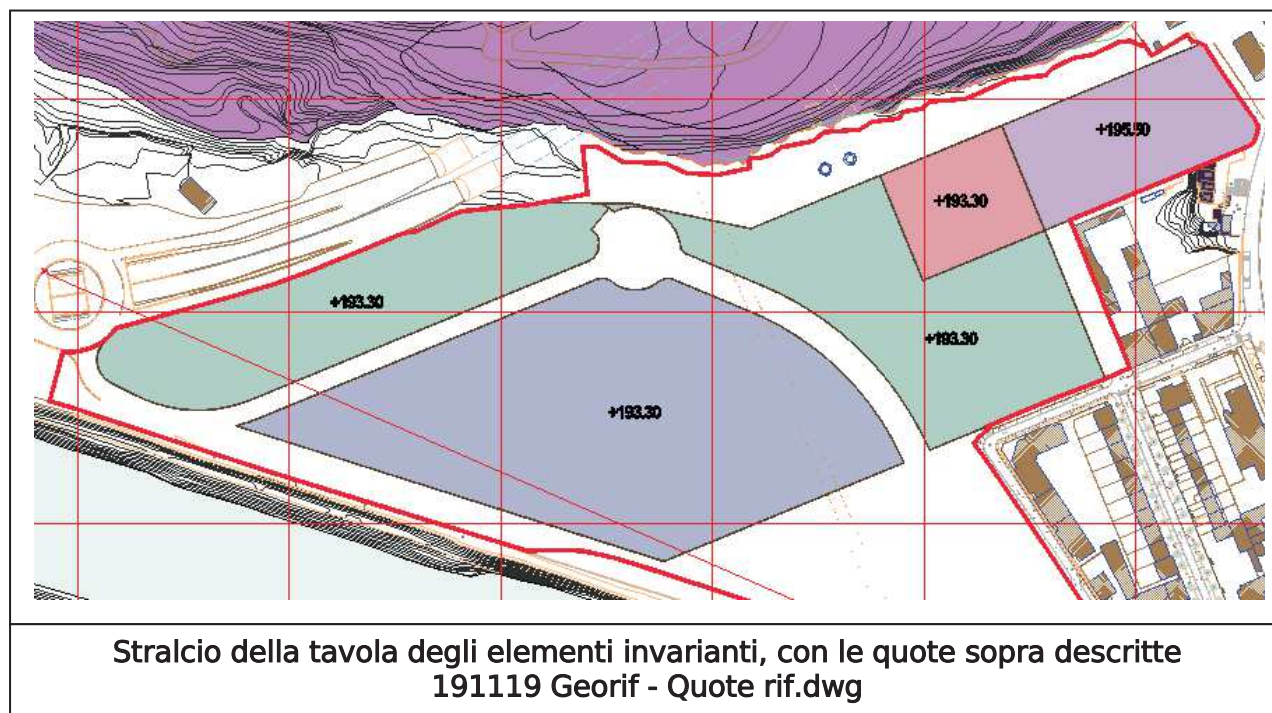
Velocità dell'acqua: sopra con Tr 200 anni, sotto con Tr 100 anni



Di tali indicazioni si è tenuto conto alzando a 193,3 m s.l.m. la QUOTA DI RIFERIMENTO per l'edificazione nei comparti A e B, per la nuova strada ad ansa interna alla zona C5 (salvo raccordi a salire verso S. Lorenzo a nord e Uscita 5 della tangenziale a sud), per l'ambito intercompartimentale 1 e per tutti gli accessi agli interrati ivi compresi.



Per il comparto C la QUOTA DI RIFERIMENTO per l'edificazione sarà invece +195.50 m s.l.m: nell'ambito intercompartimentale 2 sarà necessariamente +192.00 m s.l.m. per la contiguità di piano con via Papiria: nella destinazione d'uso di questo settore si dovrà tener conto dell'informazione riportata.



Come indicato, la zona arginale del fiume Adige che presenta, sulla Carta di Sintesi delle Pericolosità, una classificazione P4, cioè di elevata pericolosità, risulta esterna alla zona di interesse.

Infine si ricorda che il sito è percorso da un lineamento idrico interrato: si tratta della Fossa di Pedicastello, relativamente alla quale le informazioni sono piuttosto scarse. Non è emerso, dai confronti con i vari uffici provinciali, che tale elemento costituisca un vincolo ostativo all'approvazione della programmazione urbanistica in progetto, salvo l'istituzione della usuale fascia di rispetto, quantificabile in 10 m. Resta dunque inteso che, in sede di progettazione dei vari interventi edificatori e di utilizzo del sedime, si dovrà tener conto della presenza di questa fossa, anche per tutti i risvolti geologici, geotecnici, ambientali ed idraulici.

Infine, dallo specifico confronto con gli uffici del Bacini Montani, è emerso che sulla zona di interesse per il Piano Guida in variante al PRG non insistono elementi minori del reticolo idrografico tali da dover considerare specifiche interferenze per le dinamiche torrentizie associate.

Per completezza di trattazione va infine ricordato come il complesso quadro dell'assetto geologico di un territorio non sia composto solo dalle citate componenti delle pericolosità ma anche da altri fattori, quali l'assetto lito – stratigrafico (assestamenti), la micro zonazione sismica (valutazione dell'amplificazione sismica, del potenziale di liquefazione), l'assetto idrogeologico (escursioni della falda), la presenza di terreni con problematiche ambientali (inquinamento antropico o fondi naturali).

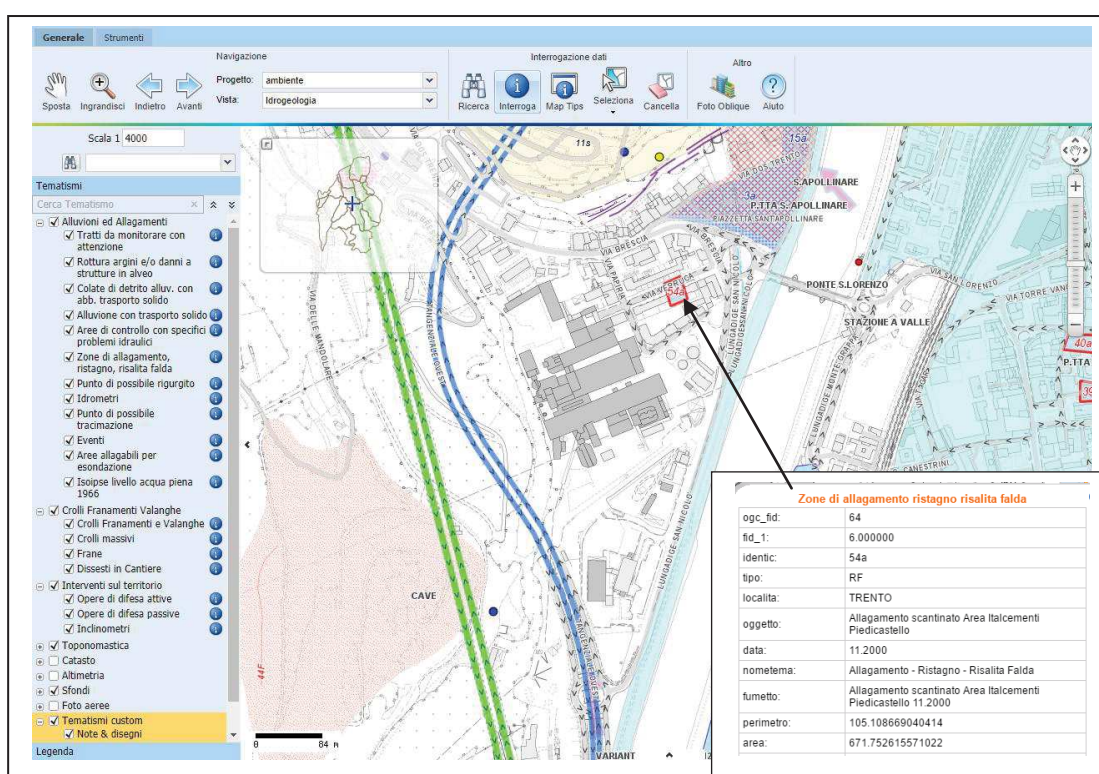
Queste componenti, che dovranno sicuramente essere oggetto di specifiche valutazioni a livello di progettazione dei diversi interventi edificatori (quali la scelta delle fondazioni e delle strutture, la scelta della destinazione d'uso, ecc.), non rientrano nella presente discussione che attiene alle tematiche di tipo urbanistico e

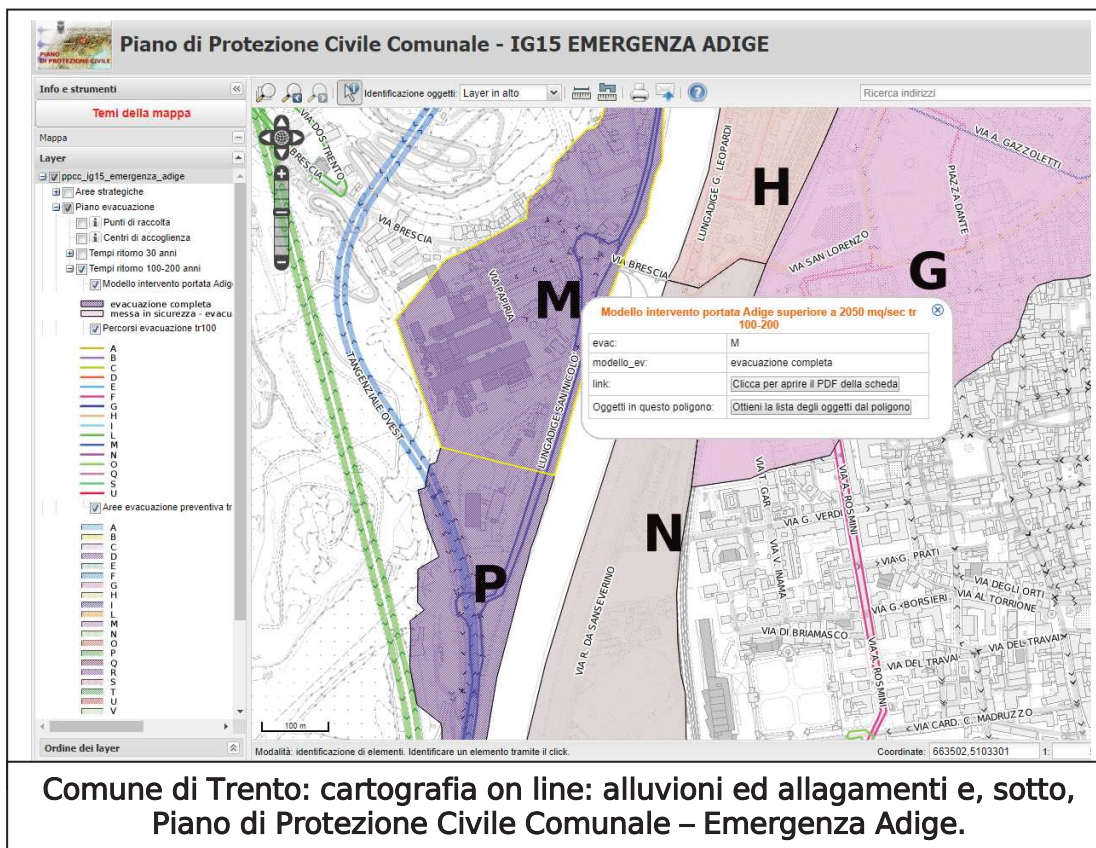


di pianificazione, cioè alle tematiche che fanno specifico riferimento alle pericolosità delineate dallo strumento urbanistico in vigore: “Carta di sintesi delle Pericolosità”.

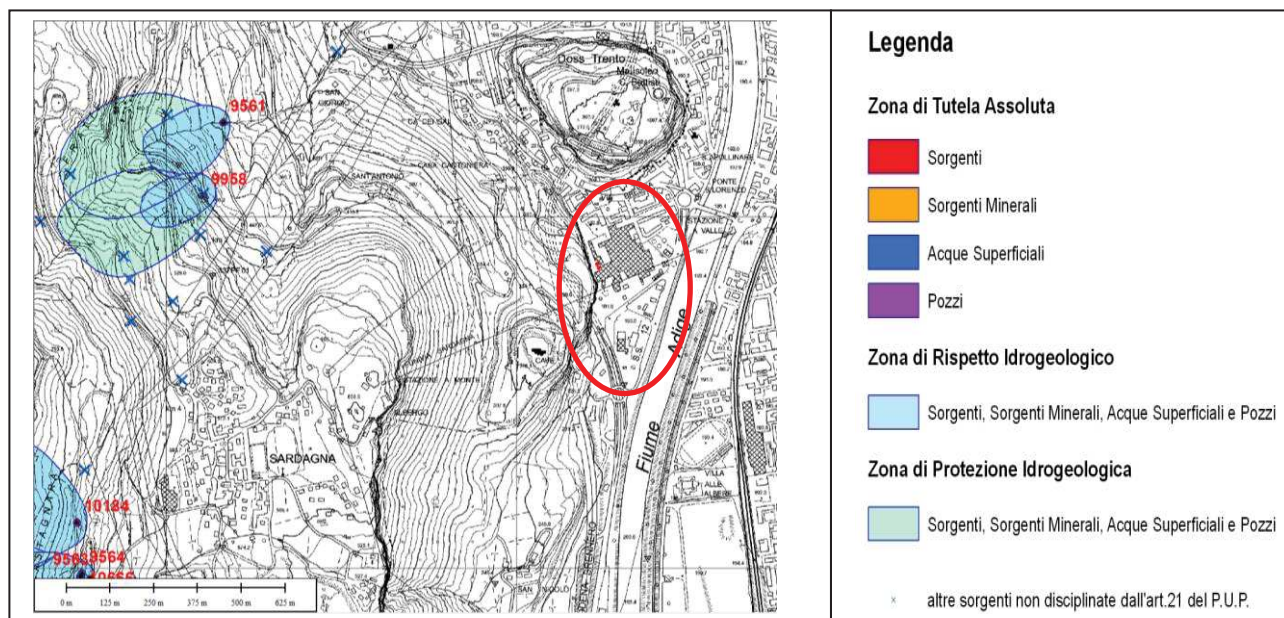
Al riguardo si ritiene di interesse riportare anche altre cartografie tematiche riportate nel sito del Comune di Trento, cartografia on line: la prima è il tematismo “alluvioni ed allagamenti” e, sotto, il “Piano di Protezione Civile Comunale – Emergenza Adige”.

Quest’ultima cartografia contiene una perimetrazione che fa ancora riferimento ad una precedente zonizzazione della mappa PPCC – IG4 Pericolosità idrogeologica – pericolosità di esondazione, che indicava l’area del piazzale come a moderata pericolosità di esondazione e che trova corrispondenza con le precedenti indicazioni fornite dai Bacini Montani .

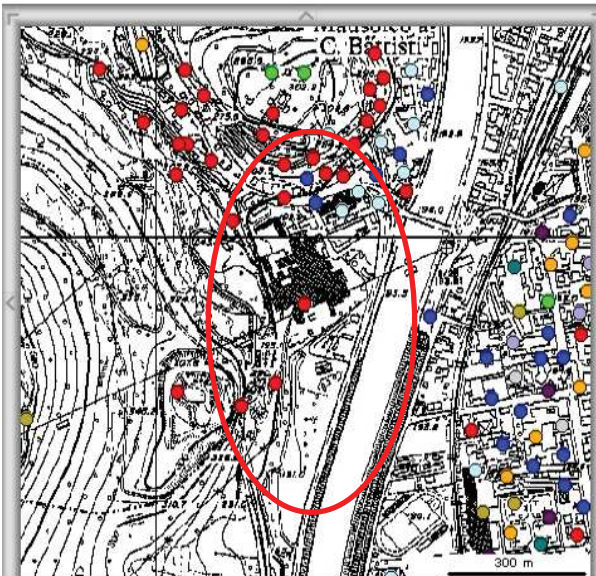




Si riporta anche la Carta delle Risorse Idriche del P.U.P. che non evidenzia, in prossimità dell'area in esame, l'esistenza di aree tutelate;

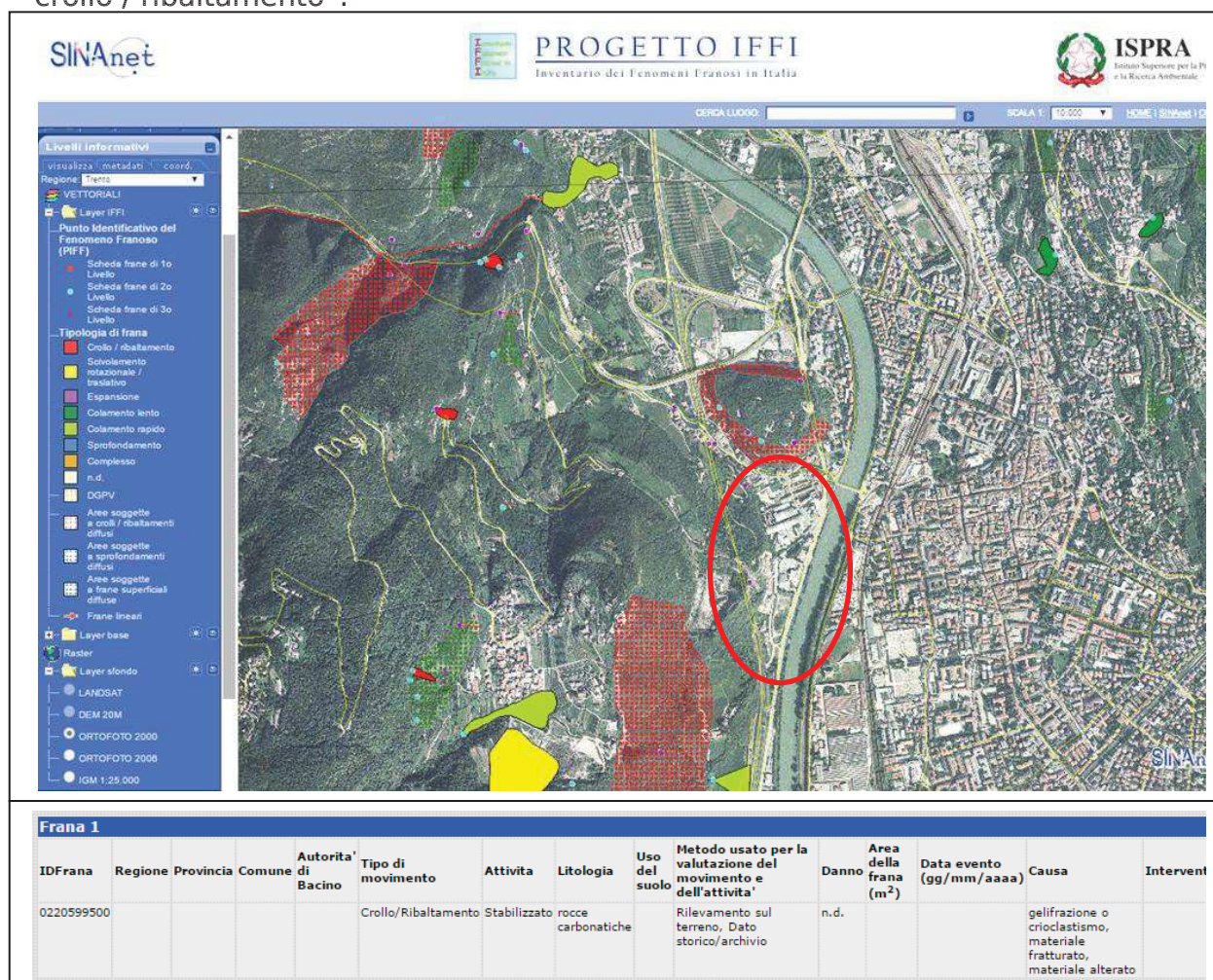


A seguire poi è la Mappa dei dissesti AR.CA. che segnala alcuni eventi calamitosi verificatisi per distacchi dalle pareti rocciose attorno alla zona di studio. Altro dissesto segnalato è l'allagamento di uno scantinato, nel novembre del 2000, per risalita della falda nella zona di Via Verruca, subito a valle del sito.

**Eventi**

- allagamento
- alluvione
- bufera di neve
- forte vento
- frana
- fulmine
- gelate
- grandinata
- incendio boschivo
- nevicata
- nubifragio
- siccità
- tromba d'aria
- valanga

Si riporta infine la cartografia IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia), realizzato dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, ISPRA e dalle Regioni e Province Autonome: questo data-base mostra ubicazione e tipologia dei fenomeni geomorfologici noti; il sito risulta coinvolto da fenomeni censiti del tipo "crollo / ribaltamento".

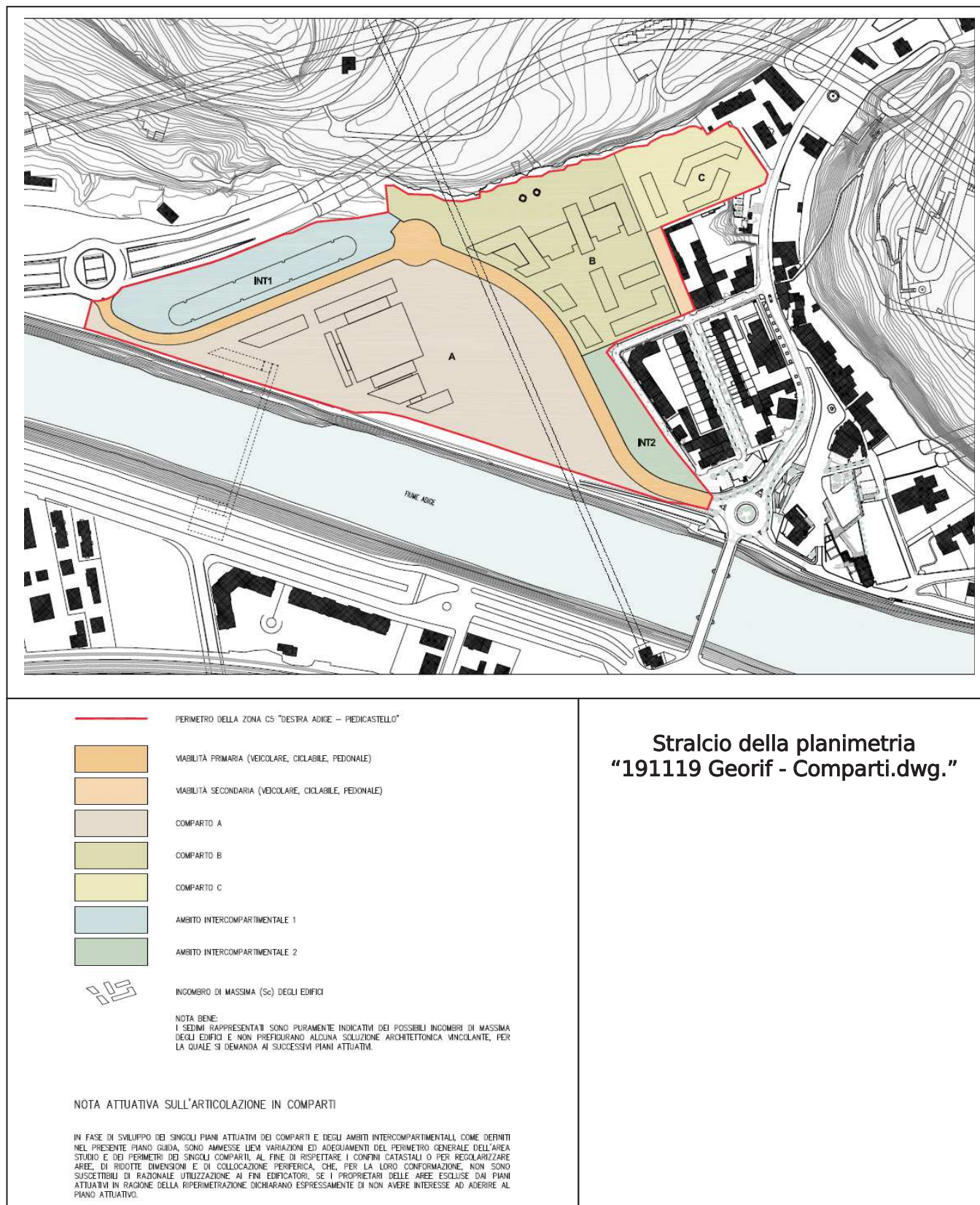


Mapa dissemi IFFI: il sito è interessato da dissemi censiti del tipo puntuale, per crollo/ribaltamento.



2. IL PROGETTO DEL PIANO GUIDA IN VARIANTE AL PRG

Per visualizzare il progetto del Piano Guida in variante al PRG in esame, si riporta uno stralcio della planimetria di piano messa a disposizione dalla Committenza: su questa mappa sono riportati anche dei numeri indicanti gli interventi che sono descritti nella Relazione Tecnica.





Si richiama l'attenzione alla circostanza che:

"I SEDIMI RAPPRESENTATI SONO PURAMENTE INDICATIVI DEI POSSIBILI INGOMBRI DI MASSIMA DEGLI EDIFICI E NON PREFIGURANO ALCUNA SOLUZIONE ARCHITETTONICA VINCOLANTE, PER LA QUALE SI DEMANDA AI SUCCESSIVI PIANI ATTUATIVI.

Il Piano Guida disciplina normativamente le iniziative di attuazione all'interno della Zona C5 Destra Adige - Piedicastello. Esso individua all'interno della Zona C5 e nel rispetto di previsioni che riguardano l'intera area:

- *singoli ambiti (comparti o ambiti intercompartimentali) per i quali possono essere adottati piani parziali e distinti;*
- *i parametri edificatori e le destinazioni funzionali dei singoli ambiti;*
- *la programmazione delle opere di urbanizzazione primaria e delle superfici per servizi Ss;*
- *gli elementi invarianti per la pianificazione attuativa;*
- *le indicazioni per la coerente sistemazione urbanistica dell'area e per il suo inserimento nel territorio circostante;*
- *le tipologie edilizie ammesse per ciascun ambito;*
- *le quote di riferimento, le altezze degli edifici;*
- *le sezioni stradali-tipo;*
- *il rimando a precise disposizioni derivanti da studi specialistici (Studio di Compatibilità; Valutazione di Incidenza; Relazione sui flussi di traffico).*

Ancora si specifica:

- *Le iniziative di attuazione di tutti i Comparti edificatori o Ambiti intercompartimentali sono soggette all'approvazione dei relativi piani di lottizzazione, anche distinti. Ne deriva che, pur nel rispetto delle norme generali stabilite nel Piano Guida e nei suoi allegati specialistici, i Piani Attuativi dovranno fare nuovamente tutto l'iter tecnico-amministrativo e conseguire le autorizzazioni/concessioni/nullaosta necessari da parte di ogni Servizio competente. E' quindi da intendersi demandata a questa fase la definizione puntuale degli aspetti progettuali.*



3. STUDIO DI COMPATIBILITA'

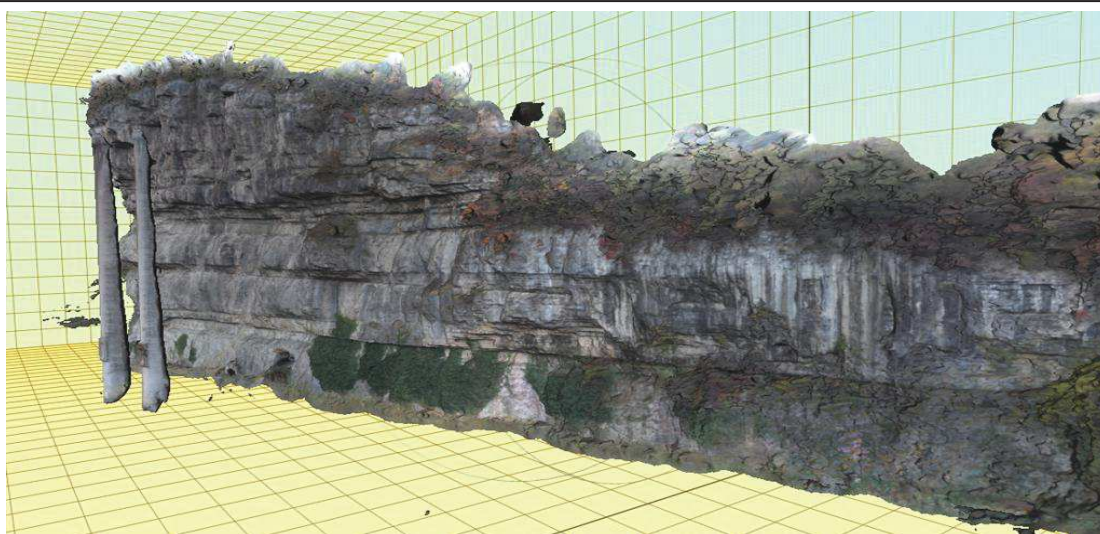
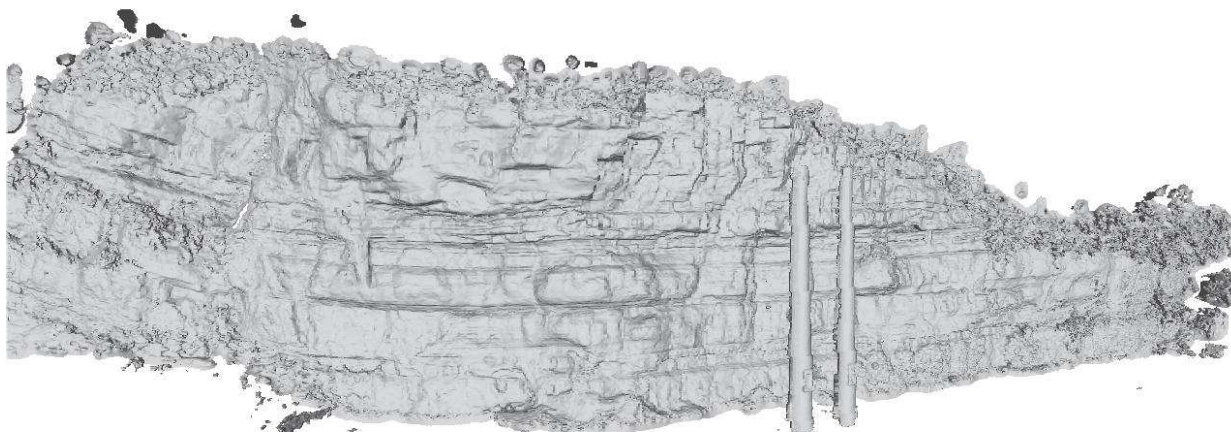
I contenuti del presente studio di compatibilità sono sviluppati in maniera commisurata alla natura e all'importanza dell'intervento da effettuare, tenendo in considerazione che questo elaborato è riferito alla cruciale fase di programmazione urbanistica ma non ancora alla fase di progettazione dei singoli interventi.

Per le successive fasi di progettazione specifiche dei diversi interventi si dovranno comunque recepire le indicazioni del presente elaborato e conseguentemente armonizzare i progetti ai contenuti dello Studio di Compatibilità.

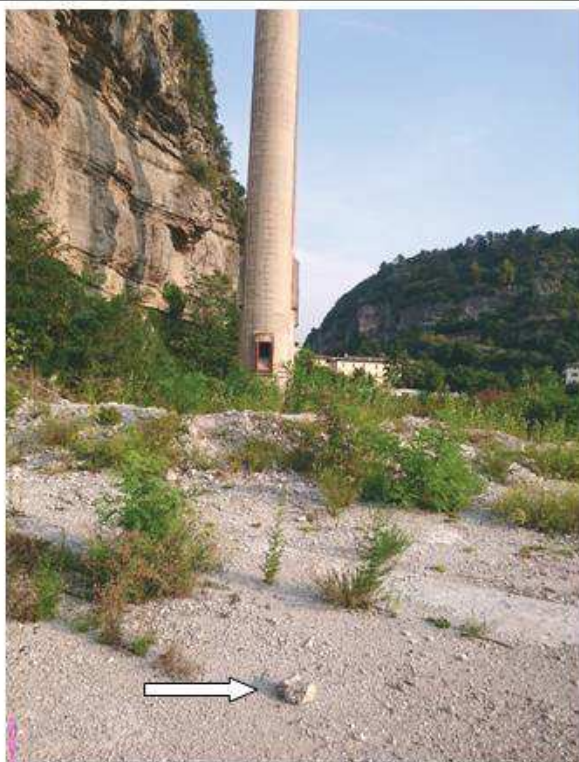
- Individuazione del tipo di fenomeno:

Per la fascia di territorio adiacente alla parete rocciosa si individua una pericolosità geologica, decrescente con la distanza dalla parete (da P4 a P3, P2 fino a P1): tale pericolosità geologica è relativa ai fenomeni di crollo.

Esiste uno specifico studio, redatto dallo scrivente, che è dedicato alla definizione della pericolosità geologica per crollo originata dalla presenza della parete rocciosa: tale elaborato, che viene riportato integralmente quale allegato, specifica e quantifica questa pericolosità.



Mesh texturizzata del modello 3D ottenuto dalla fotogrammetria.

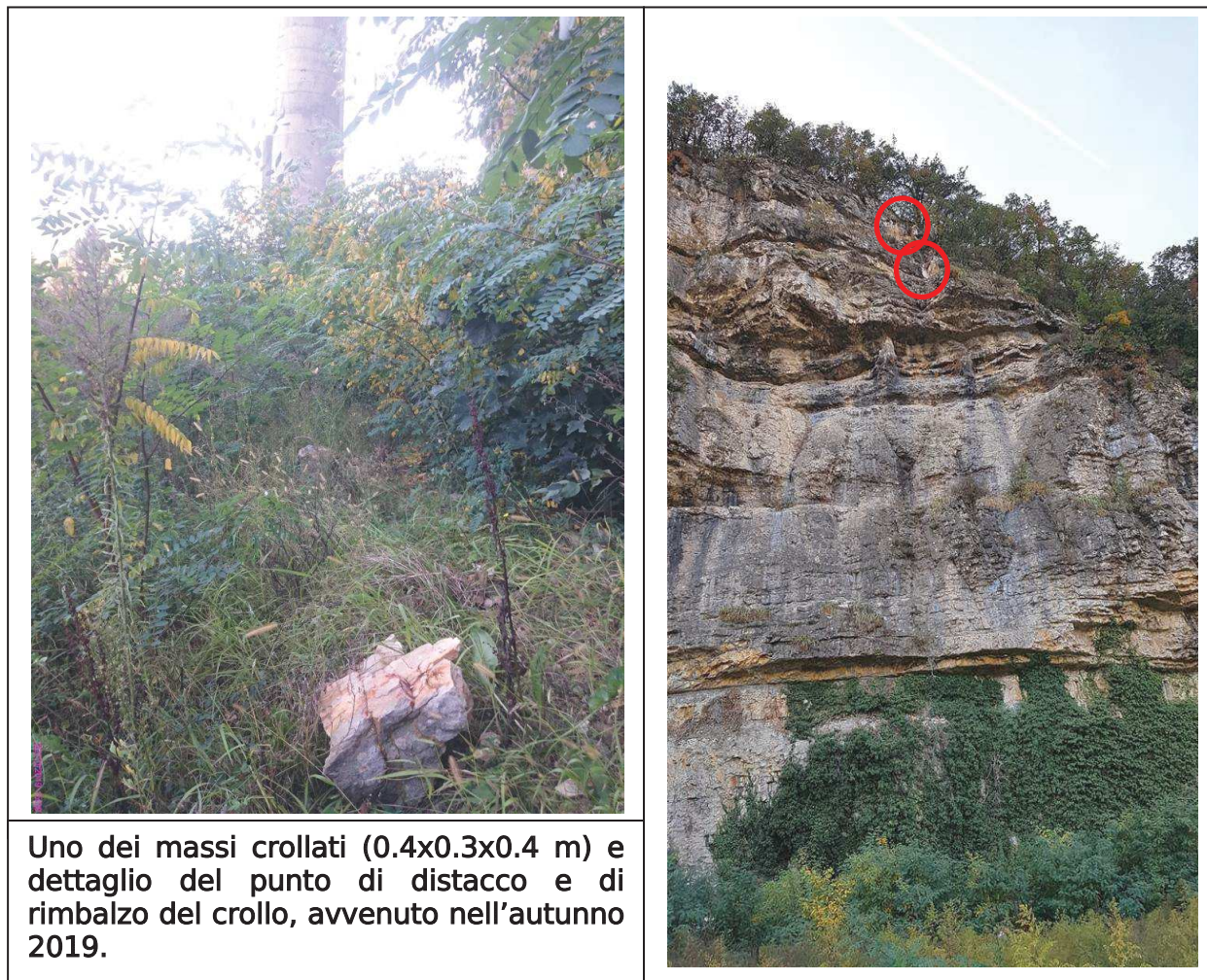


Evidenza di crolli recenti, avvenuti dopo la demolizione dello stabilimento e prima delle ispezioni in parete.

Vi sono anche evidenze di un crollo avvenuto dopo i lavori relativi alla bonifica ambientale: il crollo, stanti i sopralluoghi intercorsi, viene datato alla seconda settimana di ottobre 2019.



Panoramica del punto di distacco dell'autunno 2019. Vi è evidenza della nicchia di distacco e di un sottostante punto di rimbalzo in parete.



Uno dei massi crollati (0.4x0.3x0.4 m) e dettaglio del punto di distacco e di rimbalzo del crollo, avvenuto nell'autunno 2019.

Come vedremo a seguire, il punto di impatto e poi di arresto di tali massi sul piazzale sono posti rispettivamente a circa 10 e 16 m di distanza dalla parete: ciò è, per la quota di distacco del masso, in ottimo accordo con le simulazioni delle traiettorie di impatto modellate lungo la corrispondente sezione 12. Va notato anche che questo crollo si è originato esattamente in corrispondenza al punto di cui alla scheda di segnalazione di instabilità n° 26 nella relazione del gennaio 2018.

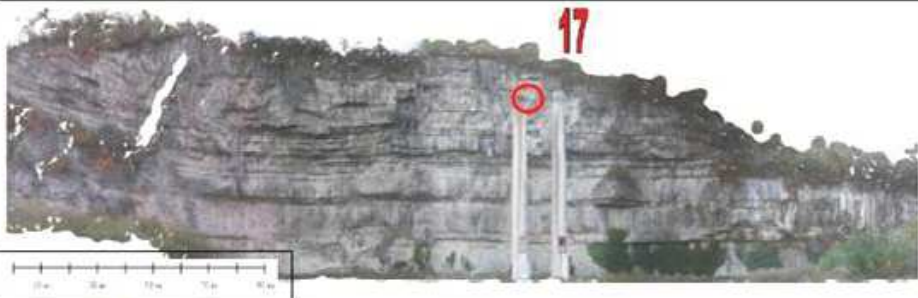
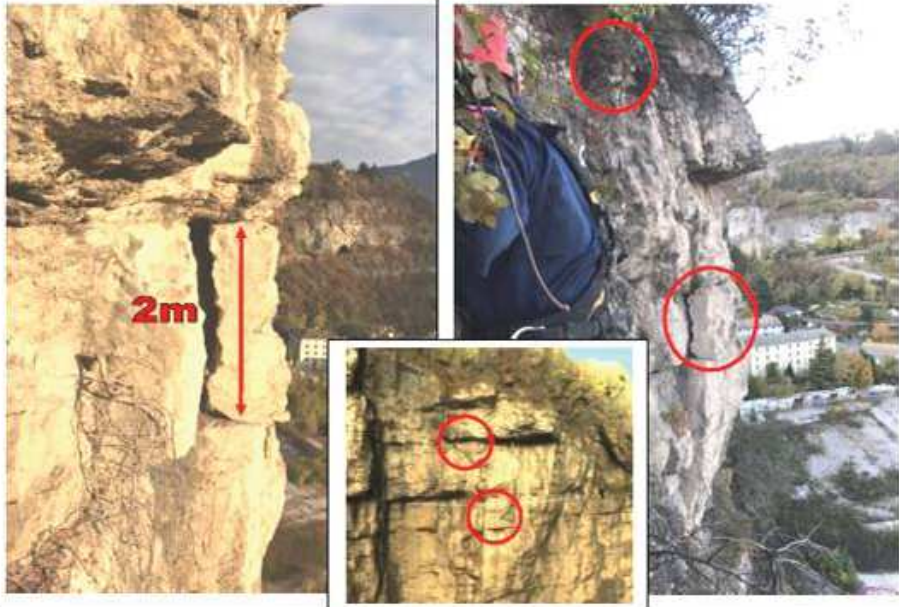
- Analisi della pericolosità:

La definizione della pericolosità da crollo è già stata definita nello studio precedente tramite due passaggi: lo studio dei volumi potenzialmente mobilizzabili e poi lo studio delle possibili traiettorie derivanti dal crollo.

Si rinvia senz'altro a tale elaborato per i dettagli che definiscono la pericolosità per crollo riconosciuta.

Si riporta solamente, a titolo di esempio per illustrare il processo di definizione della pericolosità, una delle schede sulle quali nello studio del 2018 si indicavano le principali situazioni di potenziale instabilità riconosciute in parete.

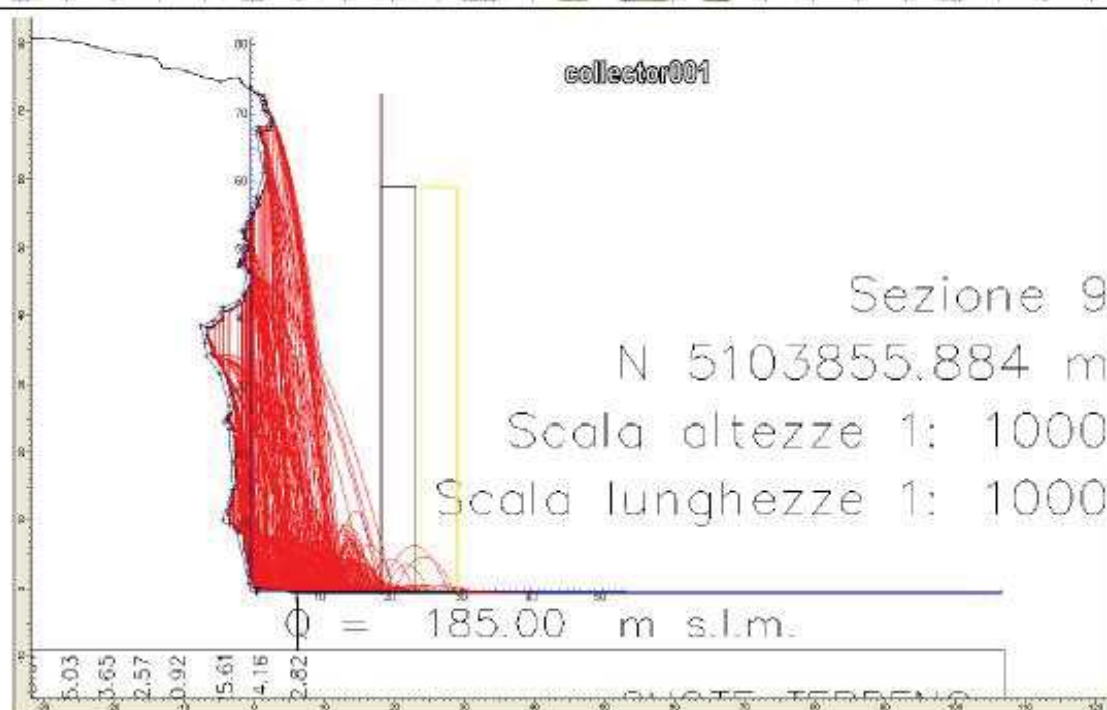
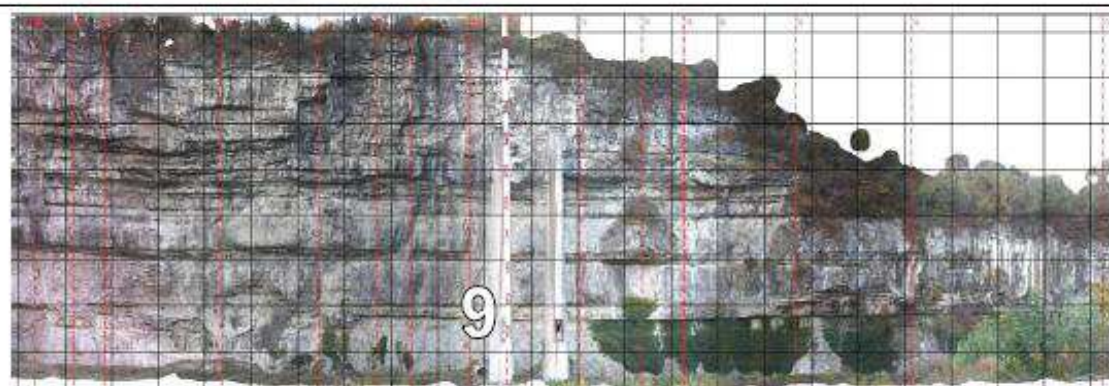
Questa scheda è relativa ad un masso potenzialmente mobilizzabile posto sulla parete proprio a ridosso delle ciminiere.

| PATRIMONIO DEL TRENTINO SPA | |
|---|---|
| Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento | |
| SCHEDA N°: | 17 |
| DESCRIZIONE: | due lastre, una isolata fra frattura beante K3 e il labbro di altra frattura K1 su cui fa perno, con rotazione esterna; la seconda ha forma di cuneo rovesciato |
| VOLUME TOTALE (m³): | 5 m3 |
| DIMENSIONI MASSO MAGGIORE (m): | prisma 2 x 0.6 x 1 = 1.2 m3 |
| NOTE: | crollo per gelività e, per la seconda, per erosione piede. Il loro crollo andrà a destabilizzare più ampie porzioni rocciose soprastanti |
| UBICAZIONE SU FOTO | |
|  | |
| PORZIONE INSTABILE: VISTA DI DETTAGLIO | |
|  | |
| 1634/17 – Pericolosità di crollo dalla parete rocciosa retrostante l'area ex – Italcementi a Trento | |

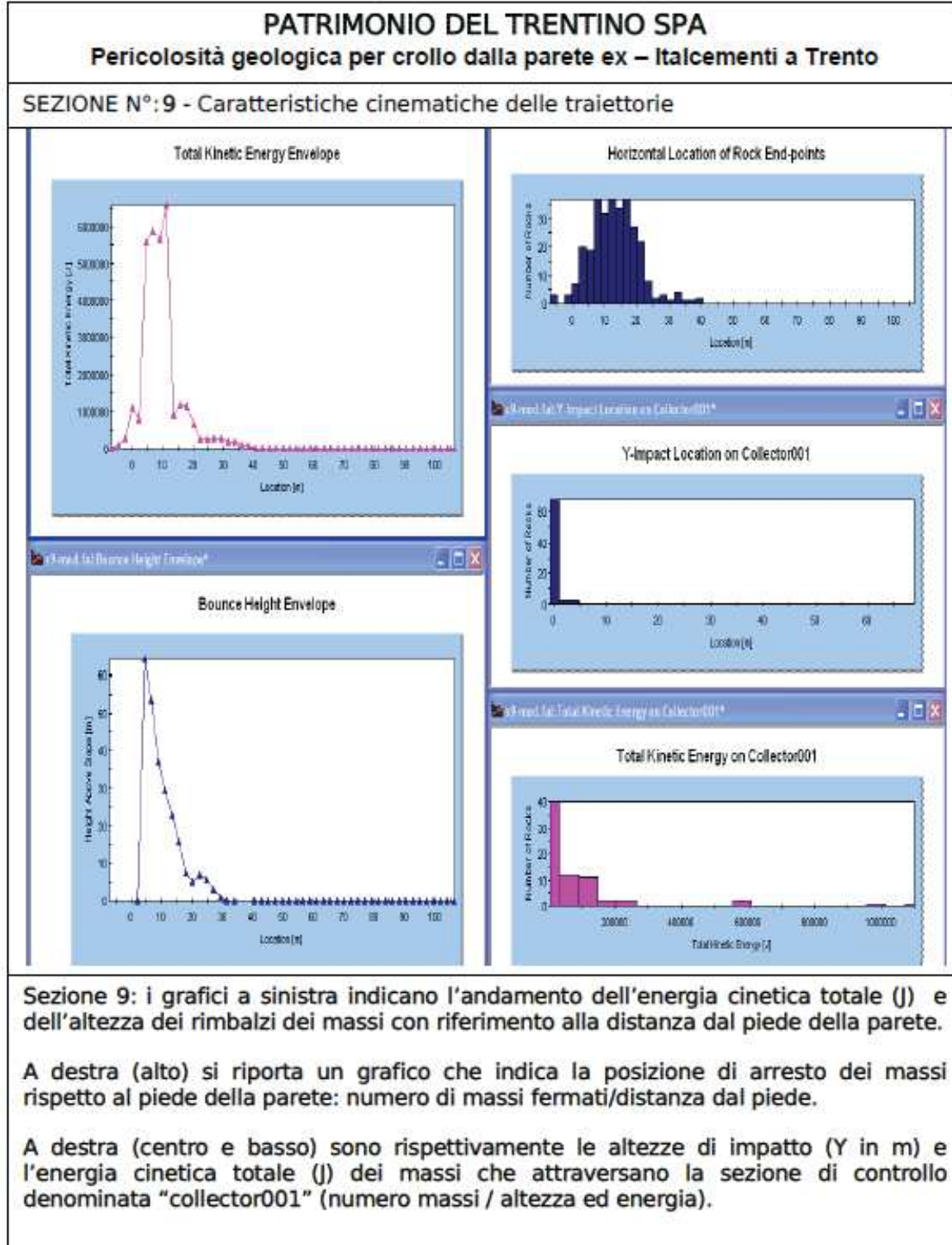
- Massimi effetti prevedibili:

Gli effetti derivanti dal crollo di un masso (o da uno sciame di massi) che si staccasse/ro dalla parete rocciosa sono di generare rimbalzi e rotolamenti dei frammenti rocciosi e/o delle proiezioni che possono generarsi a seguito degli urti delle masse rocciose. Sempre nello studio del gennaio 2018 erano già contenute delle simulazioni delle traiettorie di crollo che potevano generarsi a seguito del distacco delle masse rocciose instabili individuate.

Anche in questo caso, a titolo di esempio, si riportano gli esiti della simulazione di crollo eseguita in corrispondenza di una sezione (Sez. 9) posta nella zona delle ciminiere (la ciminiera Nord).

**PATRIMONIO DEL TRENTINO SPA****Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento****SEZIONE N°:9 - UBICAZIONE SU FOTO**

Modello numerico della sezione 9 con le simulazioni delle traiettorie di caduta di 200 massi aventi volume compreso fra 1 – 8 m³ e lasciati rotolare/cadere dalla parete. Indicata la posizione della sezione di controllo denominata “collector001” posta a 17 m dal piede della parete (filo ciminiera). A seguire si riportano in grafico le caratteristiche cinematiche delle traiettorie (altezza di impatto ed energia cinetica totale) che attraversano questa sezione di controllo.



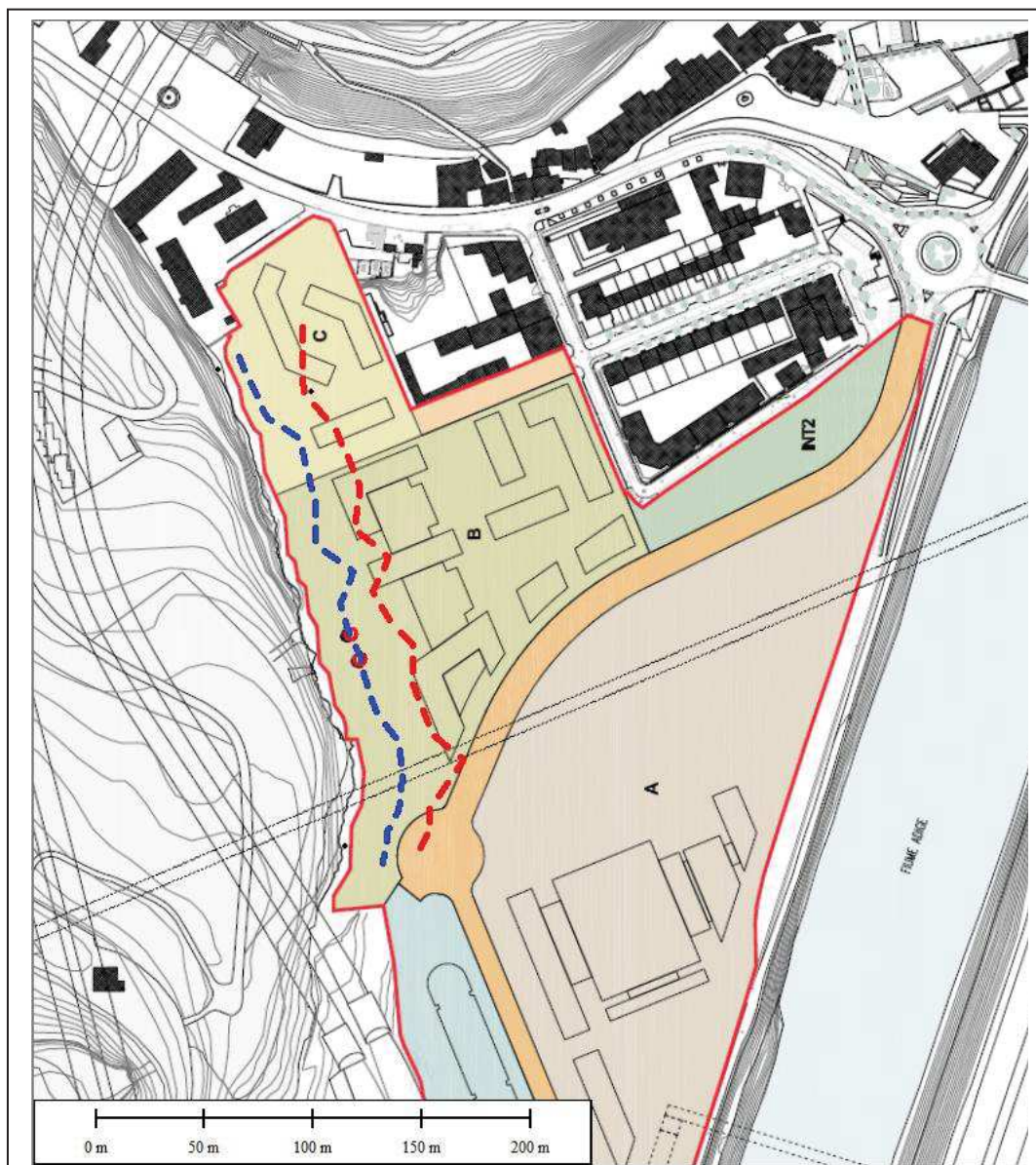
1634/17 – Pericolosità di crollo dalla parete rocciosa retrostante l'area ex – Italcementi a Trento

Per concludere, allo scopo di definire la pericolosità per crollo, si presenta la planimetria della previsione urbanistica, con sovrapposte due linee:



- la linea a tratteggio blu indica la fascia di territorio in cui i crolli dalla parete possono impattare direttamente con traiettoria a volo libero, cioè senza prima rimbalzare sul piazzale di base ex Italcementi. L'ampiezza di tale fascia è contenuta entro 25 m dalla parete, con l'eccezione di un punto in cui arriva a 27,4 m (zona della sporgenza a N delle ciminiere);

- la linea a tratteggio rosso indica la fascia di territorio in cui i crolli dalla parete possono espandersi per rotolamento anche dopo aver impattato sul piazzale di base ex Italcementi. Tale fascia ha ampiezza fino a 40 – 44 m dalla parete.



In blu l'espansione delle traiettorie a volo libero, in rosso l'espansione dei crolli.

Da tale sovrapposizione si vede che, a parte le ciminiere esistenti, le opere progettate sono esterne all'area interessata dagli impatti a volo libero, mentre sono interne alla fascia interessata dall'espansione dei rotolamenti dei massi sul piazzale basale ex - Italcementi.

Una annotazione specifica merita poi la presenza delle ciminiere all'interno della fascia di caduta a volo libero dei massi che possono staccarsi dalla parete: tali ciminiere sono elementi snelli e che presentano già delle criticità strutturali (fessurazioni) e sottodimensionamenti rispetto alle normative esistenti. Vi è un



apposito studio (Ing. Decaminada) che dimostra, ad esempio, come le ciminiere non rispettino gli attuali standard di sicurezza rispetto alle possibili azioni del vento.

E' pertanto da mettersi in conto che l'effetto di un urto di un masso che crolla dalla parete possa anche mettere a rischio la stabilità complessiva di tali strutture (rischio di crollo). Questo rischio di crollo può coinvolgere una porzione di territorio che si estende secondo un raggio pari ad almeno tutta l'altezza di ciascuna ciminiera.

- Definizione della vulnerabilità di quanto si intende realizzare:

Descritto lo scenario dei massimi effetti prevedibili, ne deriva conseguentemente un grado di vulnerabilità inaccettabile, in quanto, oltre al danneggiamento delle strutture, vi potrebbero anche essere degli esiti fatali per l'incolumità delle persone presenti entro o attorno alle strutture in progetto.

- Definizione delle opere di messa in sicurezza:

Per rendere compatibile l'inserimento urbanistico previsto dal Piano Guida in Variante al PRG, risulta indispensabile l'adozione di misure volte ad ottenere, con adeguato margine, la sicurezza del sito rispetto alla presenza della parete rocciosa incombente sul piazzale ex – Italcementi.

Si ricorda infatti che i massi distaccatisi dalla parete possono impattare sugli stessi aggetti della parete od anche arrivare a volo libero fino alla base della parete: in dipendenza delle traiettorie d'urto, tali massi – e le proiezioni derivanti dalla frantumazione dei massi durante gli impatti -, si possono espandere sul piazzale sottostante per una fascia di larghezza mediamente pari a circa 25 m (volo libero) e fino a 45 m (successivo rotolamento) dal piede della parete.

Per rendere compatibile un inserimento urbanistico sotto ad una parete rocciosa che può generare fenomeni di crollo esistono vari approcci che variano fra due estremi possibili:

- nessun intervento di protezione, con conseguente interdizione di una fascia di territorio basale molto vasta,
- massicci interventi di messa in sicurezza per minimizzare la pericolosità e quindi utilizzare quanto più territorio possibile.

Quale base di lavoro si è qui fatto riferimento alla previsione urbanistica precedentemente indicata: tenendo ferma questa previsione quale obiettivo dell'intervento di prevenzione, si sono studiati gli interventi di messa in sicurezza necessari per tale scopo.

Gli interventi per ridurre la pericolosità geologica da crollo ad un livello tale da consentire l'attuazione della previsione urbanistica in esame possono essere suddivisi in due tipologie:

- interventi attivi, per prevenire il distacco dei massi pericolanti,
- interventi passivi, per contenere o limitare gli effetti dei crolli.

Interventi attivi:

- disaggancio "pesante", cioè con rimozione anche di singoli massi di dimensioni ben superiori al metro cubo e/o di piccole plaghe fratturate,
- stesura di reti in aderenza del tipo Maccaferri a doppia torsione, rinforzate da funi incrociate,
- in punti particolari si potrà intervenire con posa di pannelli di rete con maglia a fune e con il rinforzo del piede dei volumi maggiori mediante travi (metalliche o gettate in opera) e chiodature del tipo barre Dywidag.

Interventi passivi:

- stendere al piede della parete uno strato di limo avente funzione di materasso assorbente gli impatti in modo di ottenere urti anelastici: in questo modo i frammenti rocciosi che impattano sul limo tendono preferibilmente a deformare la superficie del limo, "affondando" entro ad esso, piuttosto che rimbalzare elasticamente.

- disporre un rilevato che si interponga fisicamente al rotolamento dei massi,
- mettere in sommità a detto rilevato una rete paramassi avente lo scopo di intercettare le possibili proiezioni, costituite solitamente da frammenti rocciosi di massa contenuta ma dotati, per il principio di conservazione della quantità di moto, di elevata velocità. Queste proiezioni si generano quando un frammento roccioso si frantuma per gli urti del crollo o anche per l'impatto con altre masse rocciose cadute precedentemente.

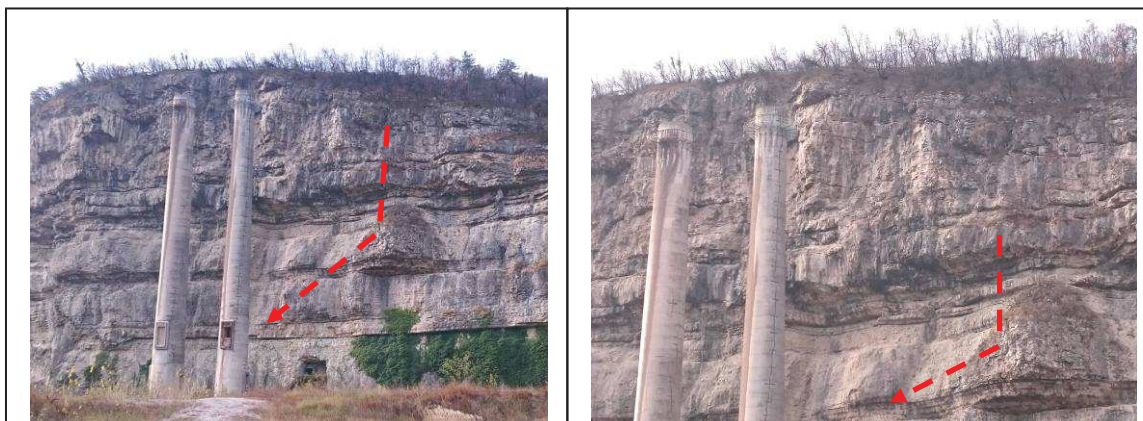
Definizione degli interventi

Entrando nel dettaglio degli interventi, si è detto che la prima operazione da eseguirsi sarà un disgaggio della parete per eliminare i frammenti rocciosi oramai completamente disgiunti dal fronte roccioso.

Attenzione va prestata alla circostanza che, in corrispondenza del tratto di parete retrostante alle ciminiere, per evitare che il disgaggio possa provocare impatti dei frammenti disgaggiati e quindi danni alle stesse, si dovrà preliminarmente stendere sulla parete una fascia di teli di rete metallica lasciati aperti verso il basso. La funzione di questa rete è quella di impedire i rimbalzi del materiale disgaggiato verso le ciminiere.

La base delle ciminiere andrà comunque difesa mediante una barriera rigida, per evitare che, sia durante i lavori di posa della rete e sia durante i successivi disgaggi, si possano innescare crolli che generino impatti di massi contro la base delle ciminiere.

Si faccia anche attenzione alla presenza, in corrispondenza della sezione 11, di un'importante sporgenza a forma di semi - piramide tetraedrica. I massi che dovessero crollare dalla parte alta della parete (anche a seguito di disgaggio) - vedasi ad esempio scheda di instabilità n° 25 - su tale oggetto possono, nel caso colpiscano la faccia rivolta a Sud della piramide, essere deviati proprio verso la ciminiera Nord. Per tale motivo, la posa della rete precedentemente menzionata per inibire le cadute di massi dalla parte alta della parete va estesa fino a mettere in sicurezza anche tale elemento aggettante.



La presenza di un particolare oggetto a forma piramidale può causare la deviazione della traiettoria dei massi che dovessero cadere dalla parete soprastante verso la ciminiera Nord.

nonno
consolidare le porzioni rocciose di dimensioni maggiori, il cui distacco potrebbe



compromettere la tenuta delle reti in aderenza che saranno poi stese sulla parte alta della parete.

Riferendosi alle situazioni di maggior instabilità descritte nelle 16 schede contenute nello studio del gennaio 2018 (cui si rinvia per i dettagli), si riporta la seguente tabella riassuntiva degli interventi di consolidamento in parete:

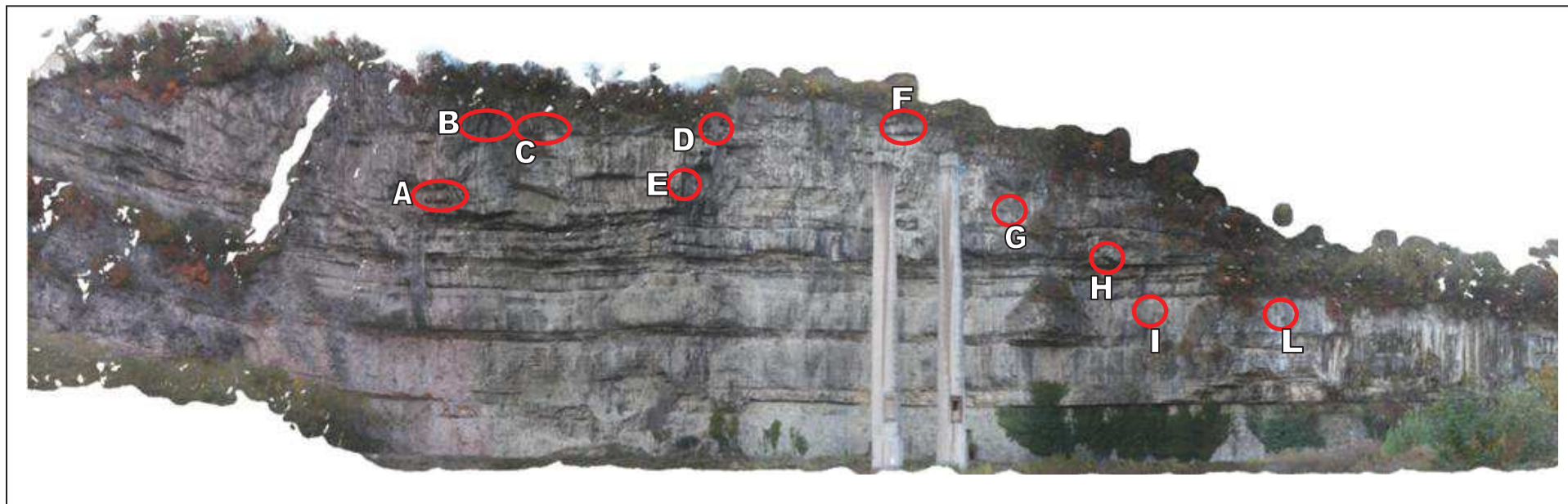
| scheda di instabilità (relazione gennaio 2018) (N°) | Volume totale instabile (m3) | Volume o dimensioni masso maggiore instabile (m3) | Descrizione intervento |
|---|------------------------------|---|--|
| 1 + 2 | 8 | 1.2 | Disgaggio poi posa rete armata |
| 3 | 30 | 4 | Pannello di rete in fune con chiodature |
| 4 | 2 | 0.6 | Disgaggio |
| 5 | 3 | 0.4 | Disgaggio |
| 6 | 6 | 1.4 | Pannello di rete in fune con chiodature |
| 7 | 40 | 15 | Pannello di rete in fune con chiodature e funi orizzontali aggiuntive per cucire massa alla parete |
| 8 | 9 | 1 | Pannello di rete in fune con chiodature |
| 9 | 2.5 | 0.8 | Disgaggio |
| 10 | 20 | 3.8 | Disgaggio parte esterna poi pannello di rete in fune con chiodature di lunghezza fino a 6 m e con funi orizzontali aggiuntive per cucire massa alla parete |
| 11 | 10 | 1.4 | Disgaggio parte esterna poi rete armata |
| 12 | 15 | 2.7 | Disgaggio masso appoggiato, poi posa rete armata |
| 13 | 50 | 11 | Funi orizzontali di cucitura ogni 1 m e pannello di rete in fune sulla parte bassa |
| 14 | 3 | 1.4 | Disgaggio |
| 15 | 3.5 | 2.7 | Pannello di rete in fune con chiodature |
| 16 | 40 | 6 | Pannello di rete in fune con almeno 4 chiodature profonde e funi orizzontali aggiuntive per cucire massa alla parete |
| 17 | 5 | 1.2 | Rete armata con funi e chiodatura |
| 18 | 2.5 | 1 | Pannello di rete in fune con chiodature |
| 19 | 0.5 | 0.2 | Rete armata con funi |
| 20 | 35 | 18 | Pannello di rete in fune con chiodature e funi orizzontali aggiuntive per cucire massa alla parete |
| 21 | 3 | 0.6 | Disgaggio poi posa rete armata |
| 22 | 10 | 4 | Pannello di rete in fune con chiodature |
| 23 | 5 | 0.1 | Rete armata |
| 24 | 80 | 8 | Pannelli in fune con chiodature e funi orizzontali aggiuntive per cucire massa alla parete |
| 25 | 15 | 3 | Punto molto delicato non potendo |



| | | | |
|----|----|------|---|
| | | | eeguire disgaggio pesante per presenza ciminiere. Preliminare calo rete dall'alto ed imbragaggio con funi orizzontali aggiuntive per cucire massa alla parete, poi realizzazione di piede in cls e posa di pannello di rete in fune con chiodature e funi orizzontali |
| 26 | 4 | 1.1 | Pannello di rete in fune con chiodature |
| 27 | 11 | 2 | Pannello di rete in fune con chiodature e funi orizzontali aggiuntive per cucire massa alla parete |
| 28 | 2 | 0.05 | Disgaggio |
| 29 | 40 | 8 | Pannello di rete in fune con chiodature profonde alla base del diedro |
| 30 | 5 | 1 | Rete armata con funi |
| 31 | 6 | 1.4 | Rete armata con funi e altre chiodature profonde in prossimità delle labbra delle fratture circostanti |
| 32 | 35 | 3 | Pannello di rete in fune con chiodature profonde fino a 5 m |
| 33 | 2 | 0.8 | Rete armata con funi |
| 34 | 30 | 3 | Disgaggio poi pannello di rete in fune con chiodature e funi orizzontali aggiuntive per cucire massa alla parete |
| 35 | 25 | 8 | Disgaggio poi pannelli di rete in fune con chiodature |
| 36 | 4 | 0.5 | Disgaggio e, per il muro maggiore, rete in aderenza |

Oltre a queste situazioni relative ai fenomeni di maggior instabilità, si ritiene necessario intervenire in parete anche per prevenire il degrado di porzioni di grandi dimensioni che si presentano al momento meno problematiche ma che, con il passare del tempo possono evolvere e degradare.

Fra questi interventi alcuni sono riferiti alle masse aggettanti (cioè porzioni di parete prive di appoggio al piede) di maggiori dimensioni sulle quali, seppur al momento risultano non isolate dalla parete da particolari giunti o fratturazioni, si ritiene opportuno intervenire preventivamente.



Situazioni di potenziale instabilità che si ritiene opportuno consolidare preventivamente ai possibili fenomeni di degrado:

- A= 2 chiodature profonde 5 m
- B= 2 chiodature profonde 5 m
- C= 3 chiodature profonde 5 m
- D= 4 chiodature profonde 5 m
- E= 2 chiodature profonde 10 m
- F= Pannelli a fune con 3 chiodature aggiuntive profonde 5 m
- G= 3 chiodature profonde 5 m
- H= 2 chiodature profonde 5 m
- I= 1 chiodo profondo 3 m
- L = 2 chiodi profondi 4 metri

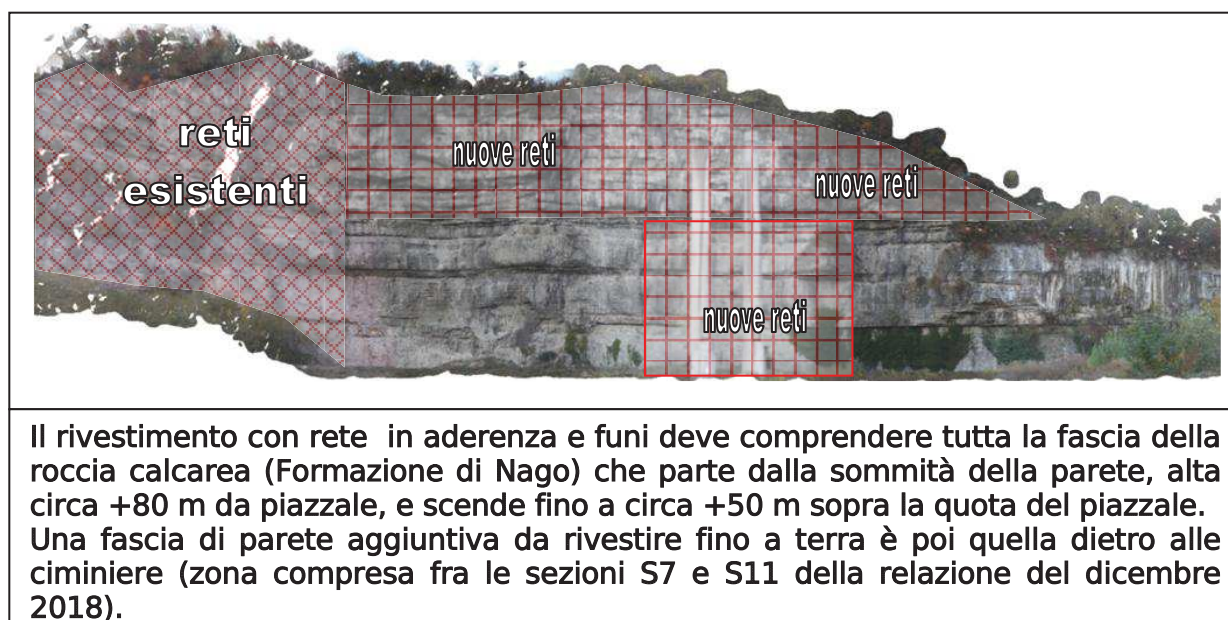


Naturalmente nel corso dei disaggi possono palesarsi altre situazioni puntuali che attualmente non sono fisicamente visibili per la presenza sia di vegetazione e sia di porzioni rocciose da disaggiare; da ciò consegue che il precedente elenco degli interventi attivi puntuali sia da ritenersi soggetto a possibili modifiche ed integrazioni.

Un altro intervento di consolidamento che va considerato complementare alle azioni di messa in sicurezza delle descritte situazioni instabili particolari e puntuali, è poi quello di rivestire almeno tutta la parte alta della parete con reti in aderenza armate con funi, tipicamente fissate con chiodature disposte con maglia di 3 metri.

Questo intervento è necessario per restringere la porzione del sottostante piazzale che è soggetta all'arrivo di traiettorie di frammenti rocciosi direttamente dalla parete, come poco oltre discusso.

La parte di parete da rivestire per impedire che le traiettorie dei massi possano arrivare a coinvolgere l'insediamento in esame è illustrata graficamente nella sottostante figura.



Il rivestimento con rete in aderenza e funi deve comprendere tutta la fascia della roccia calcarea (Formazione di Nago) che parte dalla sommità della parete, alta circa +80 m da piazzale, e scende fino a circa +50 m sopra la quota del piazzale. Una fascia di parete aggiuntiva da rivestire fino a terra è poi quella dietro alle ciminiere (zona compresa fra le sezioni S7 e S11 della relazione del dicembre 2018).

Oltre alla fascia superiore, il rivestimento con rete va esteso anche alla parte bassa della parete in corrispondenza delle ciminiere (zona compresa fra le sezioni S7 e S11 della relazione del dicembre 2018): questo per evitare che possibili crolli da questa zona colpiscano la base delle ciminiere stesse.

Definiti gli interventi attivi in parete per ridurre la pericolosità geologica per crollo, si sono poi esaminati gli interventi passivi da mettersi in atto sul piazzale per proteggersi dai rotolamenti dei massi che comunque possono staccarsi dalla fascia di parete non rivestita con rete in aderenza, alta 50 m. Si tenga infatti presente che sulla parete i fenomeni di alterazione e degrado della roccia possono, con il trascorrere del tempo, generare situazioni di instabilità che attualmente sono ancora allo stato latente.

Un primo intervento è quello di stendere del materiale soffice, limoso e/o terroso in modo di assorbire l'energia degli impatti dei massi, ottenendo così di impedire il rotolamento o, quantomeno, di ridurre l'estensione della fascia di espansione del rotolamento stesso.

Nelle simulazioni a seguire si è pertanto previsto che sul piazzale, fra il piede della parete e la zona da urbanizzare, venga steso uno spessore di 1 m di materiale soffice, quale appunto del limo frammisto a suolo vegetale.

Oltre a ridurre la restituzione di energia al frammento roccioso, tale strato favorirà anche sia l'inserimento ambientale che la ricrescita vegetativa: una fascia vegetata rappresenta un ulteriore presidio in grado, qualora si lascino sviluppare i tronchi degli alberi, di intercettare e rallentare le traiettorie dei frammenti rocciosi che possono rotolare su tale superficie.

A questo punto dello studio si sono modellate le caratteristiche cinetiche delle traiettorie dei massi che, pur dopo il disaggio, possono staccarsi dalla parte bassa della parete e rotolare sul piazzale.

Allo scopo si sono utilizzate ancora le 16 sezioni trasversali, di seguito ubicate sulla planimetria di progetto, già a suo tempo utilizzate per elaborare lo studio del gennaio 2018 sulla pericolosità geologica.



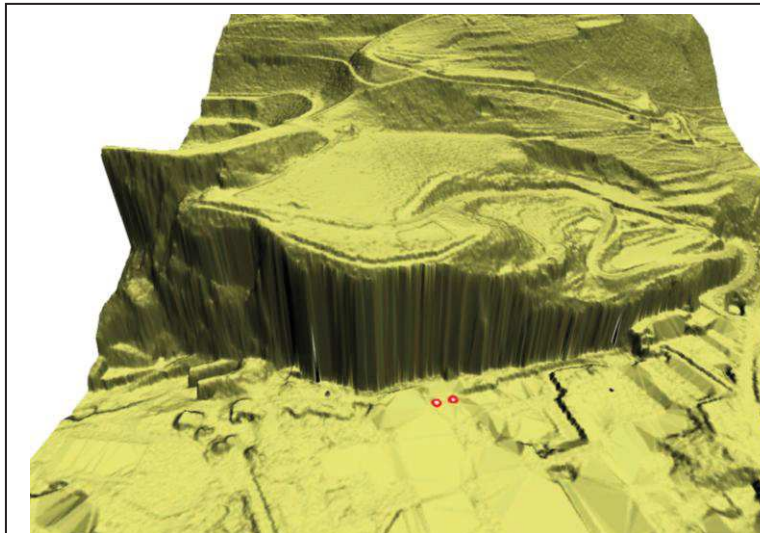
Ubicazione, sulla planimetria di previsione urbanistica, delle sezioni studiate per definire le caratteristiche delle traiettorie dei massi che possono staccarsi dalla fascia inferiore di parete, non rivestita dalla rete di protezione.

Si sono eseguite le simulazioni numeriche di crollo utilizzando il codice RocFall della Rocscience (Toronto): si è così potuto tener conto della circostanza



che, nella parte centrale e meridionale della parete, vi siano aggetti importanti: la testata della parete, ed anche alcune porzioni lungo lo sviluppo verticale della stessa, sporgono maggiormente rispetto al piede della parete.

In questa configurazione, il rilievo Lidar PAT attualmente disponibile non riesce a modellare compiutamente la morfologia della parete.



In presenza di pareti rocciose aggettanti il rilievo Lidar PAT attualmente a disposizione dello scrivente (a scansione verticale) non è rappresentativo della situazione di dettaglio.

Avendo però a disposizione il rilievo fotogrammetrico fatto eseguire da Patrimonio del Trentino, si è potuto modellare con precisione l'andamento della parete ed ottenere delle sezioni rappresentative che rispecchiano fedelmente anche la morfologia degli aggetti.

Sulle 16 sezioni disponibili si è costruito il modello numerico del terreno, assegnando alle varie porzioni di parete gli appropriati valori dei volumi instabili e dei coefficienti di restituzione dell'energia.

Naturalmente le sezioni modellate non comprendono quelle poste a tergo delle ciminiere (Sez. 8 – 11), in quanto questo settore di parete verrà completamente rivestito con rete metallica, per impedire il distacco di frammenti tali da poter mettere a rischio la stabilità delle ciminiere.

I coefficienti di restituzione dell'energia definiscono sia la quota parte di energia cinetica (traslativa e rotazionale) che viene dispersa durante l'impatto di un masso con la parete e sia la quota parte che viene mantenuta dal masso stesso.

Tali coefficienti sono maggiori per gli affioramenti di roccia pulita (urto di tipo semi elastico) e diminuiscono passando ad una superficie detritica e ancor di più passando ad un suolo soffice, dove la dissipazione dell'energia si avvicina a quella che caratterizza un urto di tipo anelastico. Si sono utilizzati valori elevati per la parete rocciosa compatta, valori intermedi per le sporgenze ricoperte di suolo e detrito e valori minori per la base, dove si è modellata, per via della copertura con lo strato di limo, la presenza di un terreno dalle caratteristiche riconducibili a quelle di un suolo vegetato.

In queste condizioni con presenza di un orizzonte ben compressibile, si è introdotto, nelle simulazioni, il concetto dell'effetto scala nei valori del coefficiente di restituzione normale dell'energia: per velocità crescenti di un masso che impatta su un piano compressibile si ha un aumento dell'affondamento nel substrato molle.



$$R_N(\text{scaled}) = R_N * \text{scaling factor}$$

$$\text{scaling factor} = \frac{1}{1 + \left(\frac{V_{\text{ROCK}}}{K} \right)^2}$$

K = velocity at which scaling factor = 0.5

V_{ROCK} = Velocity of the rock, immediately before impact, measured normal to the surface.

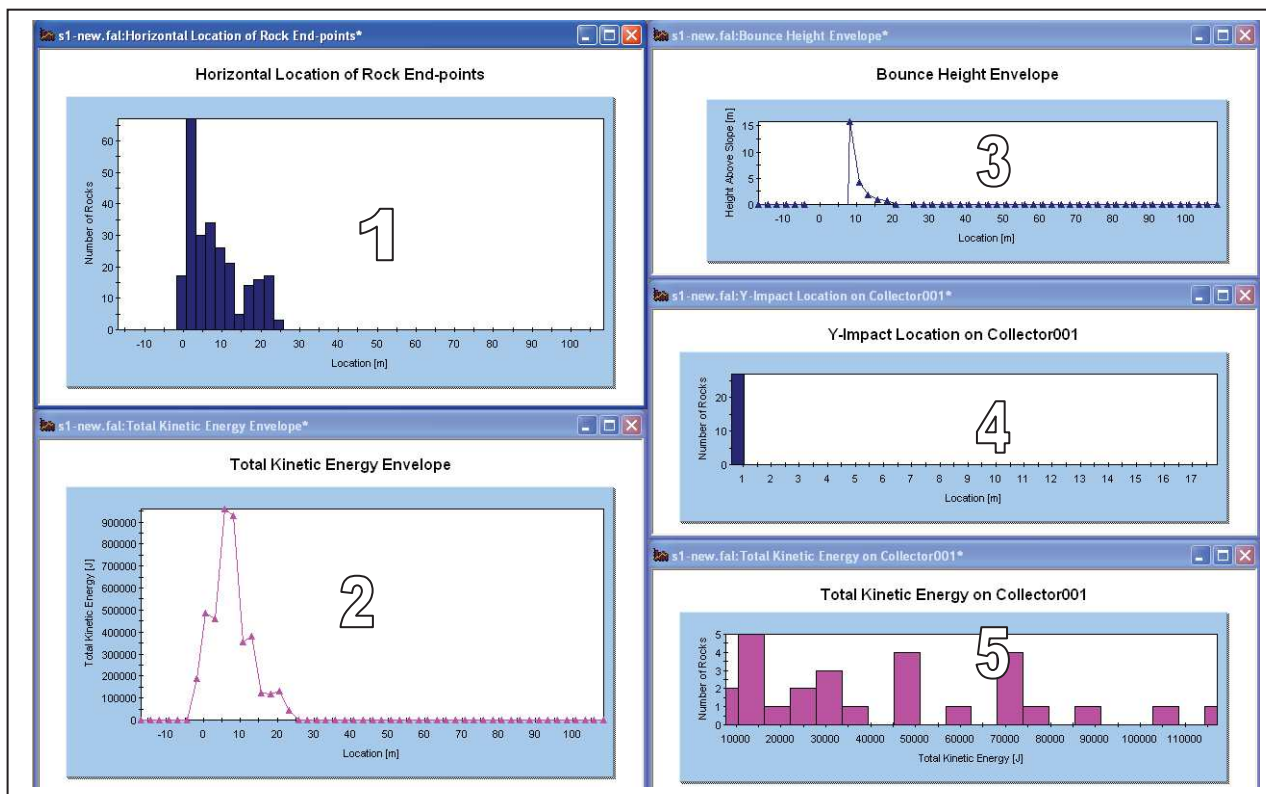
Effetto scala sul coefficiente normale di restituzione dell'energia Pfeiffer, T.J., and Bowen, T.D.,(1989) Computer Simulation of Rockfalls. Bulletin of the Association of Engineering Geologists Vol. XXVI, No. 1, 1989 p 135-146.

Ai massi in esame, che possono cadere da altezze fino a circa 50 m, si possono associare velocità di caduta a volo libero fino a circa 31 m/s e quindi si ha un fattore scala di circa 0.1.

I volumi dei massi dei quali si sono simulate le traiettorie di caduta tengono conto degli interventi attivi in parete precedentemente descritti: tali interventi di fatto vanno ad eliminare i volumi maggiori, lasciando comunque possibili crolli che sono stati valutati poter arrivare, in base ai rilievi ed alle osservazioni, fino a 1 m³.

L'esito delle simulazioni è contenuto nell'**Allegato 2**, di seguito riportato (Allegato 2 : Verifiche numeriche sulle caratteristiche delle traiettorie di crollo dei massi dalla parete rocciosa), dove per ciascuna sezione lungo la quale si sono eseguite le verifiche di rotolamento si riporta:

- ubicazione della sezione modellata sulla foto di base della fotogrammetria.
- modello del terreno sovrapposto alla sezione e con la traiettoria dei massi: per ogni sezione si sono modellate varie sorgenti di distacco dei massi, così come rilevato durante le ispezioni in parete. La parte alta della parete (H>50 m da piano piazzale) che potrebbe rilasciare i volumi maggiori (Formazione dei calcari di Nago) è considerata rivestita di rete in aderenza e quindi non è considerata sorgente di massi. La parte media ed inferiore (H<50 m da piano piazzale) (Formazione dei calcari di Malcesine in transizione con la Formazione dei calcari di Chiusole) è interessata da rilasci di volumetrie inferiori. Sulle schede si riporta il volume dei massi simulati. Il numero delle simulazioni eseguite su ciascuna sezione varia da 200 a 300, numero dei massi lasciati cadere da varie posizioni lungo il profilo della sezione, in modo di ottenere una rappresentazione statisticamente significativa.
- su ciascuna sezione si è anche inserita una sezione di controllo denominata "collector001": si tratta di una sezione di controllo relativamente alla quale si riportano le principali caratteristiche cinematiche delle traiettorie dei massi che la attraversano. La posizione della sezione di controllo è stata posta a 20 m di distanza dal piede della parete.
- la seconda pagina di ciascuna scheda riporta 5 grafici:



1 = distanza di arresto dei massi rispetto al piede della parete: numero di massi fermati/distanza dal piede,

2 = andamento dell'energia cinetica totale (traslazionale + rotazionale) (J) con riferimento alla distanza crescente dal piede della parete,

3 = altezza dei rimbalzi dei massi con riferimento alla distanza crescente dal piede della parete,

4 = numero di massi che hanno delle definite classi di altezze di impatto (Y in m) quando attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / altezza)

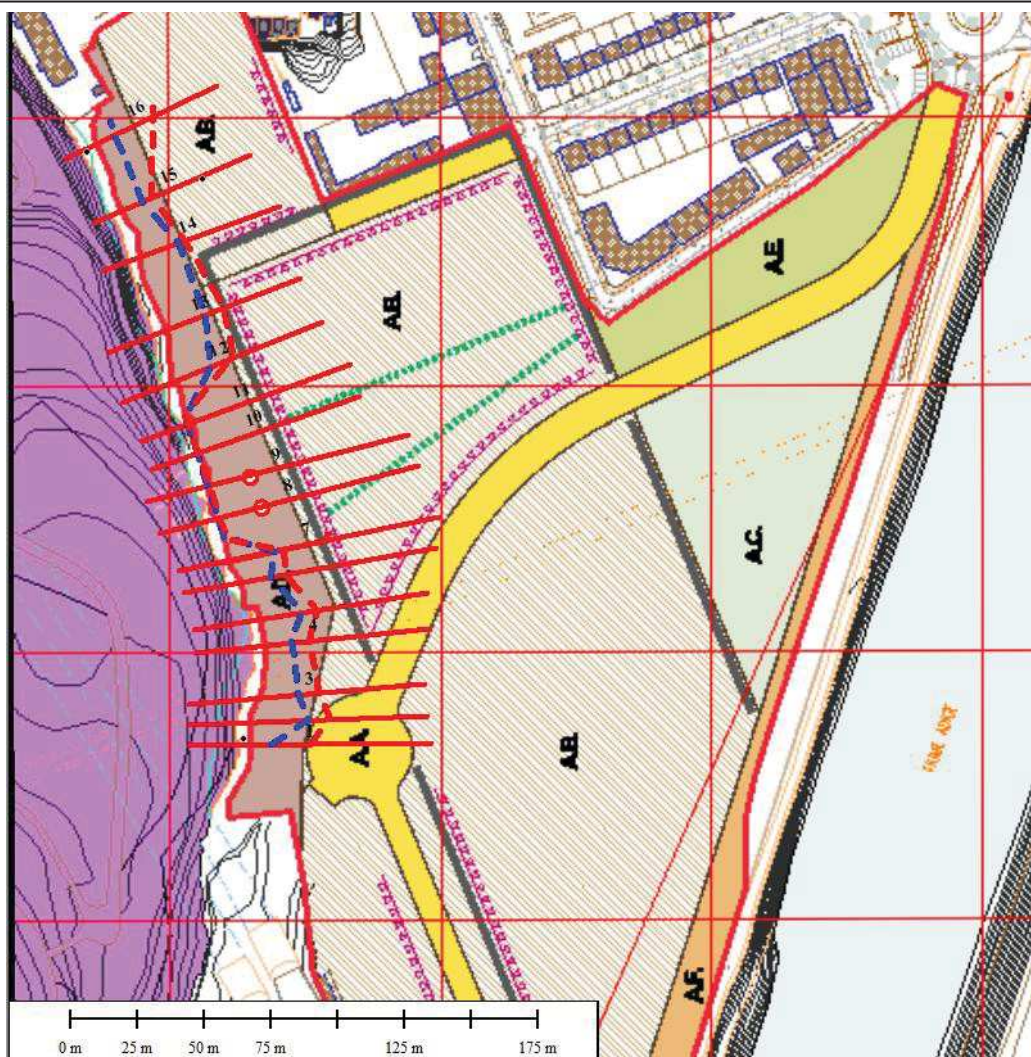
5 = numero di massi che hanno delle definite classi di energia cinetica totale (J) quando attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / energia).

Un commento particolare va dedicato alle verifiche lungo le sezioni 2 e 14, che sono risultate essere quelle che determinano il maggior avvicinamento dei massi rotolanti verso le opere di urbanizzazione.

Per ottenere un grado di sicurezza sufficiente, a causa della particolare conformazione della parete in corrispondenza di tali sezioni, si è dovuto simulare che il distacco dei massi non possa avvenire sopra quota + 40 m dal piano del piazzale. Quindi per tali sezioni le opere di difesa attive in parete (rete) dovranno essere portate fino a tale quota.

A seguire si indica, su base della planimetria di proposta di variante al PRG, una sintesi planimetrica dei risultati delle simulazioni di crollo lungo le varie sezioni: in **BLU** è delimitata la fascia di territorio interessata dagli impatti dei massi a volo libero, mentre in **ROSSO** è la fascia interessata dall'arresto dei massi che, dopo aver toccato terra, rimbalzano e rotolano sul piazzale fino a fermarsi.

Si ricordi che fra le sezioni 7 e 12 si è considerato che la parete sia completamente rivestita e che pertanto non si possano generare spandimenti di massi sul piazzale.



Su sfondo della planimetria di previsione urbanistica sono schematicamente indicate le sezioni di cui alle verifiche di rotolamento dell'Allegato 1, con i relativi numeri. Inoltre si indica:

BLU: fascia interessata dagli impatti da volo libero dalla parete,

ROSSO: fascia interessata dagli arresti dei massi rotolanti e/o rimbalzanti.

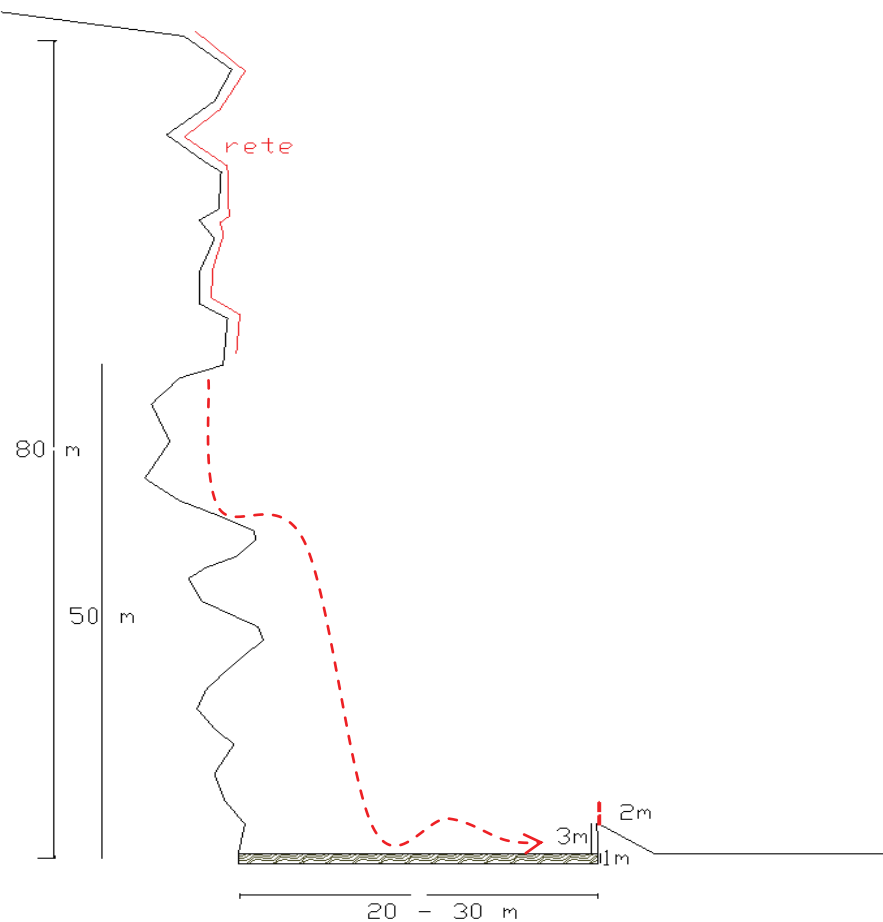
Per inciso si ricorda che il crollo avvenuto nell'autunno 2019, precedentemente descritto, è risultato avere caratteristiche della traiettoria di crollo che convalidano la bontà delle modellazioni riportate.

Sulla base di tali simulazioni emerge la necessità che, sebbene le traiettorie poste in prossimità della zona da urbanizzare siano basse, è necessario realizzare un ulteriore presidio di sicurezza.

E' stata pertanto prevista la realizzazione di un rilievo di protezione: le caratteristiche di tale rilevato sono state indicate, a seguire, sulla base delle caratteristiche cinematiche delle traiettorie dei massi di cui in Allegato 1.

Si noti che sulla sommità di questo rilevato è stata prevista anche la presenza di una barriera avente la duplice funzione di fungere da recinzione / parapetto ed anche di intercettare le eventuali proiezioni dei frammenti rocciosi dei massi che possono rotolare e frammentarsi nella zona posta fra il piede della parete ed il rilevato stesso.

Tale opera di contenimento è in grado di intercettare e fermare le eventuali traiettorie residue dei massi che, dopo aver impattato sul piazzale basale, generano rotolamenti e/o proiezioni a seguito di frantumazione.



**Schema concettuale delle opere di contenimento delle traiettorie dei massi.
Rete in aderenza in parete, stato basale di limo, rilevato con paramassi**

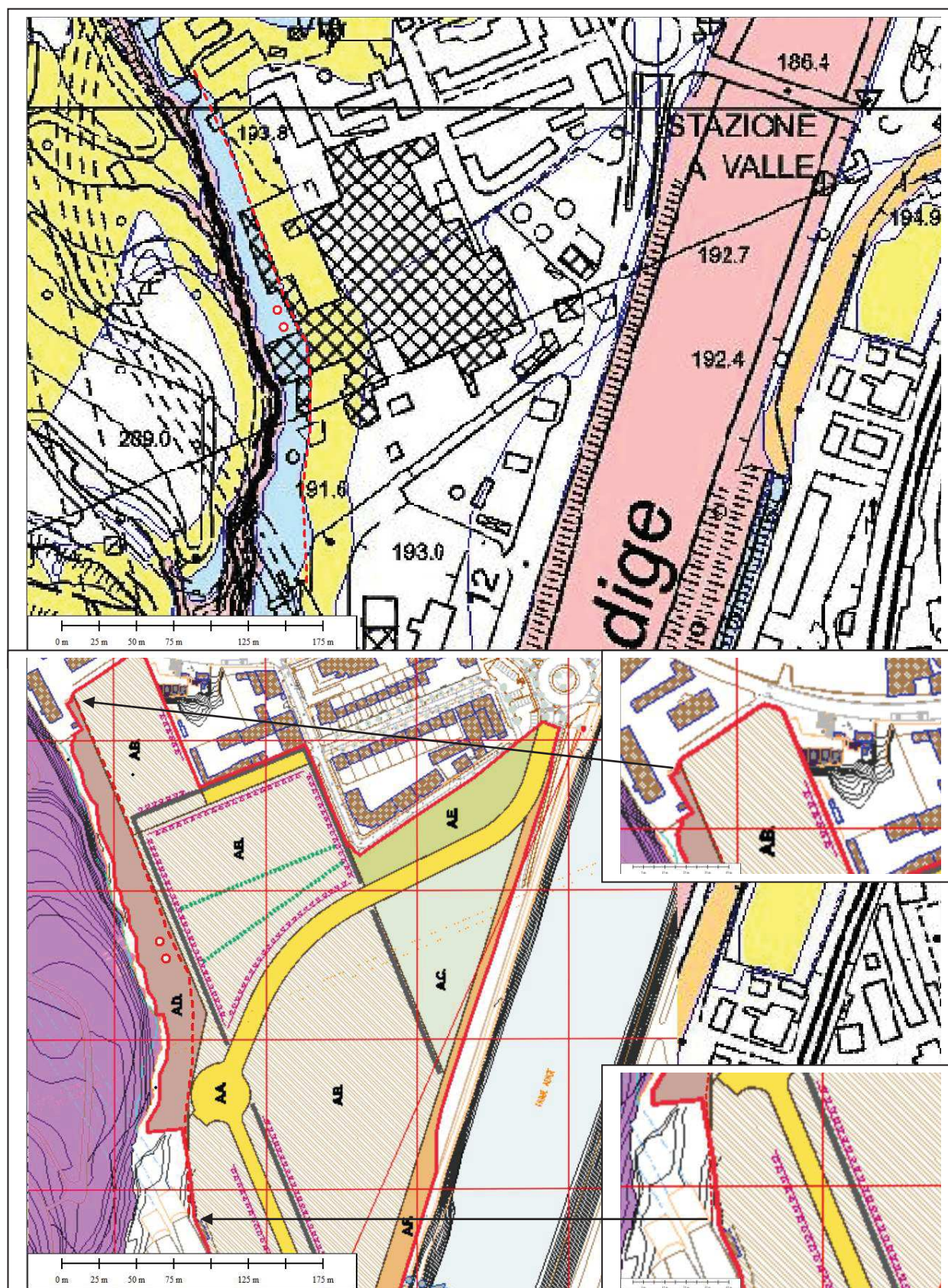
In conclusione, le opere riferibili agli interventi attivi (disgaggi, reti, chiodature) andranno estese a tutta la parte alta della parete, comprendendo quindi le rocce appartenenti alla Formazione dei Calcari di Nago. E' questo il settore di parete ove sono state individuate le instabilità di maggior volumetria. Inoltre sono proprio i distacchi da questo settore superiore della parete che generano le traiettorie di crollo dei massi aventi più spiccata componente traslativa, tali quindi da risultare maggiormente invasive del territorio sottostante.

- le opere riferibili agli interventi passivi (opere di contenimento dello spandimento dei massi al piede della parete) consistono nella predisposizione di uno strato basale di materiale limoso e terroso di spessore non inferiore ad 1 metro: questo per assorbire l'energia dei frammenti rocciosi e quindi rallentarli fino a fermarne le traiettorie. Inoltre, in posizione coincidente con il limite fra l'area a pericolosità media P3 e quella a pericolosità bassa P2 – ma anche, nella zona N, interno all'area P3 nella zona del comparto "C" si è modellata la presenza di un rilevato (es. in terre rinforzate) sormontato da una rete paramassi alta non meno di 2 m in grado di resistere ad urti almeno fino a 200 KJ. Questo ulteriore presidio è fisicamente in grado fermare gli impatti dei massi che dovessero comunque rotolare fino a tale posizione ed anche in grado di fermare eventuali proiezioni di frammenti rocciosi prodotti per gli urti o la frammentazione dei massi che cadono sul piazzale.

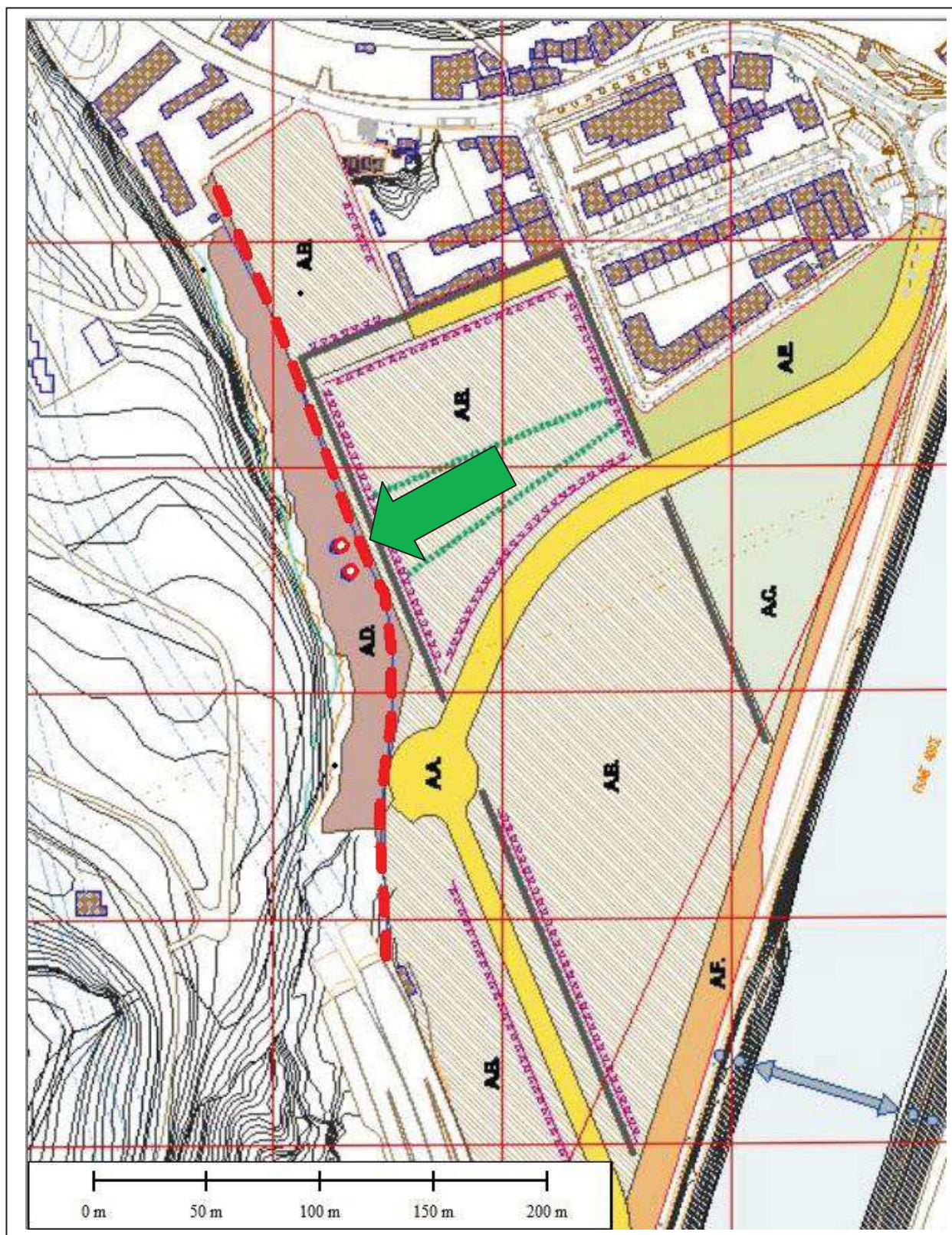
Si tenga infine presente che è necessario lasciare almeno un accesso alla zona posta fra la parete ed il rilevato per eseguire operazioni di manutenzione e/o di sgombero di materiale franato. Andrà studiato pertanto un sistema di accesso



posizionato, ad esempio, nella zona delle ciminiere, in quanto tale zona risulterà protetta dai crolli avendo rivestito tutta la parete rocciosa fino al piede.



Posizione del rilevato con paramassi: il tracciato ricalca il limite fra aree a pericolosità P3 e P2, con leggere modifiche nelle due terminazioni N e S. Indicati i dettagli delle due terminazioni a N ed a S.

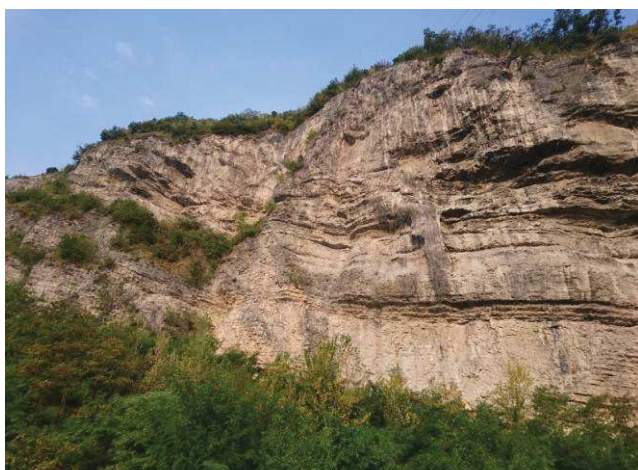


Posizione del rilevato con paramassi sulla base degli elementi invarianti: il tracciato ricalca il limite fra aree a pericolosità P3 e P2, con leggere modifiche nelle due terminazioni N e S. Si vede come il limite di edificabilità rimanga tangente o comunque più esterno alla posizione del rilevato. La freccia verde indica la posizione del punto di accesso - per le sole manutenzioni - alla zona interna al rilevato di protezione.



Molto importante è poi che sia predisposto un protocollo che contenga un piano operativo di sorveglianza e manutenzione: la sorveglianza va intesa come periodica ispezione delle condizioni tensionali della parete e la manutenzione va intesa come verifica dello stato di efficienza delle opere poste in essere (reti, funi, rilevato, paramassi, ecc.).

Un altro aspetto importante è poi quello relativo alla porzione di parete posta fra l'area Italcementi e la circonvallazione: a causa di un fenomeno di crollo avvenuto negli anni scorsi, tale parete è già stata completamente rivestita con rete armata con funi, posa di pannelli a funi e perforazione di chiodature profonde.



Panoramiche sul tratto di parete già rivestito con rete armata.

Una prescrizione importante è quella di verificare, prima che venga realizzato l'intervento sul sottostante comparto "INT1", lo stato di efficienza delle reti già stese sul versante. Infatti vi sono dei crolli trattenuti da tali reti che è opportuno siano rimossi.



Crolli trattenuti dalle reti esistenti: è opportuno rimuovere il materiale franato.

Vi sono poi altri piccoli interventi di prevenzione che è opportuno implementare, quale, ad esempio, la chiodatura di fessure beanti presenti sulla parete.



Ulteriori punti di potenziale degrado che è opportuno consolidare preventivamente.

In questa zona risulterà comunque necessario predisporre le medesime – medesime sia per tipologia di opera e sia le per dimensioni del rilevato - opere di protezione passive (stesa di uno strato di materiale limoso e terroso, realizzazione di un rilevato con una rete paramassi alla sommità) precedentemente discusse per la restante parte di area.

- Cronoprogramma opere:

Quale concetto generale vale che le opere di difesa attiva debbano precedere le lavorazioni sul piazzale relative alla realizzazione delle opere di difesa passiva: l'insieme delle opere di difesa (attive + passive) vanno comunque completate prima di poter procedere ai lavori di urbanizzazione e costruzione sull'area del piazzale.

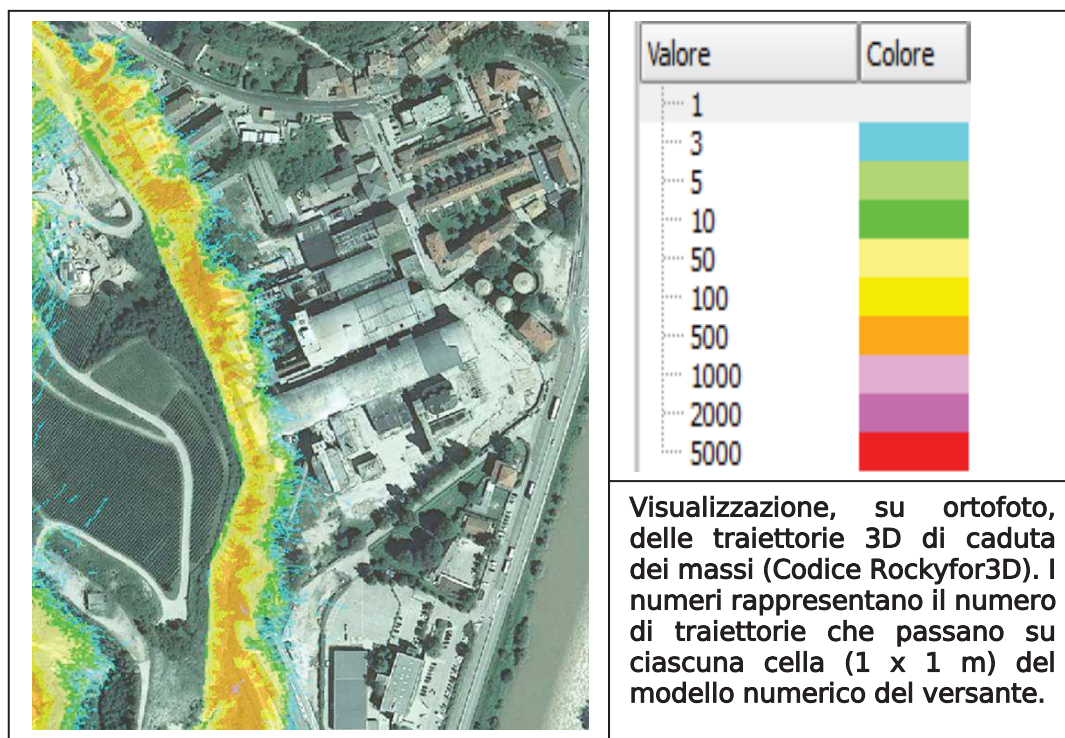
Occorre ora inserire alcune precisazioni:

- come già sopra ricordato, nella zona delle ciminiere è giocoforza indispensabile, per evitare urti alle ciminiere stesse, predisporre delle opere di difesa passive prima di poter procedere al disgaggio dei massi dalla parete retrostante.

- qualora si intendesse intervenire non su tutta l'area del Piano Guida ma per singoli lotti, allora gli interventi di messa in sicurezza – sia attivi e sia passivi - dovranno comunque essere estesi oltre il confine di separazione fra i diversi lotti.

Più nel dettaglio è possibile che il lotto definito come “studentato” o “Comparto C” debba poter essere messo a progetto prima degli altri comparti.

In questo specifico caso gli interventi di difesa attivi e passivi precedentemente definiti dovranno essere estesi, sulla base delle traiettorie dei crolli potenziali simulate con metodo 3D visualizzate sullo studio di pericolosità del gennaio 2018 (stralcio a seguire), per almeno 15 metri entro all'adiacente lotto definito “Comparto B”.



Inoltre il rilevato di protezione con relativa recinzione / paramassi dovrà presentare un risvolto perimetrale, quindi parallelo al confine fra i due lotti, esteso per almeno 10 m.

Non appare invece proponibile che possano essere progettualizzati i lotti definiti comparto A, comparto B e comparto INT senza che le opere di difesa attive e passive non siano estese a tutta la parete.

- Conclusioni:

Il presente Studio di Compatibilità si riferisce al progetto: **"Piano Guida in variante al PRG area Destra Adige – Piedicastello (area ex – Italcementi e limitrofe) in C.C. di Trento"**, commissionato da Patrimonio del Trentino SPA.

Sono state discusse le condizioni geologiche che determinano la pericolosità per crollo di massi che possono staccarsi dalla retrostante parete rocciosa.

Per rendere compatibile l'attuazione del Piano Guida in Variante al PRG sono risultate necessarie delle azioni di consolidamento sulla parete e di difesa dai crolli sul piazzale.

Particolare attenzione va posta nel consolidamento della fascia di parete posta a tergo delle due ciminiere, per evitare che i lavori di disaggancio possano interferire con le condizioni statiche delle stesse.

Considerazione valida per l'intera parete è che le azioni da intraprendersi non riguardano solo il consolidamento puntuale di alcune situazioni ritenute particolarmente critiche, ma anche il rivestimento con reti dell'intera fascia superiore di parete. Ciò è necessario per evitare che si possano generare crolli aventi traiettorie a volo libero che possano interferire con la zona da urbanizzare.



Altri interventi risultati necessari sono la stesura di un livello di limo e terriccio alla base della parete per aumentare il contenimento dell'energia dei massi che crollano dalla parete stessa. Infine, per garantire la sicurezza della zona da urbanizzare, va realizzato un rilevato dotato di una rete paramassi sommitale; questi presidi potranno così intercettare le traiettorie dei rotolamenti dei massi ed anche potranno arrestare le proiezioni dei frammenti di piccole dimensioni ed elevata velocità che si formano a seguito degli urti delle masse rocciose all'atto degli impatti.

Anche per il tratto di parete posta sul lato meridionale dell'area, che è già completamente rivestita con reti armate, pannelli e con chiodature profonde, si sono fornite le necessarie indicazioni per garantire la non interferenza fra i fenomeni di crollo e la sicurezza del territorio sottostante.

Si sono poi fornite le necessarie indicazioni operative anche qualora non venga attuato un intervento unitario di consolidamento e di urbanizzazione esteso a tutta l'area: infatti nel caso di attivazione di singoli comparti saranno comunque necessarie delle azioni di messa in sicurezza che vadano a scavalco dei confini, per impedire che le instabilità nel comparto non attivato possano espandersi verso il comparto attivato.

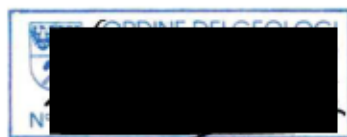
Quale ultima considerazione, si ricorda che le opere di consolidamento in parete, specialmente, ma anche le opere passive sul piazzale (rilevato e rete paramassi), sono manufatti che necessitano di un adeguato piano di sorveglianza e manutenzione: tale elaborato deve accompagnare la progettazione delle opere stesse. Tale elaborato dovrà comprendere anche un piano di monitoraggio delle condizioni statiche della parete e dei diversi anditi minerari che si addentrano entro alla stessa. E' da intendersi che il piano di manutenzione dovrà essere unitario a tutte le opere di protezione che rendono compatibile il Piano Guida in variante al PRG qui proposta, alla situazione geologica, idrogeologica ed idrologica.

Anche per il nuovo tracciato della Fossa di Piedicastello si dovrà redigere, in fase di progettazione dello spostamento di tale elemento del reticolo idrografico, un piano di monitoraggio e manutenzione.

La conclusione dello studio di compatibilità riferito al Piano Guida in variante al PRG area Destra Adige – Piedicastello (area ex – Italcementi e limitrofe) in C.C. di Trento, è favorevole a tale variazione urbanistica in quanto gli interventi descritti ridurranno la pericolosità in modo di garantire l'incolumità dei beni e delle persone.

La riduzione della pericolosità comporta anche che il rischio delle aree a valle delle opere di protezione potrà essere declassato.

San Cristoforo, **novembre 2019**



Studio Geologico Associato GeoAlp
dott. geol. Icilio Vigna

seguono:

Allegato 1 : Studio relativo alla pericolosità geologica dell'area ex – Italcementi a Trento, con specifico riferimento ai crolli dalla parete rocciosa (Studio Geologico Associato Geoalp, geol. Vigna Icilio, 2018)

Allegato 2 : Verifiche numeriche sulle caratteristiche delle traiettorie di crollo dei massi dalla parete rocciosa.

Allegato 1

(al Piano Guida in variante al PRG area Destra Adige – Piedicastello (area ex – Italcementi e limitrofe) in C.C. di Trento)

L'Allegato 1 è costituito dall'elaborato dal titolo: "Studio relativo alla pericolosità geologica dell'area ex – Italcementi a Trento, con specifico riferimento ai crolli dalla parete rocciosa" (Studio Geologico Associato Geoalp, geol. Vigna Icilio, 2018).

Questo Studio di Pericolosità geologica è, a sua volta, composto da 102 pagine di testo e da due allegati riportati internamente al testo:

- ALLEGATO 1: Schede descrittive delle situazioni di instabilità più rappresentative (39 pagine)
- ALLEGATO 2 Simulazioni delle traiettorie di caduta dei massi dalla parete rocciosa (36 pagine)



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO



COMUNE DI TRENTO

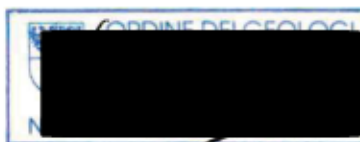
RELAZIONE GEOLOGICA

Studio relativo alla pericolosità geologica
dell'area ex - Italcementi a Trento,
con specifico riferimento ai crolli dalla parete rocciosa

COMMITTENTE: PATRIMONIO DEL TRENTINO SPA



il geologo



Gennaio 2018



1634/17

STUDIO GEOLOGICO ASSOCIATO GEOALP

dott. geol. Franca Bazzanella
dott. geol. Gianfranco Bazzoli
dott. geol. Icilio Vigna
P.IVA 01332500220

Viale Europa, 78 - Loc. San Cristoforo
Pergine Valsugana (TN) - 38057

Tel. 0461-985577 E-mail: geoalp.tn@virgilio.it

E-mail PEC: geoalp@pec-legal.it

Web homepage: <http://www.geoalp.eu>





INDICE

- 1 INTRODUZIONE E SCOPO DEL LAVORO**
- 2 RELAZIONE GEOLOGICA**
 - 2.1 Piano delle indagini geologiche, caratterizzazione e modellazione geologica
 - 2.2 Geomorfologia ed idrografia
 - 2.3 Litologia
 - 2.4 Idrogeologia
 - 2.5 Tettonica e sismicità
- 3 LA PARETE ROCCIOSA**
 - 3.1 Assetto tensionale
 - 3.2 Classificazione dell'ammasso roccioso secondo Bieniawski (indice RMR - Rock Mass Rating). (da BIENIAWSKI Z.T. (1989) Engineering Rock Mass Classification)
 - 3.3 Classificazione dell'ammasso roccioso secondo HOECK E. (Geological Strength Index S.G.I.) (da HOECK E. et al. (1995) Support of underground Excavation in Hard Rock)
 - 3.4 Dalla classificazione dell'ammasso roccioso alla valutazione dei parametri di resistenza intesi come continuo equivalente
- 4. IDENTIFICAZIONE DELLE TIPOLOGIE DI INSTABILITA'**
- 5. VERIFICHE DI STABILITA'**
 - 5.1 Verifica di stabilità globale
 - 5.2 Verifiche di stabilità locale
- 6. SIMULAZIONI NUMERICHE DEI FENOMENI DI CROLLO**
 - 6.1 Simulazioni 3D relative al territorio vasto
 - 6.2 Simulazioni 2D relative alla parete rocciosa
- 7. CONCLUSIONI**

INDICE DEGLI ALLEGATI

- | | |
|------------|---|
| ALLEGATO 1 | Schede descrittive delle situazioni di instabilità più rappresentative |
| ALLEGATO 2 | Simulazioni delle traiettorie di caduta dei massi dalla parete rocciosa |



1. INTRODUZIONE E SCOPO DEL LAVORO

La presente relazione geologica è riferita alla pericolosità geologica dell'area ex – Italcementi a Trento: esistono varie componenti che formano il complesso quadro della pericolosità geologica; cito, a titolo di esempio:

- pericolosità da crollo dalla parete rocciosa,
- pericolosità sismica - micro zonazione sismica: es. valutazione dell'amplificazione sismica, del potenziale di liquefazione,
- assetto lito – stratigrafico (assestamenti),
- idrogeologia (escursioni della falda),
- esondazione (interferenza con le acque superficiali).

Il presente elaborato, come da titolo, si focalizza esclusivamente sulla pericolosità geologica da crollo, legata alla presenza della parete rocciosa che delimita ad occidente il sito di interesse.

Normativa di riferimento

- NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI D.M. 14 gennaio 2008 - NTC 2008
- C.S.LL.PP. "Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009".
- C.S.LL.PP. "Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007"
- D.M. 11/03/1988 – "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni ...".
- L.P. PAT n. 07 del 07/08//2003 - Carta di Sintesi Geologica.
- Delibera di G.P. PAT n° 2248 del 05/09/2008 - Carta delle Risorse Idriche.
- DPR 31/08/1972 n.670 - Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche.
- "Direttive per la redazione delle relazioni geologiche, geotecniche e sismiche ai sensi delle NTC 14/01/2008 e della normativa nazionale e provinciale collegata" degli Ordini Professionali dei Geologi e Ingegneri di Trento e Bolzano dd. 08/11/2010.

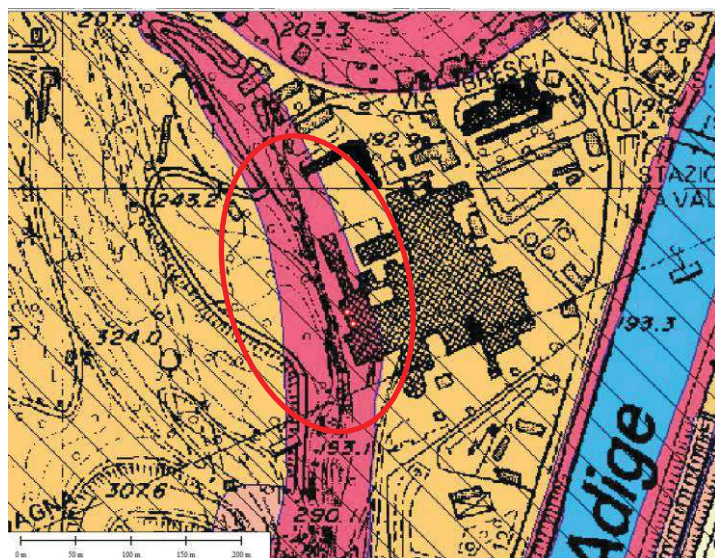
Le figure a seguire presentano l'inquadramento geologico – urbanistico dell'area di interesse: la Carta di Sintesi Geologica del P.U.P. individua : 1) la fascia a ridosso della parete rocciosa come "area ad elevata pericolosità geologica e idrologica"; 2) la fascia lontana dalla parete rocciosa come "area con penalità gravi o medie"; tutta l'area ricade in "area sismica a bassa sismicità (zona sismica 3)".

La Carta delle Risorse Idriche del P.U.P. non evidenzia in prossimità dell'area in esame l'esistenza di aree tutelate; la Mappa dei dissesti AR.CA. segnala alcuni eventi calamitosi verificatosi per distacchi dalle pareti rocciose attorno alla zona di studio. Altro dissesto segnalato è l'allagamento di uno scantinato, nel novembre del 2000, per risalita della falda nella zona di Via Verruca, subito a valle del sito.

La Mappa della Pericolosità PGUAP classifica il sito parte a "elevata pericolosità idrogeologica", parte a "moderata pericolosità idrogeologica" e parte a "moderata pericolosità idrogeologica per esondazione"; la Mappa del Rischio del PGUAP classifica il sito parte come a "rischio medio R2" e parte come a "rischio elevato R3".

Per acquisire le informazioni geologiche, in accordo con quanto stabilito dal T.U. NTC-08 D.M. 14/01/08, sono state eseguite delle indagini quali la raccolta di dati pregressi ed il diretto rilevamento geologico dei luoghi.

Per l'esecuzione dello studio ci si è anche avvalsi di specifici rilievi fotogrammetrici appositamente commissionati dalla Committenza.



AREE AD ELEVATA PERICOLOSITA' GEOLOGICA, IDROLOGICA E VALANGHI

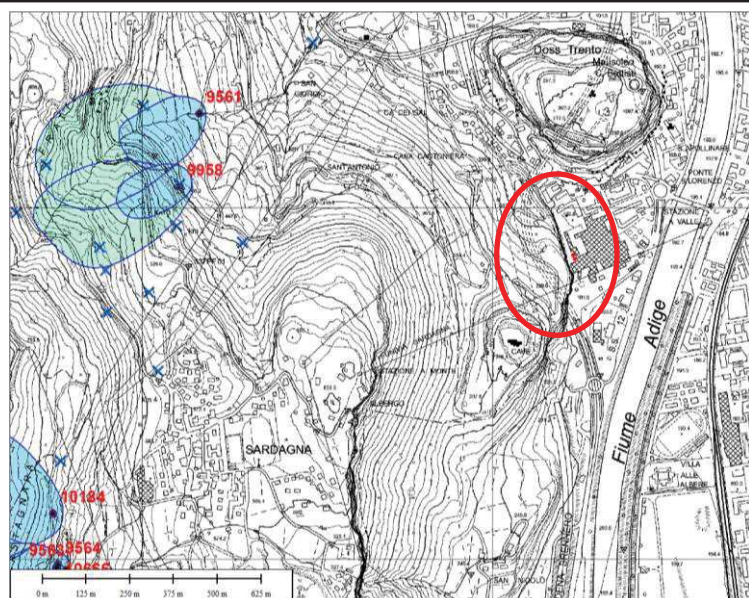
- Area ad elevata pericolosità geologica e idrologica
- Area ad elevata pericolosità valanghiva

AREE DI CONTROLLO GEOLOGICO, IDROLOGICO, VALANGHIVO E SISMICO

- Area critiche recuperabili
- Area con penalità gravi o medie
- Area con penalità leggere
- Area soggette a fenomeni di esondazione
- Area a controllo sismico:
 - a bassa sismicità (zona sismica 3)
 - a sismicità trascurabile (zona sismica 4)

AREE SENZA PENALITA' GEOLOGICHE

- Area senza penalità
- Fiumi e Laghi



Legenda

Zona di Tutela Assoluta

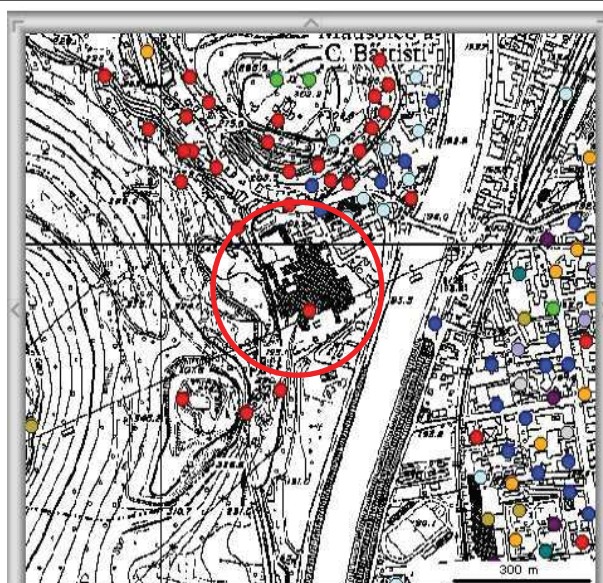
- Sorgenti
- Sorgenti Minerali
- Acque Superficiali
- Pozzi

Zona di Rispetto Idrogeologico

- Sorgenti, Sorgenti Minerali, Acque Superficiali e Pozzi

Zona di Protezione Idrogeologica

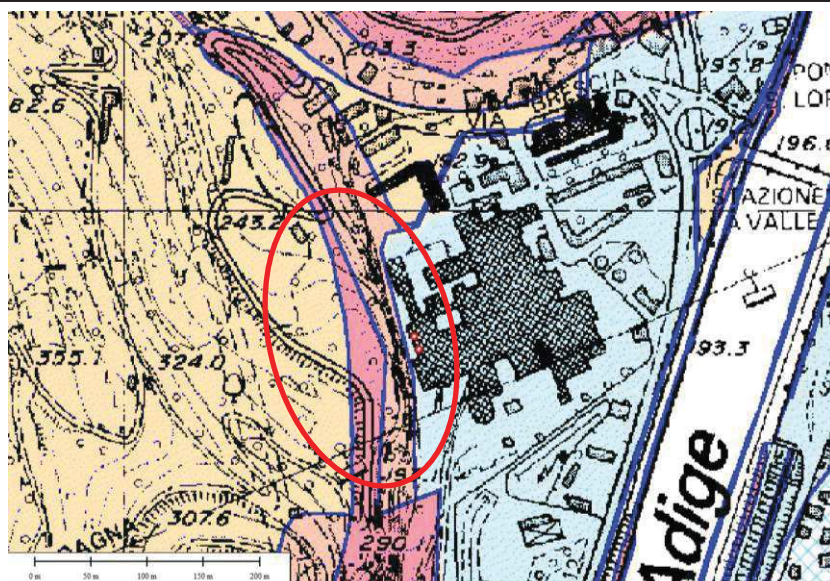
- Sorgenti, Sorgenti Minerali, Acque Superficiali e Pozzi



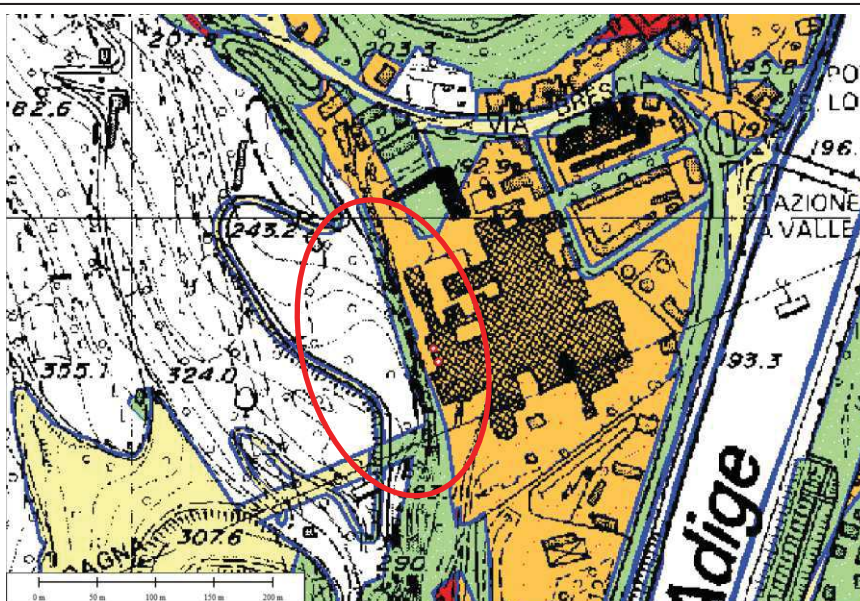
Eventi

- allagamento
- alluvione
- bufera di neve
- forte vento
- frana
- fulmine
- gelate
- grandinata
- incendio boschivo
- nevicata
- nubifragio
- siccità
- tromba d'aria
- valanga

Inquadramento dell'area: in alto la Carta di Sintesi Geologica del PUP;
al centro la Carta delle Risorse Idriche del PUP;
in basso la Mappa del Catasto Dissesti AR.CA.



| Assetto idrogeologico | |
|--|---|
| Carta della pericolosità idrogeologica | |
| | Aree ad elevata pericolosità di esondazione |
| | Aree a moderata pericolosità di esondazione |
| | Aree a bassa pericolosità di esondazione |
| | Aree ad elevata pericolosità geologica |
| | Aree a moderata pericolosità geologica |
| | Aree a bassa pericolosità geologica |
| | Aree ad elevata pericolosità valanghiva |
| Limiti amministrativi | |
| | Comuni Amministrativi |
| | Provincia |
| Idrografia | |
| | Alvei |
| | Laghi |



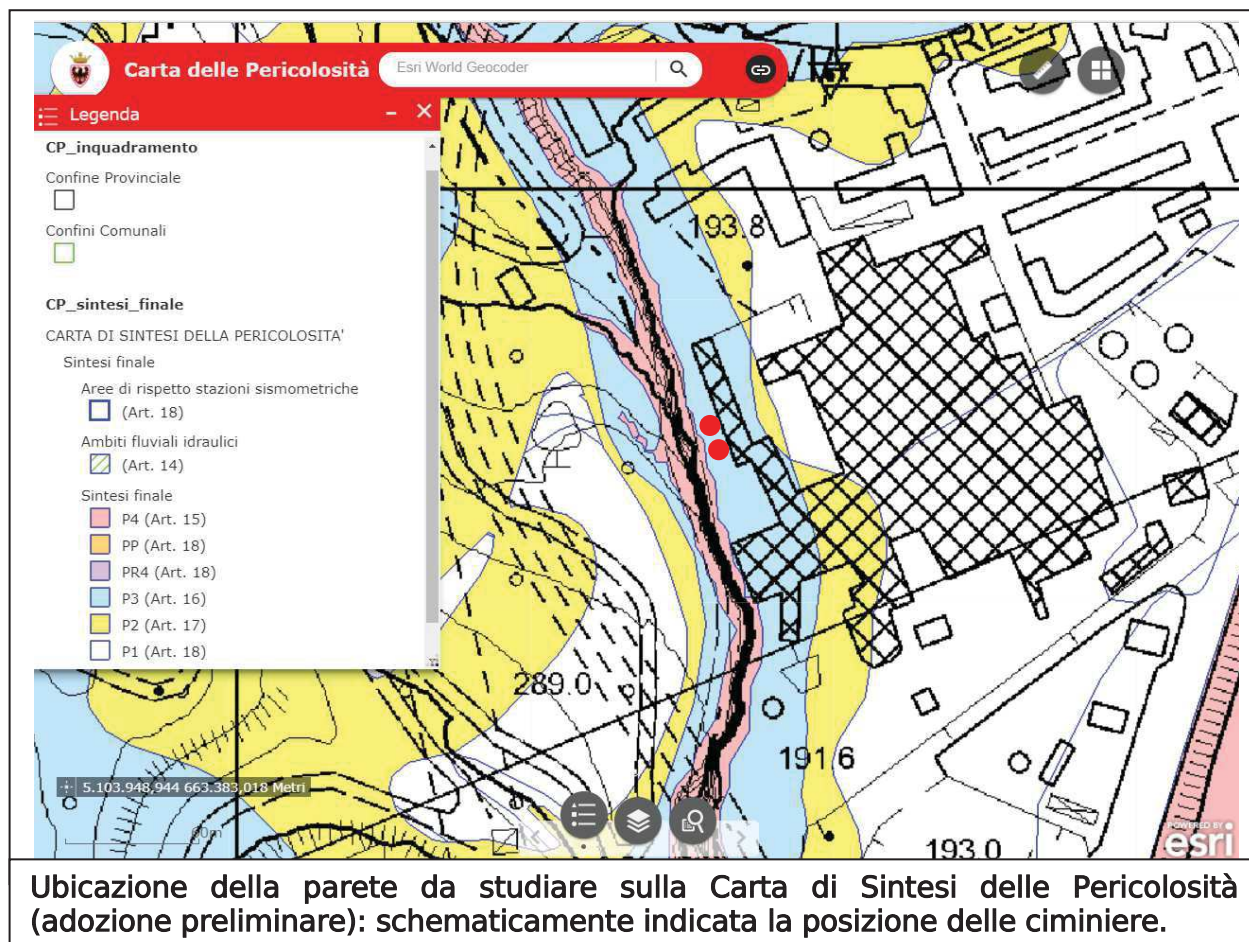
| Assetto idrogeologico | |
|---------------------------------|---------------------------|
| Carta del rischio idrogeologico | |
| | <u>Moderato (R1)</u> |
| | <u>Medio (R2)</u> |
| | <u>Elevato (R3)</u> |
| | <u>Molto elevato (R4)</u> |
| Limiti amministrativi | |
| | Comuni Amministrativi |
| | Provincia |
| Idrografia | |
| | Alvei |
| | Laghi |



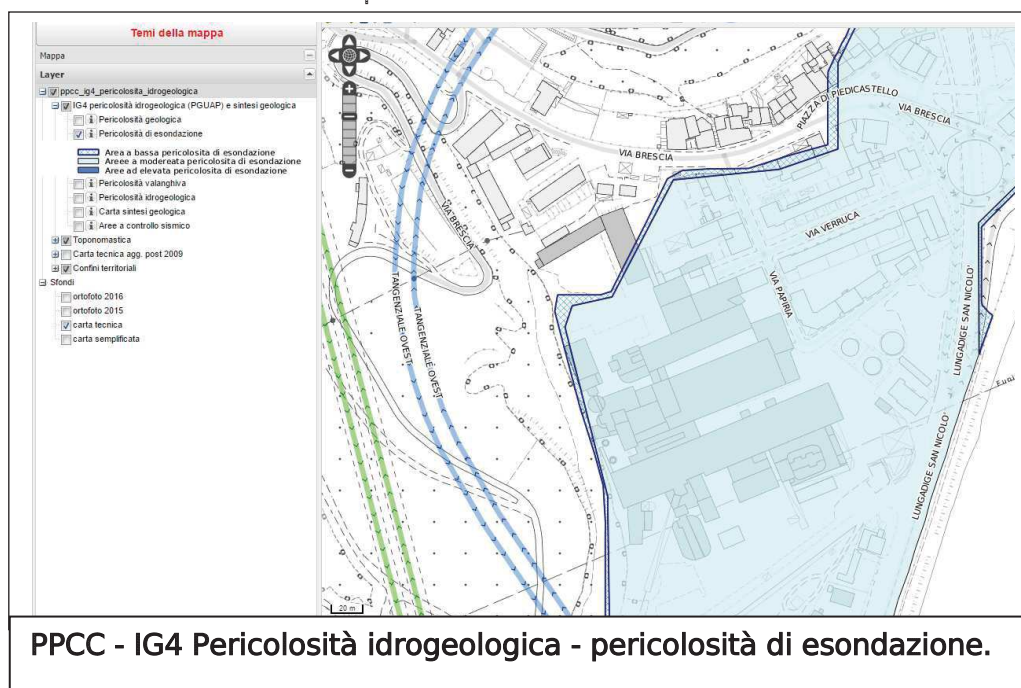
Inquadramento dell'area: in alto la Carta della Pericolosità del PGUAP;
al centro la Mappa del Rischio del PGUAP;
in basso è l'andamento geomorfologico su foto satellitare 3D.

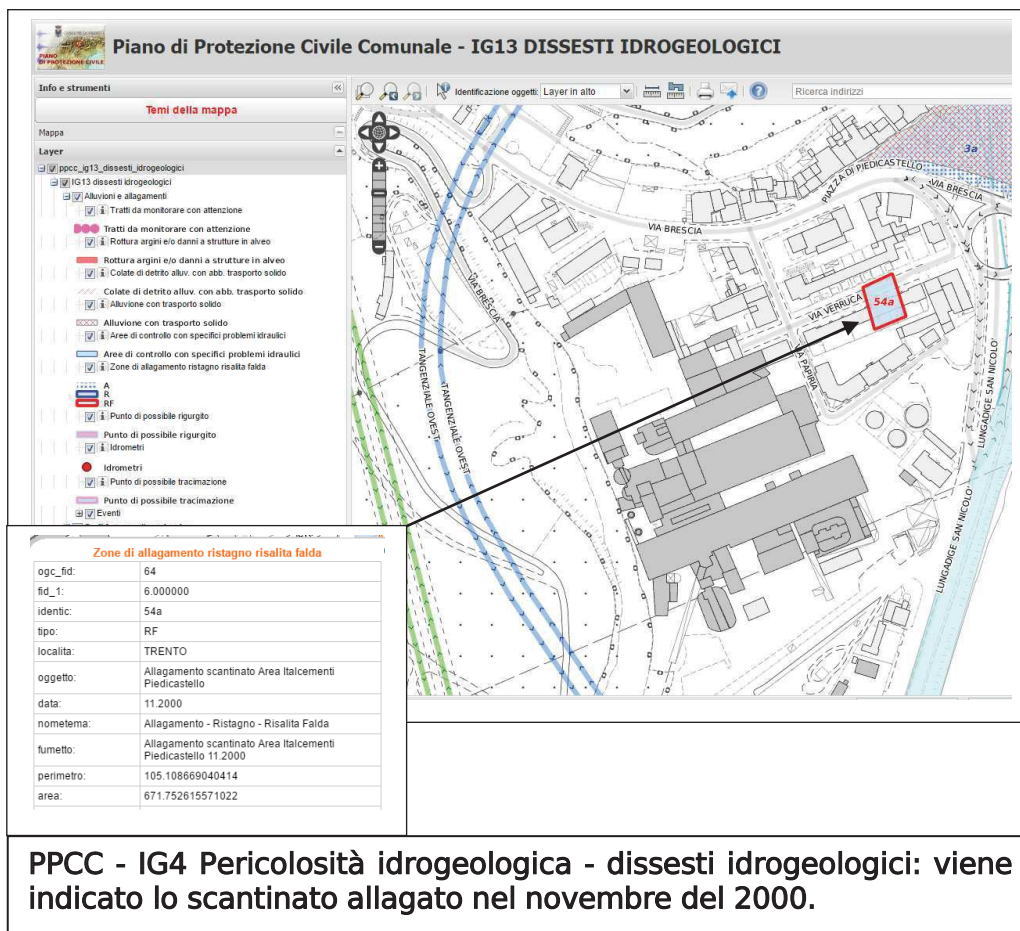


E' poi di interesse riportare anche uno stralcio della Carta di Sintesi delle Pericolosità, attualmente non in vigore ma in adozione preliminare: l'area del piazzale ottenuto mediante l'abbattimento del cementificio risulta soggetta a pericolosità di crollo P3, vicino alla parete e, oltre tale fascia, a pericolosità bassa P2 e ancora oltre, a P1.



A seguire sono poi due stralci dal Piano di Protezione Civile Comunale del Comune di Trento relativi alla pericolosità da esondazione.





Indagini pregresse

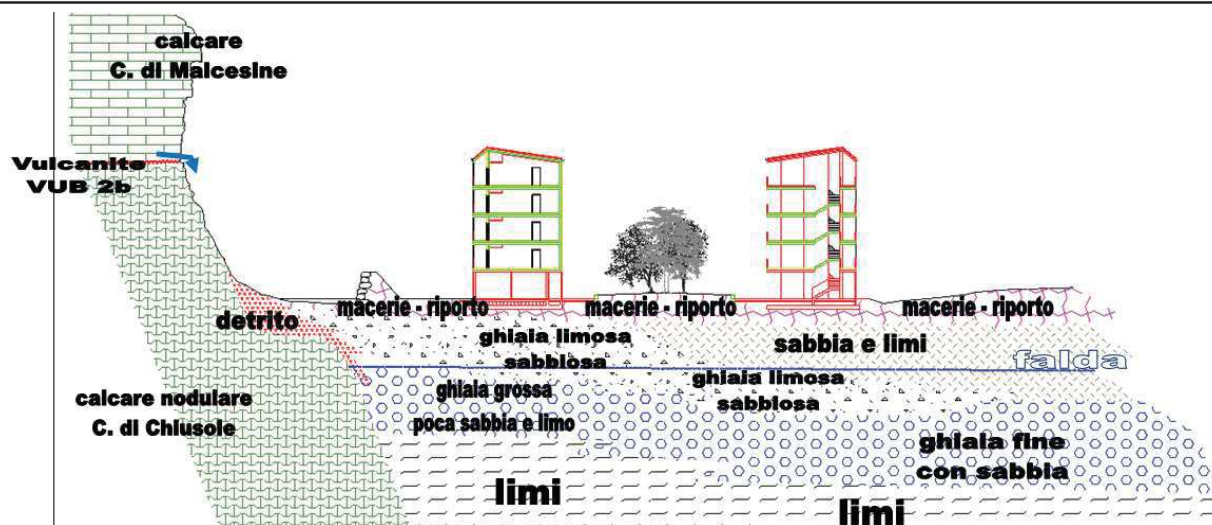
Per le indagini pregresse si fa esplicito richiamo, oltre che ai dati bibliografici a carattere generale, anche a specifici documenti che sono stati messi a disposizione dalla Committenza:

1 - AREA EX ITALCEMENTI - RISULTATI DEL PIANO DELLA CARATTERIZZAZIONE ai sensi del D. Lgs. 152/06 - TOMO 1 - dott. geol. Luca Raffaelli - Dicembre 2008.

2 - Piedicastello S.p.A. Sito ex Italcementi e proprietà Piedicastello limitrofe – “Progetto Operativo di bonifica dei terreni - ai sensi del D. Lgs. 152/06 - dott. geol. Luca Raffaelli - Gennaio 2013”;

3 - Fondazione Museo Civico di Rovereto – “RELAZIONE GEOFISICA: Risultanze della campagna di prospezione geofisica presso il sito ex Italcementi di Trento (TN) per localizzare e quantificare le possibili strutture antropiche presenti nel primo sottosuolo.” – Novembre 2016.

Sono inoltre stati utilizzati anche i dati di interesse (rilevamenti, indagini geofisiche, simulazioni numeriche) direttamente elaborati dallo Studio Geologico Associato Geoalp per il progetto di realizzazione dello studentato, previsto sulla parte settentrionale della zona ex-Italcementi: a seguire si riporta in stralcio lo schema geologico tipo del sito.



Schema geologico tipo (carta e sezione) dell'area per lo studentato.
Studio Geologico Associato Geoalp, 2017.

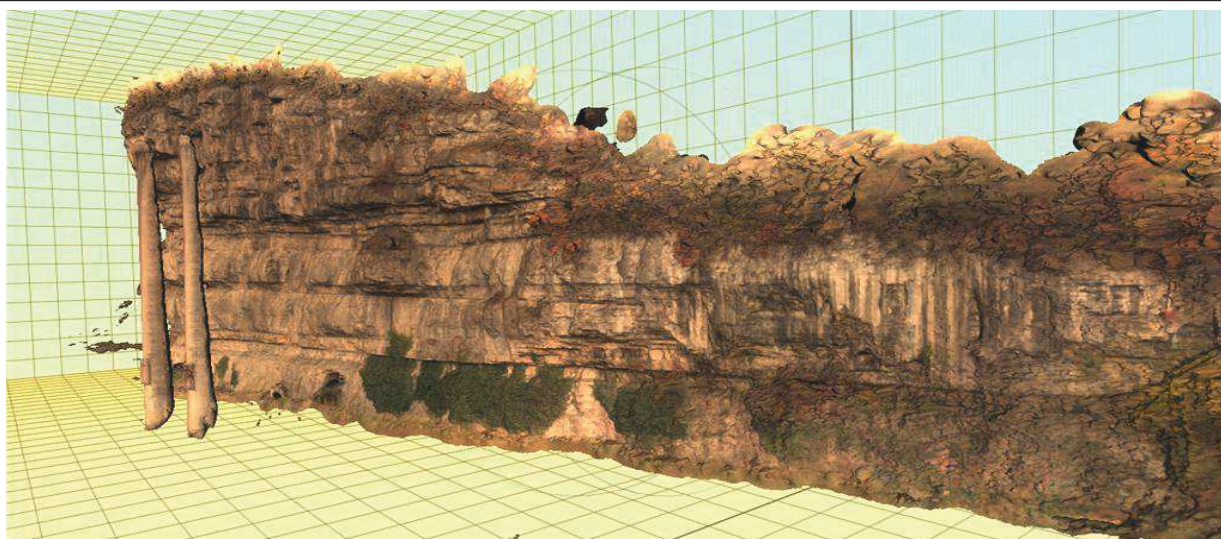
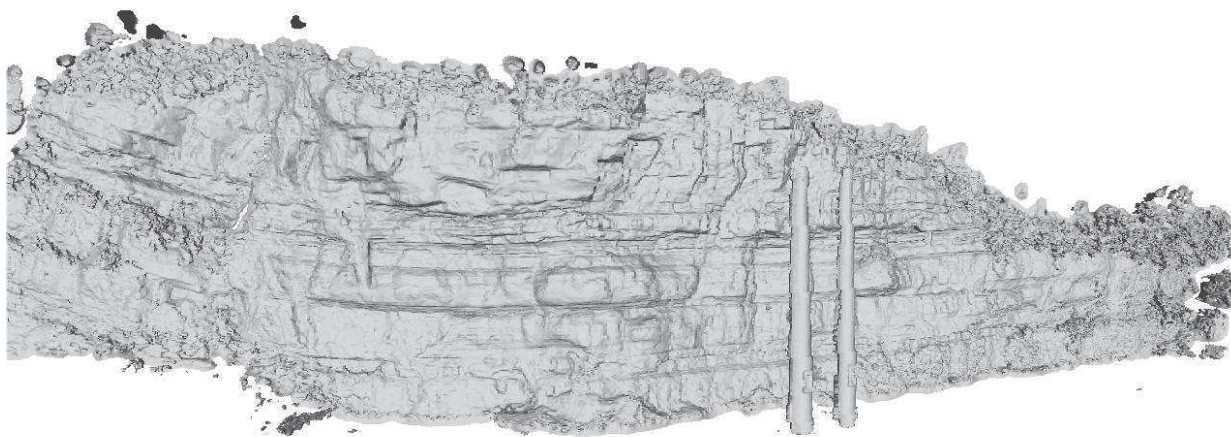


2. RELAZIONE GEOLOGICA

Sulle indagini, caratterizzazione e modellazione geologica del sito

2.1. Piano delle indagini geologiche, caratterizzazione e modellazione geologica

Inizialmente si è acquisito il rilevamento fotogrammetrico della parete predisposto da Patrimonio del Trentino, che ha messo a disposizione gli elaborati eseguiti da parte della Ditta Laboratorio rocce e ricerca Tonon S.r.l..

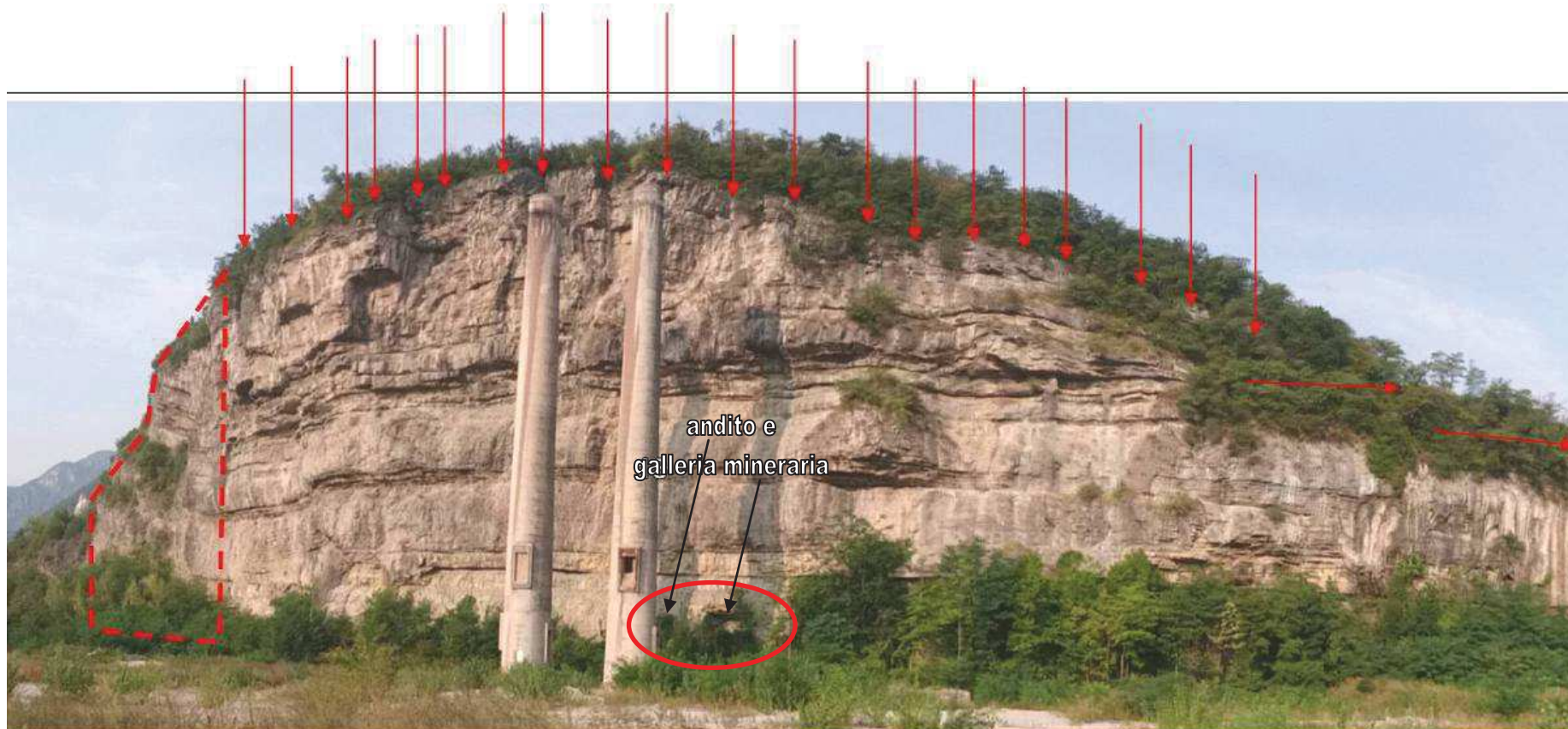


Mesh texturizzata e modello 3D ottenuto dalla fotogrammetria.

Si è provveduto al rilevamento geologico e geomeccanico della parete e delle zone limitrofe mediante rilievi geologici comportanti anche n° 40 calate alpinistiche eseguite fra il 30/10/2017 ed il 14/11/2017.

La modellazione geologica è la “ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità del territorio”: come anticipato, il presente elaborato è focalizzato e finalizzato all’aspetto della problematica dei crolli.

Viene inizialmente presentato un inquadramento complessivo della zona di interesse per poi passare al dettaglio della pericolosità della parete rocciosa.



Panoramica della parete con indicazione delle calate alpinistiche eseguite per il rilevamento geomeccanico.
Sulla sinistra, a tratteggio, la zona della parete già rivestita con rete armata e parte a pannelli in fune.
Indicata la posizione della galleria mineraria e del finitimo andito.

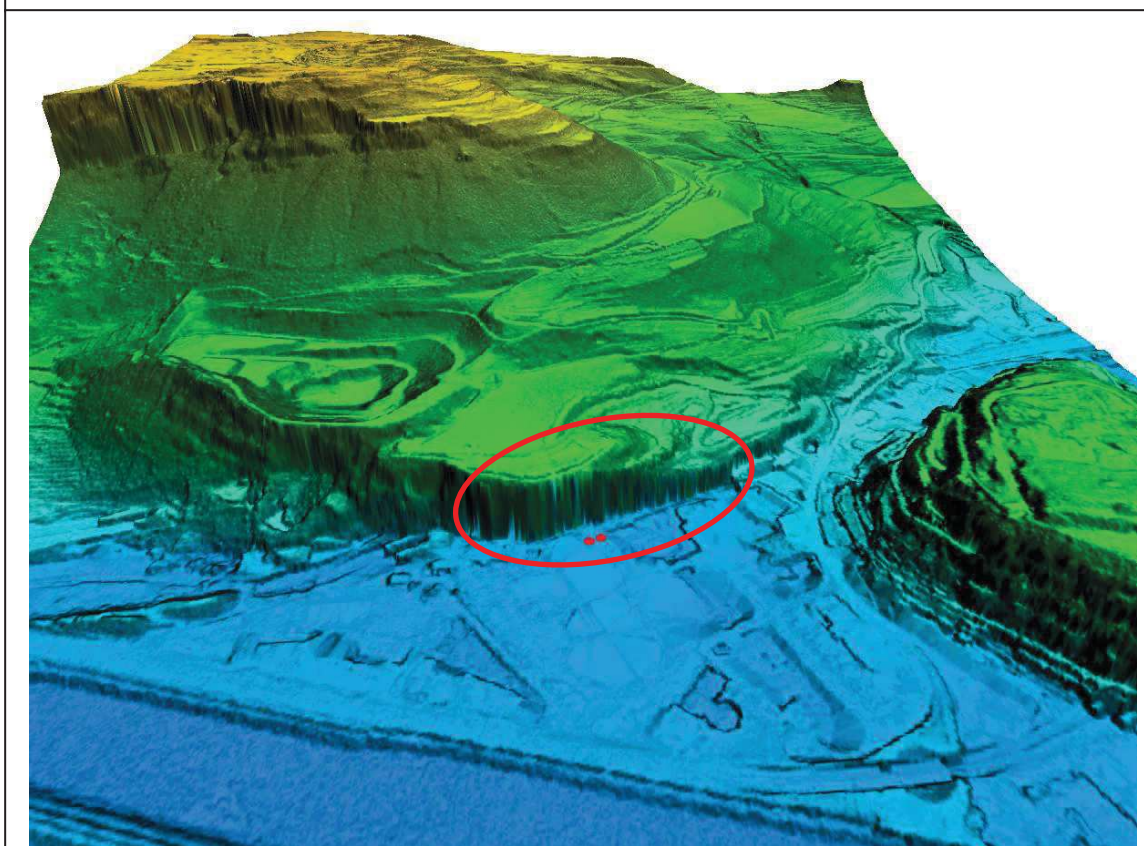
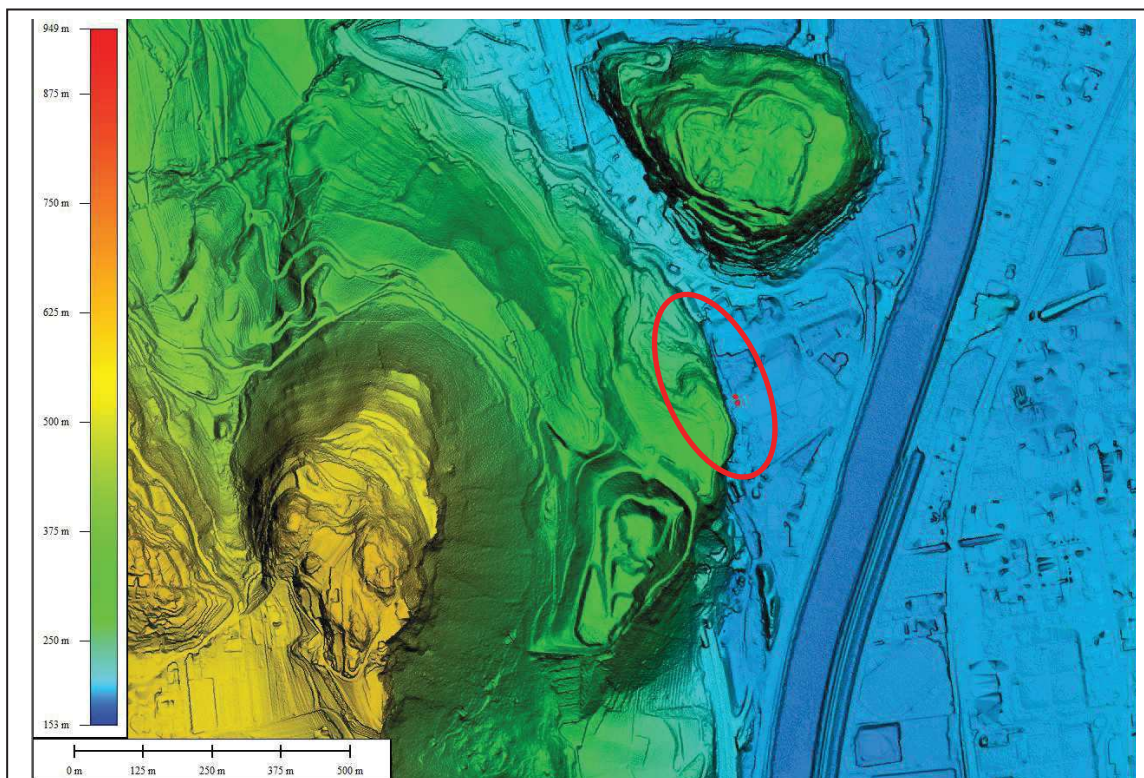


2.2. Geomorfologia ed idrografia

L'area di interesse si trova fra le quote di 190 - 280 m s.l.m., coordinate UTM WGS 84, ZONE 32 N, (m):

terminazione settentrionale: X: 663169, Y: 5103986

terminazione meridionale: X: 663227, Y: 5103767



Assetto geomorfologico da rilievo Lidar 3D. Indicate le torri.



La parete si eleva sul fianco destro (W) del fondovalle atesino, qui posto alla quota di 192 m s.l.m.: sopra alla parete vi è un evidente terrazzo di spianamento glaciale posto a quota 290 m s.l.m..



Panoramica della zona di studio dal Doss Trento e dalla funivia di Sardagna.

In questa zona spicca il rilievo del Doss Trento (303 m s.l.m.), isolato rispetto al citato terrazzo (posto ad analoga quota) dalle complesse fasi glaciali ed idrografiche quaternarie.

In questo settore la storia geomorfologica è tormentata per via delle fasi di esarazione glaciale e successivi episodi di colmamento avvenuti in epoca würmiana a partire dallo scioglimento del ghiacciaio (Last Glacial Maximum = 15.000 a b.p.).

Nel settore di Trento il ghiacciaio atesino arrivava a quote attorno a 1.600 m s.l.m. e presentava una transfluenza verso la Valle dei Laghi (soglia di Lamar).

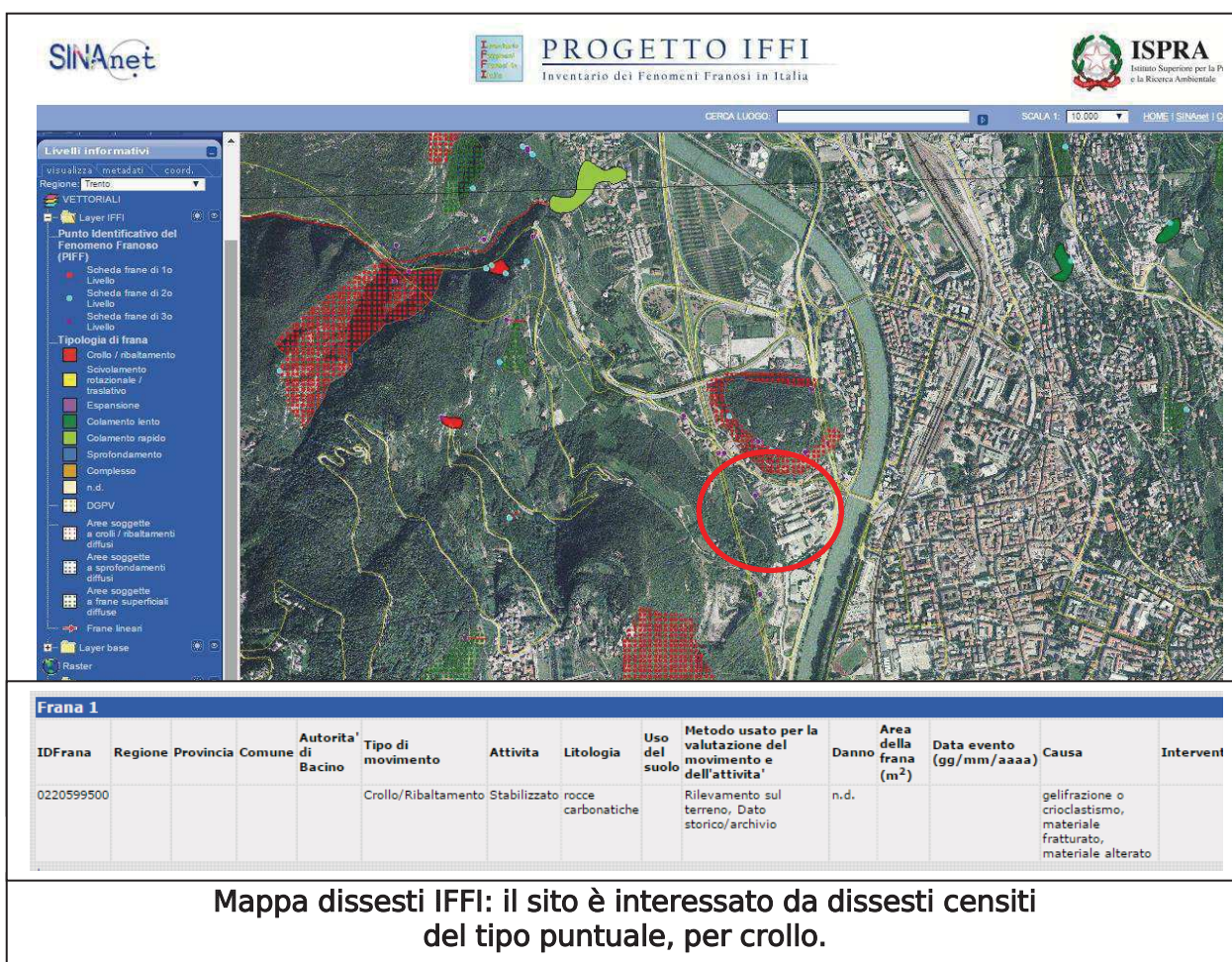
E' verosimile che proprio durante questa fase si sia individuato un corso d'acqua che è riuscito a scavarsi un alveo a W del Doss Trento, passando quindi nella zona di interesse, e responsabile della deposizione di alluvioni di elevata energia (ghiaie) prima di confluire verso la Valle dell'Adige.

Successivamente le alluvioni atesine, di bassa energia, hanno ricoperto la porzione orientale dell'area grazie ad una divagazione del Fiume Adige, che anticamente passava più a W rispetto all'alveo attuale: è evidente la presenza di un meandro abbandonato nella parte orientale dell'area in esame.

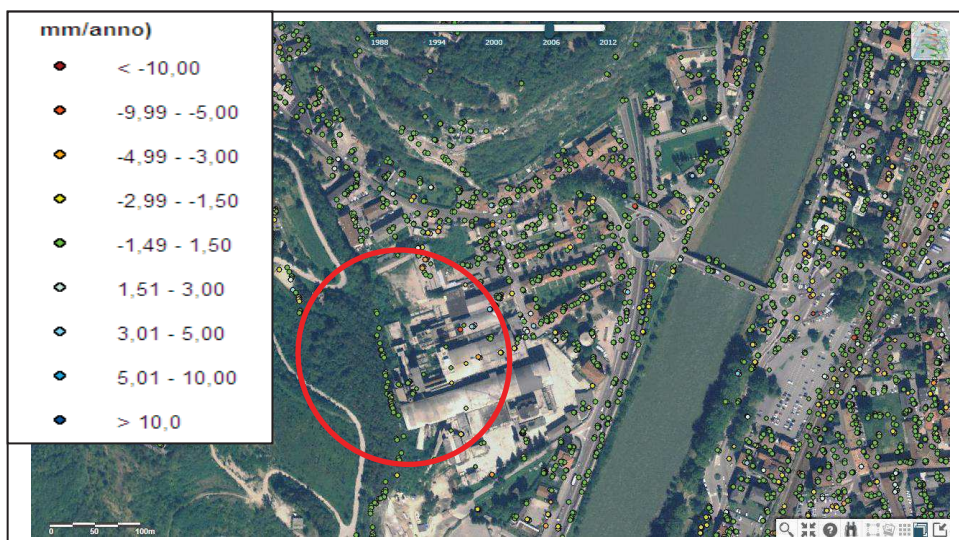
Si cita, relativamente al solco atesino, che circa 2,5 Km a valle del sito (in località Ghiaie), fu perforato un sondaggio profondo 423 m, che non ha intercettato la base della valle dell'Adige, trovando notevolissimi spessori di limi, limi argillosi ed altri depositi a grana fine (correlabili a depositi atesini) con sporadiche lenti ghiaiose.

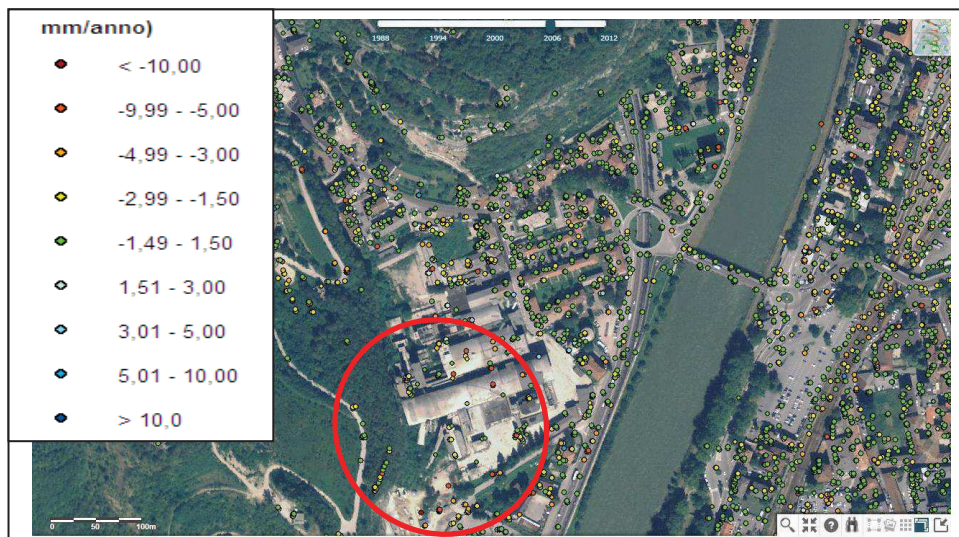
Relativamente alle criticità geomorfologiche ed idrogeologiche si sono riconosciute quelle della caduta massi e la problematica di alluvionamento.

Si riporta al riguardo la cartografia IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia), realizzato dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, ISPRA e dalle Regioni e Province Autonome: questo data-base mostra ubicazione e tipologia dei fenomeni geomorfologici noti; il sito risulta coinvolto da fenomeni censiti del tipo "crollo / ribaltamento".



L'esame dell'interferometria satellitare **COSMO-SkyMed (Constellation of small Satellites for Mediterranean basin Observation)**, metodo che verifica i movimenti di elementi "riflettenti" posti a terra purchè si muovano entro determinati range di velocità, non indica l'esistenza, seppur in presenza di alcuni segnali anomali, di definiti movimenti gravitativi in situ: i simboli verdi significano sostanziale stabilità dell'elemento riflettente (spigolo edificio, muro, ecc.).

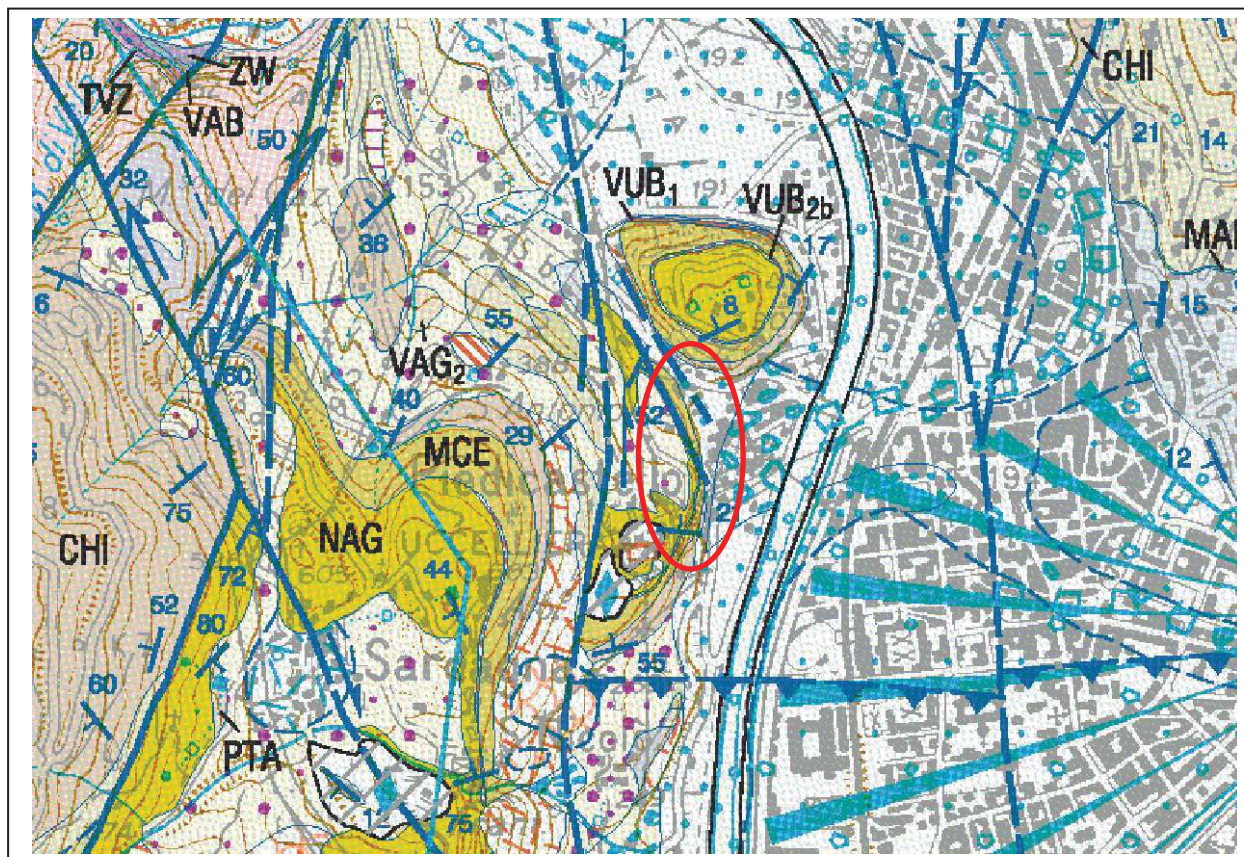


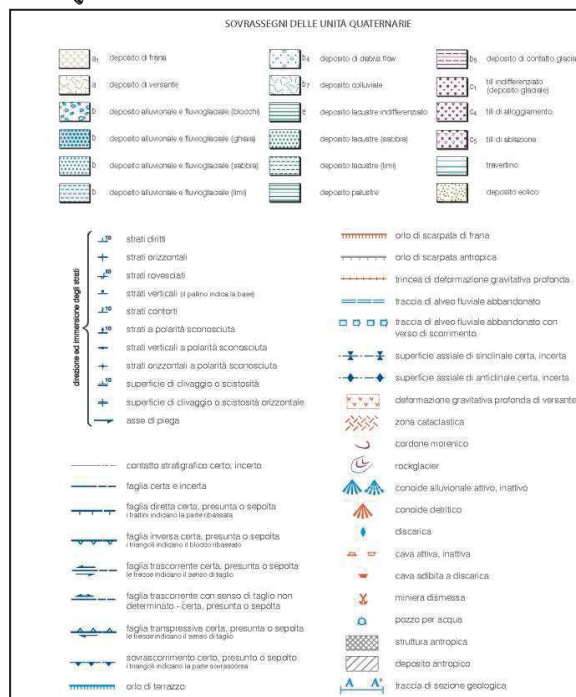


Geoportale Nazionale: Interferometria COSMO-SkyMed (CONstellation of small Satellites for Mediterranean basin Observation) descending (sopra) e ascending (sotto): i riflettori della zona riferibili ad elementi naturali (es. spigoli di roccia) mostrano condizioni di sostanziale stabilità. Alcuni riflettori sugli edifici ex - Italcementi mostrano segnali anomali, verosimilmente riferibili alle strutture.

2.3. Litologia

Per descrivere l'assetto geologico complessivo del contesto in cui si trova l'area di interesse, si riporta inizialmente la carta geologica CARG:





Assetto geologico da rilievo CARG (Servizio Geologico PAT, 2010).

Il fondovalle è alluvionale, con evidenza di un antico alveo del fiume Adige nella parte meridionale.

Spostandosi verso la parete si trovano delle ghiaie alluvionali proprie di un ambiente a maggior energia.

La parete rocciosa è di età eocenico - oligocenica:

-NAG = F. Calcare di Nago

-MCE = F. Calcare di Malcesine

-CHI = F. di Chiusole

intercalati alle rocce sedimentarie sono dei sottili livelli di rocce vulcaniche:

-VUB1 = Basalto Val Lagarina (membro di Lenzima)

-VUB2b = Basalto Val Lagarina (membro di Monte Biaena)

Si distinguono nettamente due comparti: il fondovalle, prevalentemente alluvionale ed il versante, dove a sua volta si distinguono le coperture detritiche e moreniche dalle rocce del substrato.

Litologia dei terreni sciolti di copertura: fondovalle

A scala del sito, nel tratto pianeggiante sottostante la parete, non vi sono affioramenti di terreni naturali, essendo il sito completamente antropizzato e rimaneggiato, ove non ricoperto da riporti di varia natura.

I sottostanti terreni naturali sono riconducibili a depositi detritici e depositi alluvionali: i detriti costituiscono un talus alla base della parete rocciosa, mentre i depositi alluvionali sono i terreni che soggiacciono alle macerie dell'ex Italcementi.

Relativamente al talus detritico si tratta di massi con dimensione degli spigoli normalmente pluridecimetrica fino a 0,5 m, con un Max. a 2 m, e forma prismatica a tre assi, con spigoli vivi: la natura dei massi rispecchia quella della parete: calcari e calcari marnosi.

Ovviamente attualmente sono osservabili solo, fra i massi maggiori, quelli precipitati nei tempi più recenti, dopo l'abbattimento dello stabilimento ed il conseguente spianamento del piazzale.



Talus detritico al piede della parete rocciosa.

Tutta la restante area pianeggiante del piazzale è attualmente ricoperta da macerie, con spessori importanti, anche superiori a 3,5 m: negli studi pregressi citati ad inizio relazione vi è una notevole mole di dati, derivanti da perforazioni ed indagini geofisiche, che conferma tale indicazione.

Sotto a tali macerie i terreni naturali sono composti da un materasso di depositi alluvionali: dalla mappa precedente si vede come il fiume Adige è stato deviato verso W dalle alluvioni grossolane del T. Fersina.

Si riesce anche a percepire come l'andamento naturale del fiume Adige, prima della sua rettifica formasse un meandro che passava anche per la zona di interesse, artificialmente rettificato negli anni 1850 – 1860.

A seguire si riporta uno stralcio del progetto di rettifica del 1805, sul quale si vede chiaramente il tracciato del fiume Adige che si avvicinava alla parte meridionale del sito di interesse (cerchiato).

IL FIUME TRA SCIENZA E PERCEZIONE: L'ADIGE NELLA CARTOGRAFIA STORICA

61



Fig. 7 - Hydrologische-oeconomische Karte des Etsch-Thales sammt Profils und Niveauconten, weiters den eingezeichneten Arbeiten zur Regulierung dieses Flusses vom Schloss Tirol angefangen bis Besenello, ing. Major von Nowack im Jahre 1805, Vienna, KAW, BIX b 149-30, nr. CXV.

ELENA DAI PRÀ & DAVIDE ALLEGRI - IL FIUME TRA SCIENZA E PERCEZIONE: L'ADIGE NELLA CARTOGRAFIA STORICA. Il fiume Adige si avvicinava alla parte meridionale della parete rocciosa.

Riferendosi alle alluvioni, verso la parete prevalgono quelle ghiaiose ascrivibili a depositi di un corso d'acqua oramai scomparso che scorreva fra il Bondone ed il Doss Trento, mentre spostandosi verso la valle vi sono alluvioni via via più fini, ascrivibili ai depositi limosi atesini (fiume Adige).

Si riporta a seguire l'ubicazione e la stratigrafia dei piezometri, spinti fino alla profondità di 20 m da p.c., e perforati (dicembre 2008) nell'ambito del Piano di Caratterizzazione citato al Cap.1.

Si tratta, tranne che per un piezometro, di una descrizione stratigrafica ottenuta da perforazioni eseguite a distruzione di nucleo.

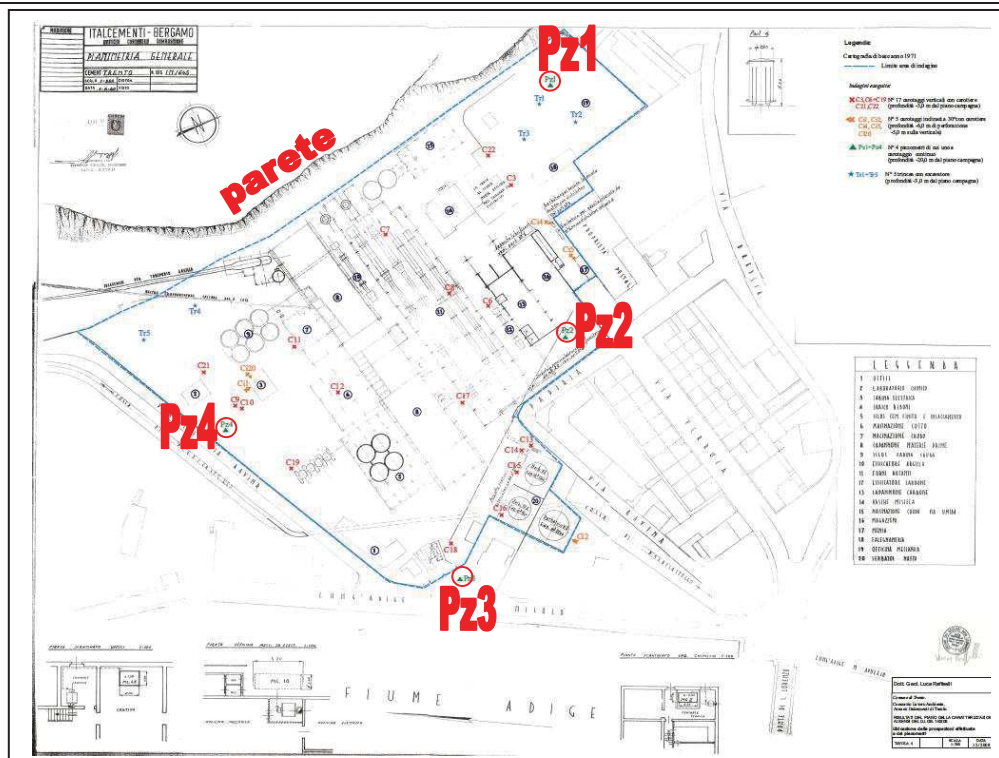


Risulta comunque evidente la variabilità stratigrafica: si passa dal Pz1, dove prevalgono i sedimenti grossolani dalla superficie fino a 15 m da p.c., verso gli altri piezometri, dove sono presenti sedimenti fini (sabbia fine-limosa e limo sabbioso) nei primi 4/5 metri di profondità, cui segue un livello ghiaioso (presente fino a 10/16.5m) che a sua volta ricopre i sedimenti fini limosi.

Si nota anche una differenza di spessore delle ghiaie: spostandosi dalla parete verso il centro della valle lo spessore di questo litotipo decresce.

Le stratigrafie indicano anche che verso la parete rocciosa i clasti delle ghiaie sono spigolosi, mentre sono subarrotondati quelli delle ghiaie presenti verso il centro della valle.

Per motivare questa circostanza si conferma che il contributo deposizionale verso la parete va ascritto ad apporti di corsi d'acqua locali e che hanno in parte rimaneggiato i finitimi terreni detritici, spigolosi, mentre verso il centro della valle gli apporti provengono da corsi d'acqua con un bacino più esteso.



| geolavori | | SCHEDA DI SONDAGGIO | |
|---|-----------------------------|------------------------------------|---|
| Indagini geognostiche prove geotecniche in sito | | SECONDO RACCOMANDAZIONI AGI (1977) | |
| Rev 0 | Data 31/12/2007 | CERTIFICATO | SPERIMENTATORE Dr. Ing. Davide Splendore |
| COMMITTENTE CONSORZIO LAVORO AMBIENTE scarl | | | |
| CANTIERE EX ITALCEMENTI - Via Lung'Adige San Nicolò - TRENTO | | | |
| PERFORAZIONE N. Pz1 | DATA INIZIO 02/10/2006 | ULTIMAZIONE | |
| COORDINATE Nord | Est | QUOTA P.C. - | |
| RESPONSABILE Dr. Ing. Davide Splendore | OPERATORE Sig. A. Venturini | ATTREZZATURA | |
| Da m. 0,00 | A m. 20,00 | Profondità Finale m. 20,00 | PAG. 1 DI 1 |
| DESCRIZIONE STRATIGRAFICA DI MASSIMA (Perforazione a distruzione di nucleo) | | PROFONDITA' m da p.c. | CAMPIONI |
| Ghiale grossa calcarea spigolosa con limo e sabbia marron | | | |
| Ghiale grossa calcarea spigolosa e ciottoli (Ø>20cm) in debole matrice limoso sabbiosa marron | | 6,00 | |
| Limo nodicola | | 15,00 | |
| Fine sondaggio | | 20,00 | |

| geolavori | | SCHEDA DI SONDAGGIO | |
|---|-----------------------------|------------------------------------|---|
| Indagini geognostiche prove geotecniche in sito | | SECONDO RACCOMANDAZIONI AGI (1977) | |
| Rev 0 | Data 31/12/2007 | CERTIFICATO | SPERIMENTATORE Dr. Ing. Davide Splendore |
| COMMITTENTE CONSORZIO LAVORO AMBIENTE scarl | | | |
| CANTIERE EX ITALCEMENTI - Via Lung'Adige San Nicolò - TRENTO | | | |
| PERFORAZIONE N. Pz2 | DATA INIZIO 02/10/2006 | ULTIMAZIONE | |
| COORDINATE Nord | Est | QUOTA P.C. - | |
| RESPONSABILE Dr. Ing. Davide Splendore | OPERATORE Sig. A. Venturini | ATTREZZATURA | |
| Da m. 0,00 | A m. 20,00 | Profondità Finale m. 20,00 | PAG. 1 DI 1 |
| DESCRIZIONE STRATIGRAFICA DI MASSIMA (Perforazione a distruzione di nucleo) | | PROFONDITA' m da p.c. | CAMPIONI |
| Cio Riptor: ghiale grossa calcarea spigolosa limoso sabbiosa marron Sabbia fine limosa - limo sabbioso | | 0,20 0,60 | |
| Ghiale poligenica mal gradata sub-arrondata limoso sabbiosa marron | | 5,00 | |
| Ghiale fine con sabbia grigia | | 10,00 | |
| Limo argilloso grigio | | 18,00 | |
| Fine sondaggio | | 20,00 | |

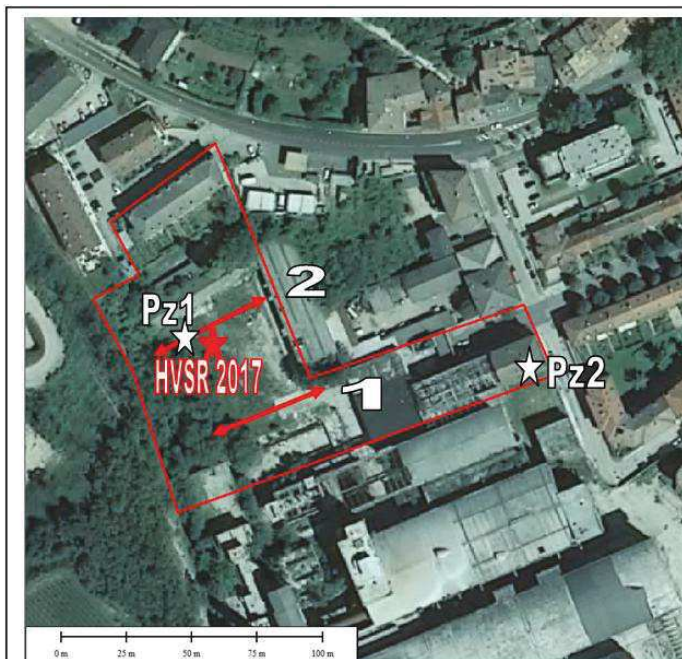


| geolavori | | SCHEDA DI SONDAGGIO | | COMB. cm09208 | |
|---|-----------------|------------------------------------|---|----------------------------------|--|
| Indagini geologiche e prospezioni geotecniche in sito | | SECONDO RACCOMENDAZIONI AGI (1977) | | PAG. 1 DI 2 | |
| Rev. 0 | Data 31/12/2007 | CERTIFICATO | SPERIMENTATORE Dr. Ing. Davide Splendore | OPERATORE Sig. Remo Splendore | |
| COMMITTENTE CONSORZIO LAVORO AMBIENTE scari | | | | | |
| CANTIERE EX ITALCEMENTI - Via Lung'Adige San Nicolò - TRENTO | | | | | |
| PERFORAZIONE N. ... Pz3 ... DATA INIZIO ... 31/12/2008 ... ULTIMAZIONE ... 31/12/2008 | | | | | |
| COORDINATE Nord ... ENE ... QUOTA P.C. ... | | | | | |
| RESPONSABILE ... Dr. Ing. Davide Splendore ... OPERATORE ... Sig. Remo Splendore | | | | | |
| ATTREZZATURA ... Atlas Copco Mobile Drill B33L | | | | | |
| DESCRIZIONE STRATIGRAFICA DI BASE (Prolungare a discesa di metri) | | | | | |
| Ripporto ghiaia grossa calcarea spugnosa limoso sabbiosa marron | | | | | |
| Sabbia fine limosa sciolta | | | | | |
| Ghiaia poligenica mal gradata sub-arrotolata limoso sabbiosa marron | | | | | |
| Limo a argillino grigio | | | | | |
| Fine sondaggio | | | | | |

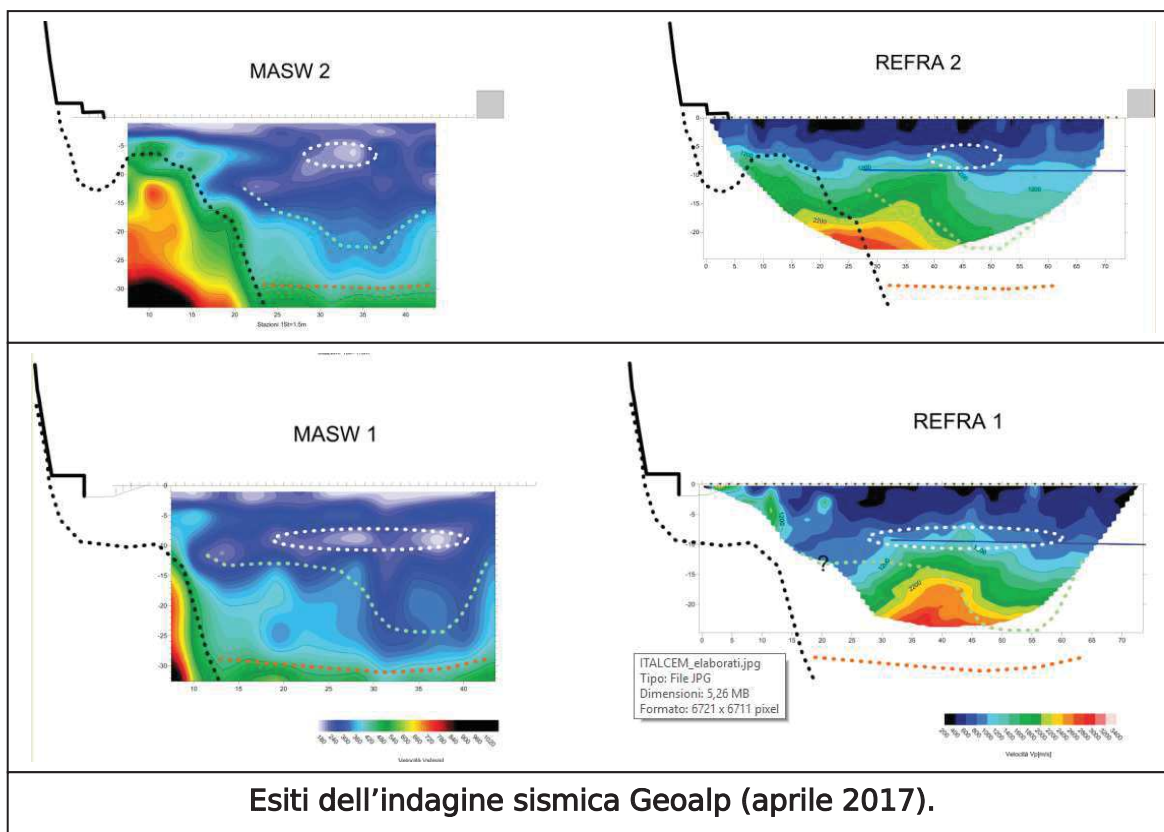
| geolavori | | SCHEDA DI SONDAGGIO | | COMB. cm09208 | |
|--|-----------------|------------------------------------|---|----------------------------------|--|
| Indagini geologiche e prospezioni geotecniche in sito | | SECONDO RACCOMENDAZIONI AGI (1977) | | PAG. 1 DI 2 | |
| Rev. 0 | Data 31/12/2007 | CERTIFICATO | SPERIMENTATORE Dr. Ing. Davide Splendore | OPERATORE Sig. Remo Splendore | |
| COMMITTENTE CONSORZIO LAVORO AMBIENTE scari | | | | | |
| CANTIERE EX ITALCEMENTI - Via Lung'Adige San Nicolò - TRENTO | | | | | |
| PERFORAZIONE N. ... Pz4 ... DATA INIZIO ... 30/09/2008 ... ULTIMAZIONE ... 30/09/2008 | | | | | |
| COORDINATE Nord ... ENE ... QUOTA P.C. ... | | | | | |
| RESPONSABILE ... Dr. Ing. Davide Splendore ... OPERATORE ... Sig. Remo Splendore | | | | | |
| ATTREZZATURA ... Atlas Copco Mobile Drill B33L | | | | | |
| DESCRIZIONE STRATIGRAFICA | | | | | |
| Calcestruzzo | | | | | |
| Ripporto Ghiaia grossa calcarea angolare mal gradata in mattoni sabbiosi limoso parzialmente cementata beige | | | | | |
| Sabbia fine con limo grigio-beige cementata | | | | | |
| Sabbia medio fine sabbia dolo. limosa nodulosa | | | | | |
| Ghiaia poligenica mal gradata sub-arrotolata sabbiosa limosa marron (Dmax=10-12cm) | | | | | |
| Limo ca. con sabbia deb. limosa | | | | | |
| Ghiaia poligenica mal gradata sub-arrotolata sabbiosa limosa marron | | | | | |
| Sabbia fine limosa grigia (sottile) | | | | | |
| Limo a argillino grigio | | | | | |
| Fine sondaggio | | | | | |

Ubicazione e stratigrafia dei piezometri perforati per il citato Piano di Caratterizzazione - 2008.

Indicazioni sui rapporti fra parete rocciosa e fondovalle derivano anche da un'indagine geofisica eseguita per conto di Geoalp nella primavera 2017.



Ubicazione delle indagini geofisiche 2017 (stendimenti MASW 1, 2 e HVSr) e dei piezometri Pz1 e Pz2 (2008).



Gli esiti dell'indagine evidenziano, fra le altre cose, come la parete rocciosa presenti uno scalino sepolto e come, spostandosi dalla parete verso il centro della valle, si passi da un ambiente "veloce" (ghiaioso) verso un ambiente "lento" (limoso), e ciò in accordo con i dati pregressi.

Litologia dei terreni sciolti di copertura: terrazzo superiore

Per quanto riguarda i terreni sciolti posti sul terrazzo a monte della parete rocciosa vi sono evidenze sia geomorfologiche e sia sedimentarie che permettono di ascrivere tali terreni a depositi glaciali. Si tratta di diamicton massivi con ciottoli di litologie anche esotiche, ben arrotondati e clasto - dispersi nella matrice limosa, solitamente ben addensata e/o sovraconsolidata (morena di fondo).



I terreni sciolti del terrazzo soprastante la parete sono di natura morenica.

Qui ripreso un esotico porfirico a diretto contatto con il substrato roccioso, proprio nella zona sommitale della parete che sovrasta il sito.



Oltre a tali terreni, proprio sul ciglio della scarpata fra terrazzo superiore e parete rocciosa, vi sono dei depositi detritici per il rotolamento di frammenti dalle paretine superiori ed anche per l'ammaloramento di alcuni muretti a secco presenti sul ciglio della parete.



Sul ciglio superiore della parete sono presenti sia frammenti provenienti da vecchie terrazzature a secco e sia detrito proveniente dalle paretine sommitali.

Litologia della parete rocciosa

La parete rocciosa è costituita da rocce sedimentarie di tipo marnoso – calcareo nella parte bassa, e da rocce sedimentarie più calcaree nella parte alta: intercalati alle rocce sedimentarie vi sono dei livelli tufacei di rocce vulcano sedimentarie.

Si riportano le descrizioni stratigrafiche delle rocce costituenti la parete rocciosa: queste descrizioni sono tratte da "Provincia Autonoma di Trento - Servizio Geologico – SEMINARIO INTERMEDIO PROGETTO DI CARTOGRAFIA GEOLOGICA (CARG) 43 MEZZOLOMBARDO 60 TRENTO 58 ADAMELLO 25 RABBI, TRENTO 29 maggio al 01 giugno, 2006, Fogli Trento e Mezzolombardo: Le unità sedimentarie: nomenclatura, proposte, problemi." a cura di Marco Avanzini,

CALCARE DI MALCESINE (MCE)

Calcari grigio nocciola e grigio scuro a grana fine passanti verso l'alto a calcareniti nummulitiche mal stratificate con struttura in prevalenza nodulare e con sporadiche intercalazioni di argille bentonitiche.

Limite inferiore graduale su CHI. Spessore 70m. EOCENE MEDIO

VULCANITI BASALTICHE DEL CICLO EOCENE INF. – EOCENE MEDIO

laloclastiti arenarie e brecciole con clasti di basalto vetroso e bolloso cementati da calcite spatica. Sono generalmente ben stratificate, cernite talora con qualche strato e banco gradato. Tufi e tufiti brecciole, sabbie e ceneri piroclastiche ben organizzate e cernite all'interno di strati e lamine spesso fossiliferi in bancate da centimetriche a metriche. Breccie di esplosione. Accumuli disorganizzati con sabbie, lapilli e brandelli lavici basaltici associati a proietti (cm, dm) e rari blocchi metrici di rocce sedimentarie derivate dalla frammentazione esplosiva dei condotti alimentatori. Lave basaltiche prodotti di colata rappresentati da corpi massicci passanti a lave bollose e scoriacee e a breccie laviche di prodotti scoriacei.

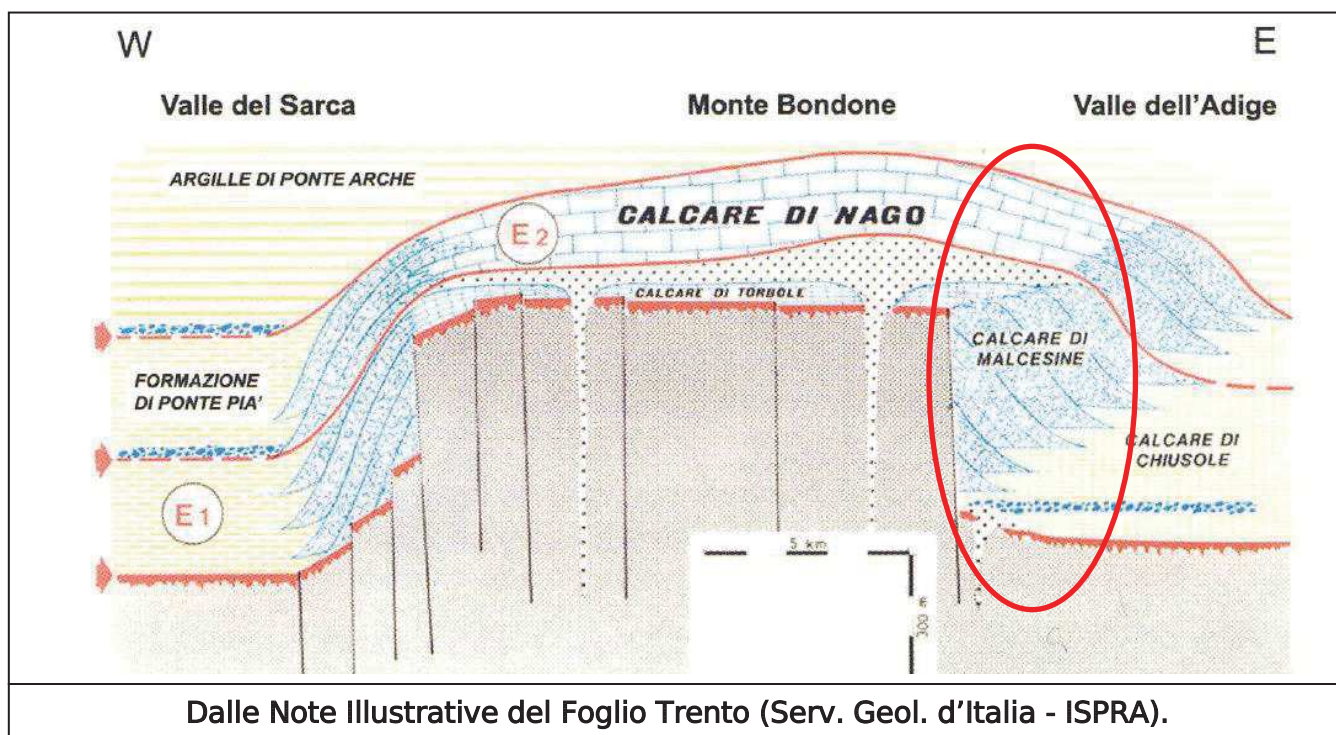
**CALCARE DI NAGO (NAG)**

Alternanze di calcari marnosi e marne scure laminate, di calcareniti micritiche grigie stratificate (10-30cm) e di calcari a rodoliti, coralli e briozoi in spesse bancate (3-10m) con sempre abbondanti nummuliti e discocycline. Limite inferiore graduale rapido su MCE. Spessore 100m. EOCENE MEDIO -EOCENE SUP.

CALCARE DI CHIUSOLE (CHI)

Calcarei micritici lastriformi grigi o brunicci, glauconitici, a radiolari e foraminiferi planctonici, con interstrati marnoso-argillosi, talora con selce e con calcitorbiditi nummulitiche. Sono distinguibili due litofacies parzialmente eteropiche: (a) calcari micritici in strati centimetrici con selce in noduli e liste, (b) calcari e calcareniti bioclastiche in strati decimetrici con intercalazioni di marne grigie di spessore variabile (Sopramonte) che diminuiscono di frequenza verso l'alto dell'unità. Limite inferiore netto discordante su hardground di SAA e su VUB, paraconcordante su VAG2. Spessore 80-90m. EOCENE INF.

Dalle Note Illustrative del Foglio 60 – Trento, si presenta uno schema dell'assetto stratigrafico e sedimentologico della zona di interesse, che è sulla zona di transizione fra l'alto strutturale della zona del Bondone e la zona bacinale che si approfondisce spostandosi a E, verso la Valle dell'Adige.



Dalle Note Illustrative del Foglio Trento (Serv. Geol. d'Italia - ISPRA).

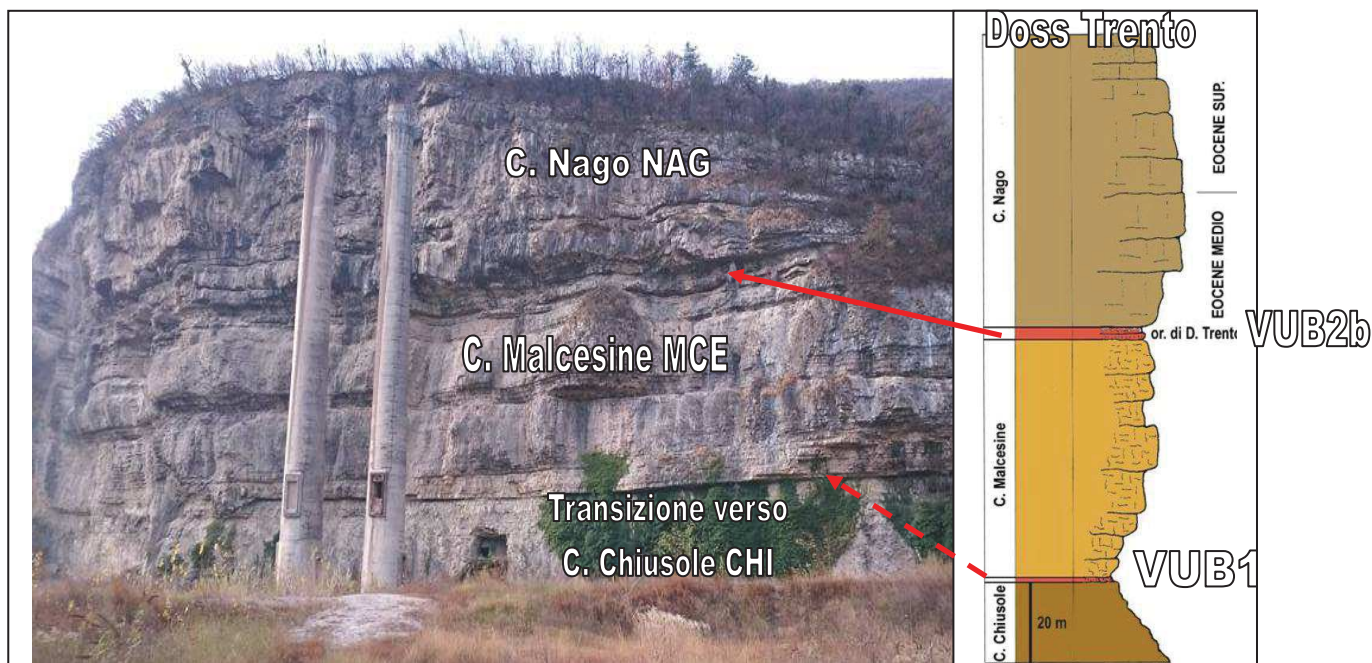
Particolarmente interessante è notare che i livelli VUB1 e VUB2b = Basalto Val Lagarina (rispettivamente membro di Lenzima e di Monte Biaena) riferiti alla serie del Doss Trento trovano corrispondenza sulla parete, così come sono presenti anche altre sottili intercalazioni sempre riferibili a depositi di bassa energia (argilliti, siltiti e marne di origine mista, anche con apporti di elementi di origine vulcanica).

Si tratta di livelli tufitici continui, con spessori da pochi centimetri a decimetri, ma che rivestono un notevole valore idrogeologico, in quanto fungono localmente da livello di base del carsismo: sopra tale livello la roccia calcarea presenta tipiche cavità carsiche, mentre sotto tale livello (non carsificabile) la roccia calcarea non presenta evidenze di tale tipologia. Il livello VUB2b è anch'esso non carsificabile ma

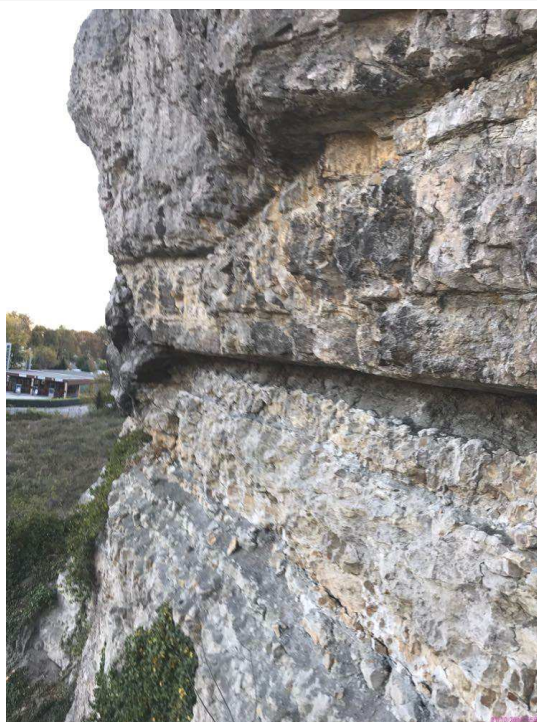


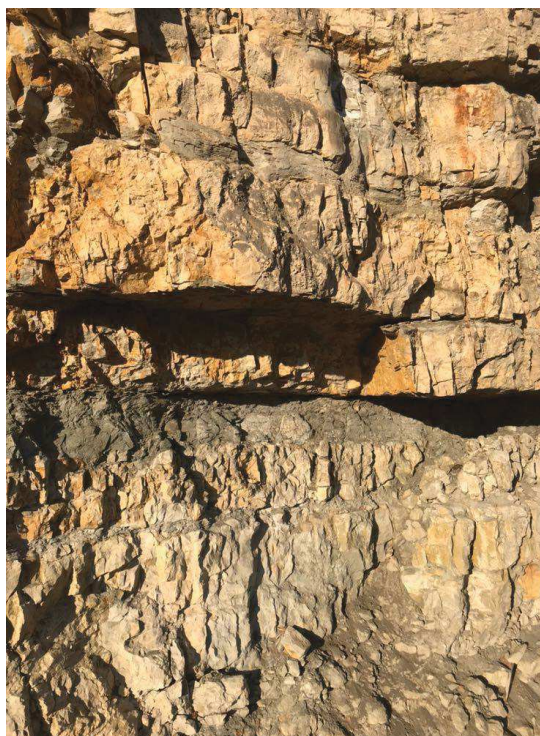
è più permeabile del sottostante VUB1 in quanto meno tufitico argilloso, talora con presenza di lave e scorie, permeabili.

Interessante è anche notare che il terrazzo soprastante il sito (lato N) si è impostato proprio in corrispondenza del livello VUB2b: si ritiene che ciò sia accaduto per via della minor resistenza meccanica delle vulcaniti rispetto ai calcari: questi interstrati vulcanici rappresentano orizzonti di scivolamento preferenziali, lungo i quali è più facile che si scarichino le azioni meccaniche di scollamento ed erosive.

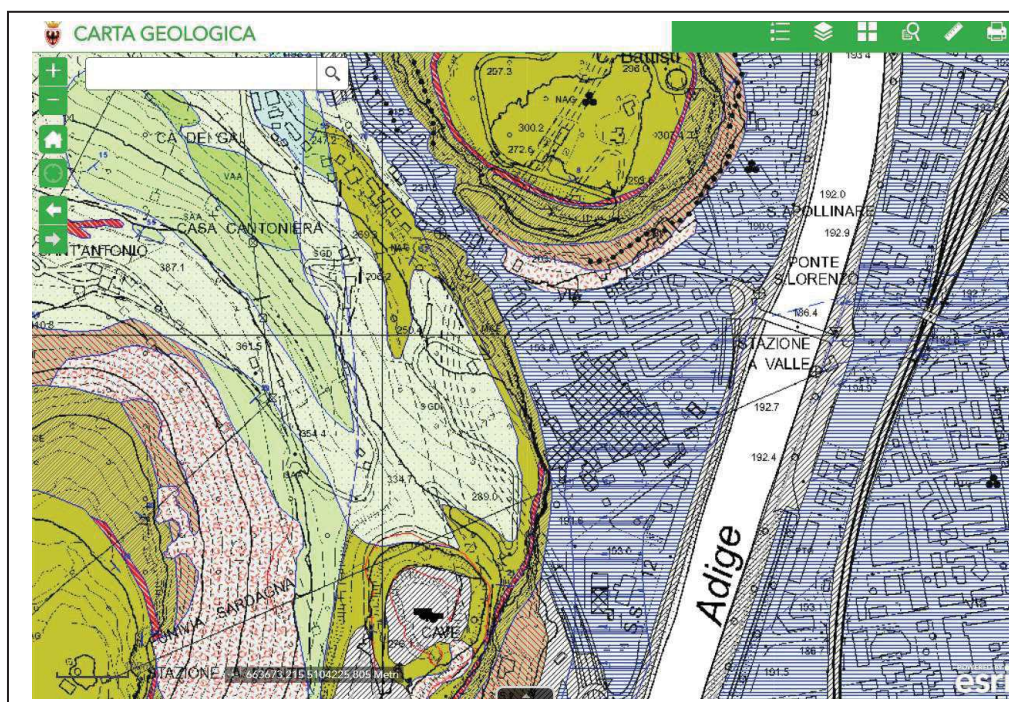


Panoramica della parete retrostante il sito e schema stratigrafico del Doss Trento, del tutto analogo (e limitrofo) alla parete di interesse. da "SEMINARIO INTERMEDIO PROGETTO DI CARTOGRAFIA GEOLOGICA (CARG)43 MEZZOLOMBARDO 60 TRENTO 58 ADAMELLO 25 RABBI, TRENTO 29 maggio al 01 giugno, 2006, Fogli Trento e Mezzolombardo: Le unità sedimentarie: nomenclatura, proposte, problemi." a cura di Marco Avanzini.





Dettagli di alcuni dei livelli argillitici e tufitici (vulcano sedimentari) che intercalano la parete, determinando la presenza dei livelli maggiormente erodibili rispetto alle marne ed ai calcari



Secondo la più recente carta geologica pubblicata (on-line) dal Servizio Geologico PAT, sulla parete di interesse la presenza del livello VUB2b interessa solamente la parte meridionale della parete, mentre il livello VB1 non è posto in affioramento.

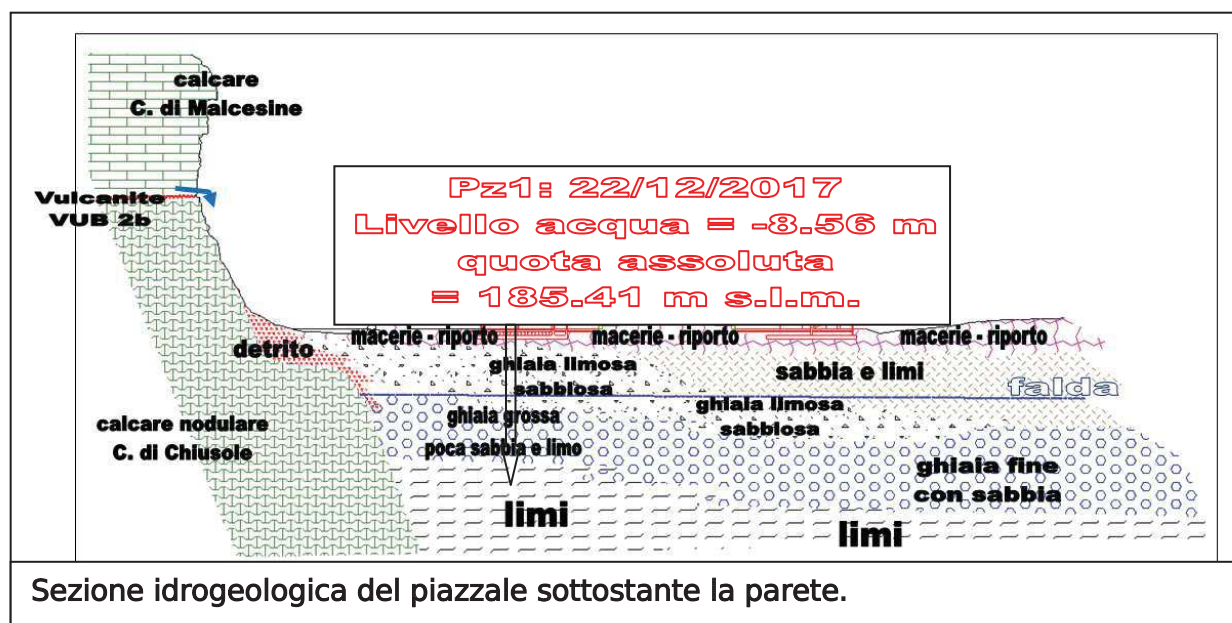


3.4. Idrogeologia

Vanno nettamente distinti due comparti idrogeologici: la parete rocciosa ed i terreni sciolti di fondovalle, a loro volta distinguibili in terreni antropici (macerie) e naturali (detrito e alluvioni).

I terreni di copertura di fondovalle sono caratterizzati da una sviluppata porosità; la permeabilità (di tipo primario, o per porosità) assume valori diversi in relazione alla percentuale di materiale fine rispetto a quella del materiale grossolano.

Lo strato delle macerie che ricopre la zona presenta un elevato indice dei vuoti, per cui ad esso si ascrive un'elevata permeabilità; tuttavia sono ancora presenti, sepolte sotto alle macerie, delle solette in cls., dei relitti di cavidotti ed altre strutture sepolte (fino a 6 m in corrispondenza di ex cisterne interraste) che interrompono la continuità, anche idraulica, di questo orizzonte, conferendo ad esso delle vie preferenziali di scorrimento rispetto ad altre zone da ritenersi impermeabilizzate.



I sottostanti depositi naturali sono dotati di un grado di permeabilità variabile in funzione dei diversi litotipi: la permeabilità varia quindi non solo in senso orizzontale ma anche in senso verticale, come desumibile dalla sezione idrogeologica sopra riportata.



Si passa così da una permeabilità molto elevata attribuibile al talus detritico alla base delle pareti, verso litotipi via via meno permeabili spostandosi verso il centro della valle ed in profondità, dove vi sono i depositi alluvionali limosi atesini.

Si passa pertanto da una zona perimetrale con acquifero freatico, verso la zona centrale, dove l'acquifero diviene più complesso e multistrato (per presenza di aquitard e aquiclude), con limiti di permeabilità ad andamento variabile ed in grado di determinare la presenza di falde semiconfinare, anche in pressione.

L'andamento delle linee di egual livello della falda nella zona di interesse vede un alto idrogeologico di alimentazione diretto dalla parete e dalla sella fra Bondone e Doss Trento verso l'asse vallivo.

Questo indica una probabile alimentazione da sversamento nelle alluvioni di fondovalle da parte dell'acquifero carsico della massa rocciosa oltre che all'alimentazione delle filtrazioni che scorrono entro alle incisioni del terrazzo morenico, sostenute anche dal contatto erosivo con il substrato roccioso: a seguire la carta con l'andamento della falda nella zona di interesse.

Purtroppo alla data dei sopralluoghi (autunno - inverno 2017), dei piezometri e carotaggi eseguiti nel sito risultava accessibile il solo Pz1, entro al quale si è misurato in data 22/12/2017, il livello dell'acqua a 8.56 m da bocca tubo piezometrico: la quota assoluta della bocca tubo è di circa 194,5 m s.l.m., risultando quindi un livello di falda assoluto a: quota falda = 185.41 m s.l.m..

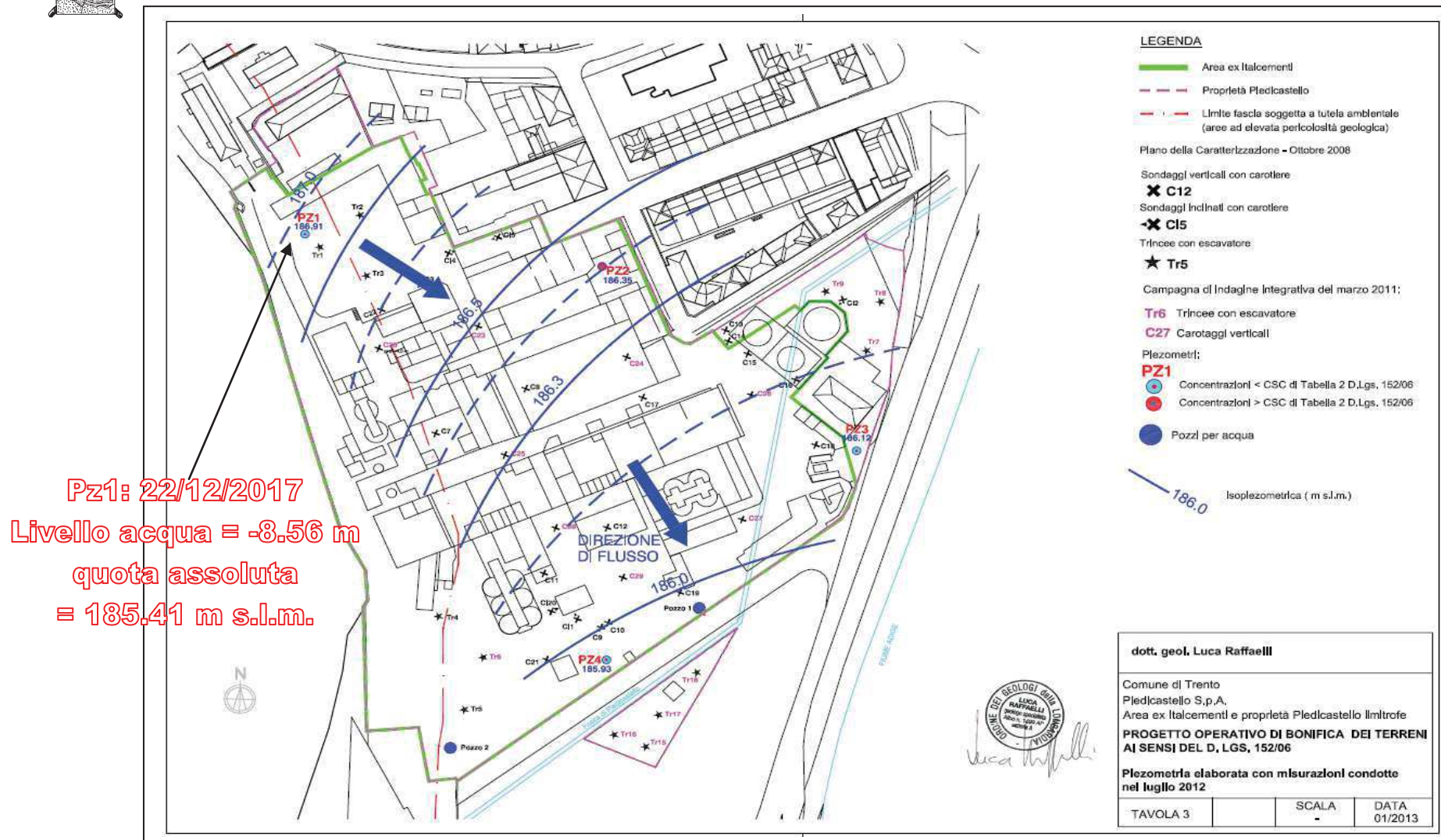
Si dispone solo di questo punto di misura: la profondità della falda misurata risulta essere compatibile, ancorchè in periodo di magra, con le misurazioni riportate nei lavori pregressi in allegato.

Circa la disposizione del tetto della falda (direzione di deflusso), al netto delle oscillazioni di livello, ma riferendosi all'andamento delle isopieze, si adotta e conferma la carta piezometrica più aggiornata che viene riportata anche nella figura a seguire con l'andamento della falda nella zona di interesse all'ottobre 2012, periodo in cui il tetto della falda era più alto rispetto al presente periodo, particolarmente siccitoso.

Circa il coefficiente di conducibilità idraulica (permeabilità) delle alluvioni, si dispone delle indagini eseguite nei fori delle perforazioni dei piezometri, entro le quali sono state eseguite prove di tipo Lefranc.

Per i terreni ghiaiosi presenti in corrispondenza del Pz1, si è misurata una permeabilità dell'ordine di $1,02 \cdot 10^{-5}$ m/sec, definibile come media, relativamente bassa per una ghiaia, ma qui derivante dalla presenza di matrice fine.

Analoga prova eseguita nelle alluvioni fini limose nelle aree poste più a Sud ha fornito valori dell'ordine di 10^{-7} m/sec, definibili come di bassa permeabilità.



"Tavola 3: Piezometria elaborata con misurazioni condotte nel luglio 2012. "Piedicastello S.p.A. Sito ex Italcementi e proprietà Piedicastello limitrofe - Progetto Operativo di bonifica dei terreni - ai sensi del D. Lgs. 152/06 - dott. geol. Luca Raffaelli, Gennaio 2013"." Modificata.



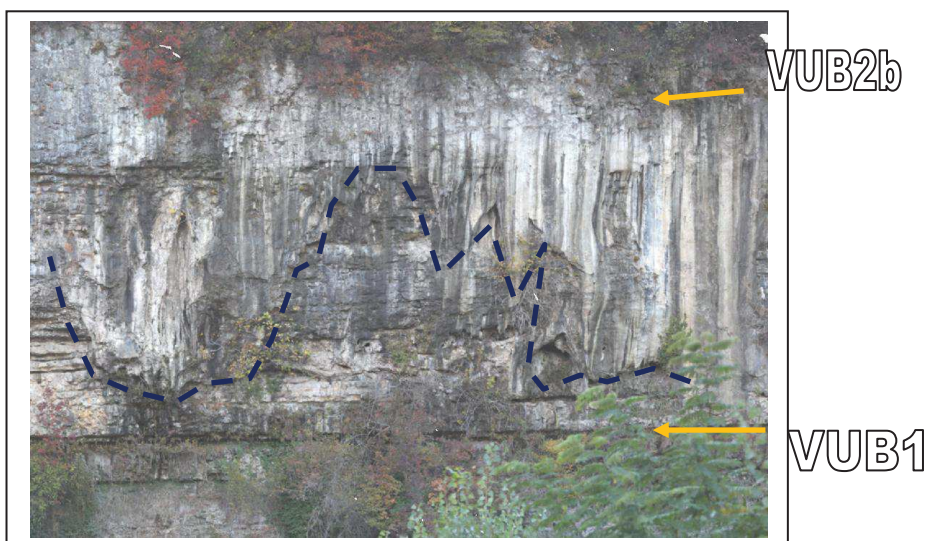
Anche la parete rocciosa, che funge da importante limite di permeabilità alle filtrazioni che interessano i terreni sciolti di copertura del terrazzamento superiore, è dotata di settori a diversa permeabilità: si tratta di una permeabilità di tipo secondario, per fratturazione e per carsismo, essendo quella primaria, per porosità, praticamente assente.



Evidenze dei fenomeni di dissoluzione carsica che hanno interessato i calcari della F. di Nago.

Per quanto riguarda la variazione di permeabilità in senso verticale, si richiama la presenza delle cavità carsiche e delle concrezioni di accrescimento che interessano diffusamente la parete. Le evidenze della circolazione carsica si arrestano in corrispondenza del citato livello di tufiti VUB2b: dalle sorgenti filtrano moderate venute, mentre non risulta che si attivino in modo significativo nemmeno in occasione di intense precipitazioni (sorgenti fossili).

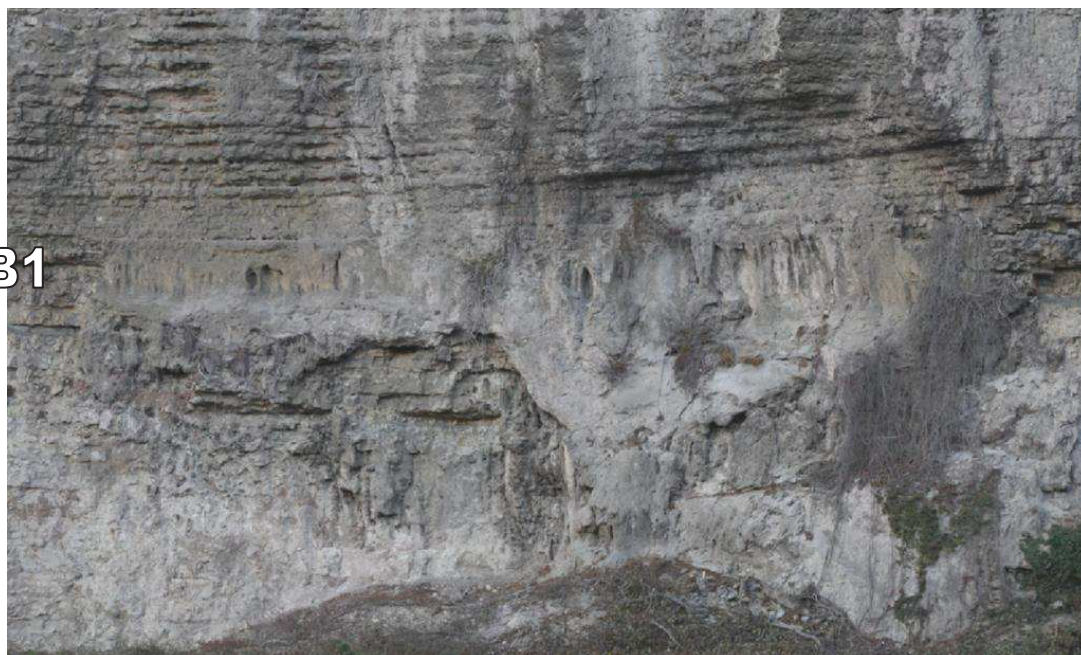
Altrettanto interessante è notare che le concrezioni e patine calcaree sommitali si originano proprio in corrispondenza del livello VUB1, con meccanismo del tutto analogo a quanto detto per il livello VUB2b.



La linea a tratteggio indica la zona con le principali concrezioni: visibili le cavità di sorgenti carsiche, fossili in quanto non si riattivano nemmeno in occasione di piogge intense. Le linee gialle indicano i livelli VUB1 e VUB-2b, impermeabili e costituenti, assieme alle intercalazioni siltitiche, il livello di base locale del carsismo.

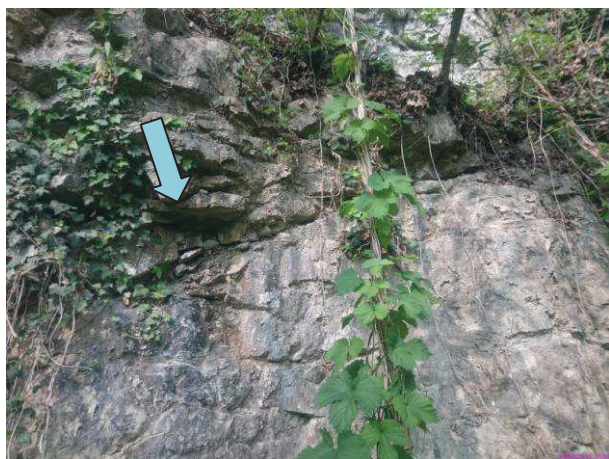


Anche le frequenti intercalazioni marnose e vulcano sedimentarie al passaggio fra F. di Malcesine e F. di Chiusole danno origine a scaturigini con deposizione di patine e concrezioni di carbonato di calcio.

VUB1

Depositi ed incrostazioni alla transizione fra F. di Malcesine e F. di Chiusole

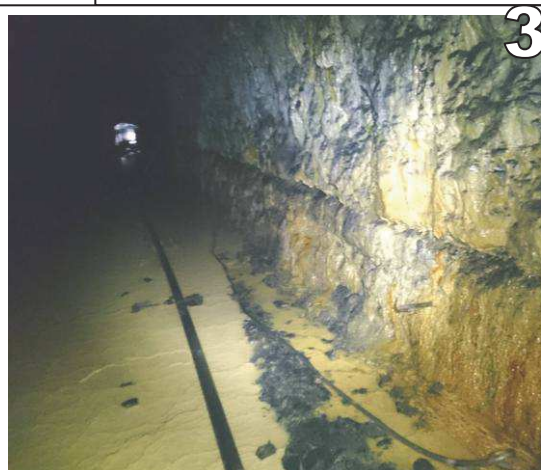
Esistono poi delle fratture che intersecano l'intero spessore della parete e lungo le quali è possibile verificare la sporadica presenza di circolazione idrica.



Frattura a basso angolo (dip dir. / dip imm. = 145/27 che interseca la parete rocciosa e lungo la quale vi sono evidenze di una moderata e localizzata circolazione idrica (indicata dalla freccia).

Va infine citato l'effetto delle cavità artificiali scavate entro la parete: tali cavità, verosimilmente anche per via del disturbo arrecato con le volate di scavo, hanno avuto l'effetto di aprire delle vie preferenziali di drenaggio nell'ammasso roccioso.

Ad esempio si ha notizia della presenza di ingressi d'acqua durante lo scavo delle gallerie della tangenziale; è poi anche possibile osservare direttamente l'effetto drenante della galleria mineraria che si diparte dalla base della parete dietro alle ciminiere.



1+2: principali ingressi d'acqua dalla calotta e da un fornello della galleria mineraria. 3: ingresso dal piedritto lato S. 4: filtrazione dal fondo del cunicolo che sale dal lato N: si notino i livelli più marnosi (corrispondenti a quelli visibili sull'esterno, sopra il portale) che verosimilmente sostengono le filtrazioni. 5+6: misurazioni presso il principale ingresso di acqua entro la galleria mineraria e misure sulla zona esterna, di sgrondo verso il piazzale ex Italcementi.



L'acqua che entra nella galleria, sia attraverso i fornelli e sia attraverso le fessure nel rivestimento della calotta, deposita le tipiche concrezioni derivanti dal fenomeno di precipitazione carsica; si notano anche evidenti colorazioni che vengono ascritte principalmente alla presenza di armature metalliche, ma anche al trascinamento di materiale fine dai livelli vulcanici e/o dalle zone cataclasate delle faglie.

La conducibilità elettrica specifica è piuttosto alta per il contesto idrogeologico: verosimilmente ciò deriva in parte dalla presenza di materiale antropico (sali al contatto con il cls, armature, ecc.) e in parte per via degli interstrati vulcanici, che possono contenere solfuri.

Attualmente le maggiori evidenze di circolazione idrica lungo la parete sono indicate nelle panoramiche sottostanti: sul lato centro e meridionale la circolazione è limitata a piccole venute in corrispondenza del livello VUB2b ed allo sgrondo lungo la galleria mineraria. Sul lato settentrionale della parete le filtrazioni sono diffuse e comunque regolate dagli interstrati siltitici dell'ammasso; sicuramente l'abbondanza in questo settore deriva dalla conformazione del contatto fra copertura sciolta e roccia, contatto che convoglia le filtrazioni verso il settore N della parete.



Indicate le sole evidenze di filtrazioni sulla parete centro meridionale, mentre la parete settentrionale mostra diffusa presenza di filtrazioni.

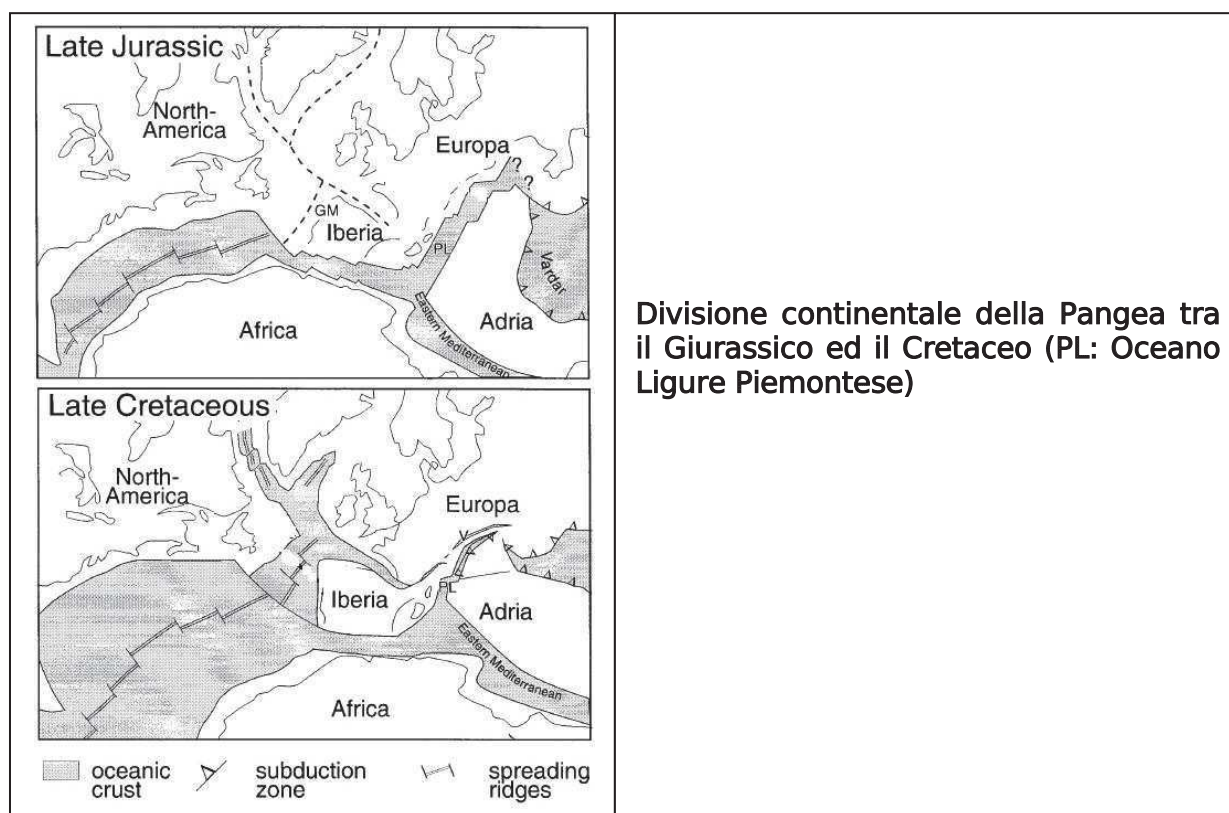


2.5 Tettonica e sismicità

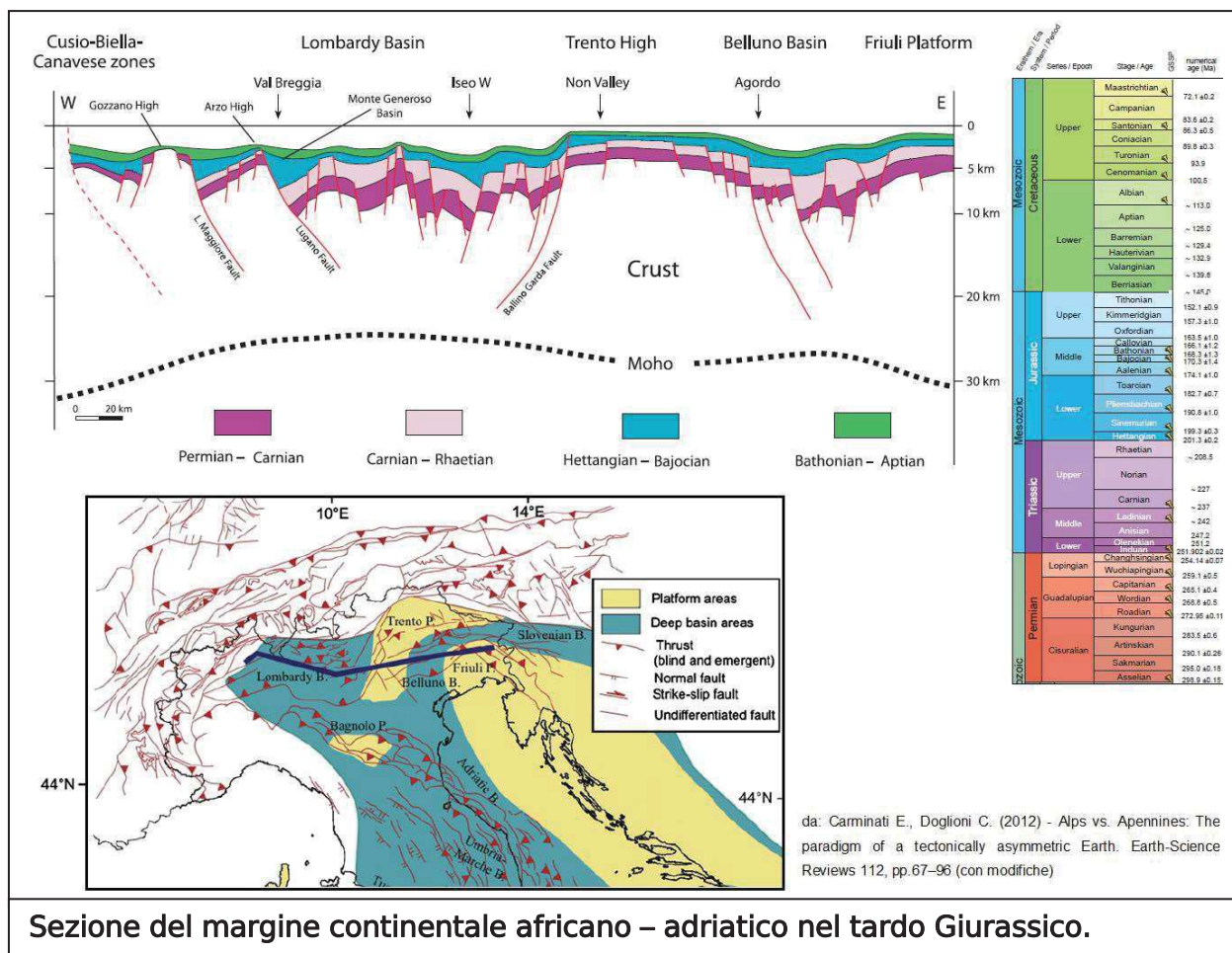
Conviene inizialmente riassumere l'assetto tettonico regionale, in quanto poi, nello studio di dettaglio della parete, si sono riconosciute delle evidenze applicative direttamente derivanti dagli accadimenti tettonici regionali caratterizzanti il settore di interesse.

L'area di studio, posta nelle Alpi centro-orientali, geologicamente fa parte del settore Sudalpino della catena, posto a Sud del Lineamento Periadriatico, fascio tettonico che costituisce la sutura fra la placca europea e quella africana.

Alla fine del periodo Triassico, il megacontinente Pangea iniziò a lacerarsi a causa dell'apertura dell'Atlantico Centrale e dell'Oceano Ligure – Piemontese (PL nella figura a seguire), il cui margine nord-occidentale apparteneva all'Europa, mentre il margine sud-orientale faceva parte dell'Africa, con un promontorio noto come Adria (o anche Apulia).



Nel corso della fase di frattura continentale, nel Giurassico – Cretaceo, in corrispondenza dell'attuale Sudalpino si sviluppò un assetto tettonico distensivo, con formazione di alti – si parla ad esempio dell'alto strutturale di Trento - e bassi strutturali, i cui margini hanno successivamente influenzato lo sviluppo delle principali linee tettoniche.



I due oceani continuarono ad espandersi: nel Cretaceo medio, il Sudamerica iniziò a distaccarsi dall'Africa, e il blocco iberico ((Portogallo e Spagna) si staccò dall'America settentrionale e dall'attuale Francia: si formarono l'Oceano Atlantico meridionale, quello centro – settentrionale, e il Golfo di Biscaglia, mentre si chiuse l'Oceano Ligure -Piemontese.

La placca africana subì una rotazione antioraria che portò Adria a convergere verso Europa, con subduzione di quest'ultima. L'Oceano Ligure – Piemontese fu gradualmente consumato per subduzione sotto il margine africano ed il promontorio apulo – adriatico si avviò ad indentarsi con il margine di Europa.

La convergenza di placche e la collisione che fecero nascere la catena alpina si protrassero per 50 milioni di anni (Ma), a partire dal Cretaceo medio-superiore. In questa orogenesi, pur essendo stata un processo cinematico continuo, si sono da tempo riconosciute (già Dal Piaz, 1990) tre fasi principali:

- evento eoalpino (Cretaceo – Paleocene) evoluzione precollisionale del margine convergente

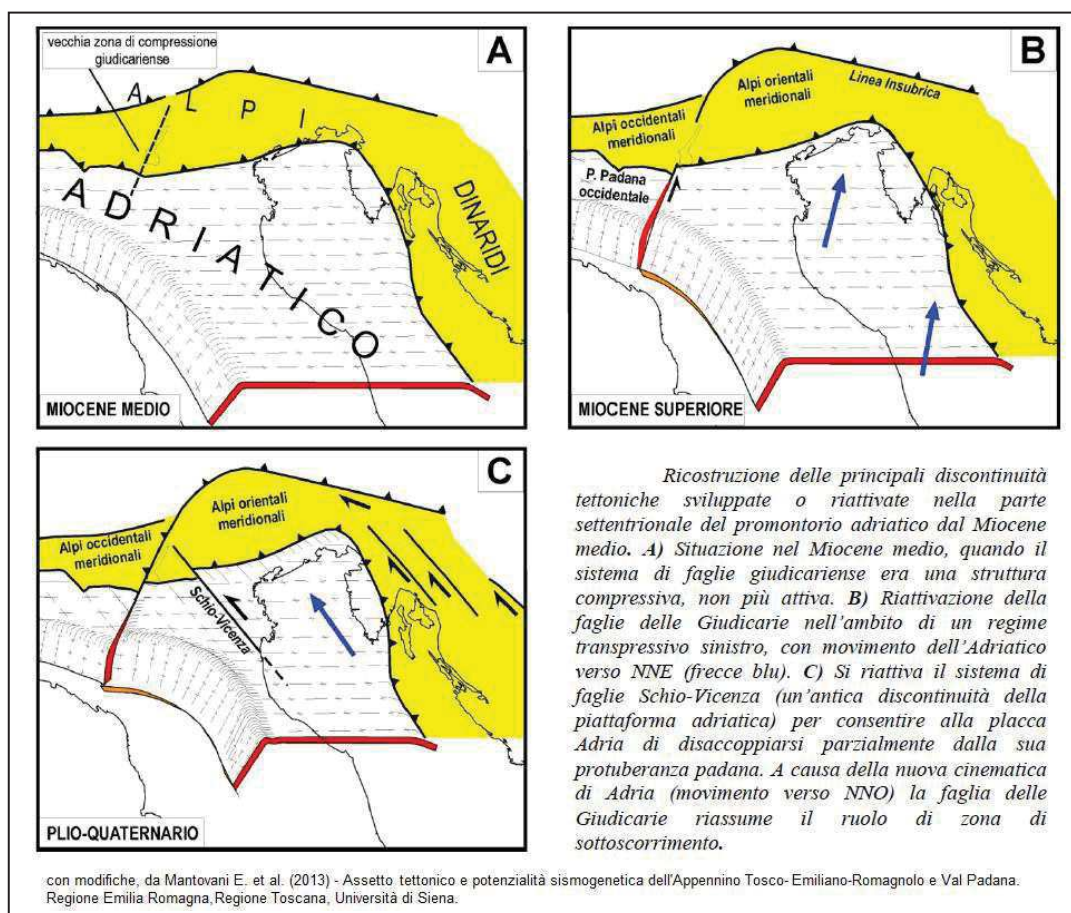
- evento mesoalpino (Eocene – Oligocene inferiore) con la chiusura dell'Oceano Ligure – Piemontese e la collisione del continente europeo con la microplacca adriatica. La perturbazione termica mesoalpina innescò lo sviluppo di un ciclo eruttivo indicato con il nome di magmatismo Periadriatico, di età oligocenica; l'evento ebbe durata limitata (circa 5 Ma) e rappresenta la fase matura della collisione continentale.

- evento neoalpino (Miocene – Attuale)

In questa fase si sviluppò in modo evidente la struttura a doppia vergenza delle Alpi: infatti, mentre la catena alpina in senso stretto si propaga verso l'avampaese europeo, si sviluppa anche l'impilamento di falde a vergenza meridionale tipico del

Sudalpino. Il sistema sud-vergente delle Alpi Meridionali rimase svincolato dalla catena a vergenza europea dalla attivazione del Lineamento Periadriatico (o Linea Insubrica): si tratta di un fascio di linee tettoniche a trascorrenza destra e andamento essenzialmente E– W che attraversa longitudinalmente l'intero orogeno alpino e viene considerato come una sutura terminale nell'ambito della collisione fra placca africana e placca europea. Si possono distinguere vari segmenti di questo lineamento. Nel Trentino passa da direzione W-E (Linea del Tonale o Insubrica), sino a nord dell'Adamello. Qui la struttura si inflette bruscamente verso nord, assumendo direzione NNE-SSW sino all'altezza di Merano e viene denominata Linea delle Giudicarie Nord. Procedendo da Merano verso est la linea assume una direzione WNW-ESE, prendendo il nome di Linea della Pusteria e poi di Linea del Gailtal. Nei tratti a direzione E-W (Linea del Tonale, Linea della Pusteria, Linea della Gailtal) il Lineamento Periadriatico è caratterizzato da una trascorrenza destra.

L'evoluzione della situazione strutturale e tettonica dell'area trentina nella fase eoalpina è convincentemente riassunta da Mantovani et al., 2013¹, da cui, per la zona di interesse, si riprende qui una figura autoesplicativa.



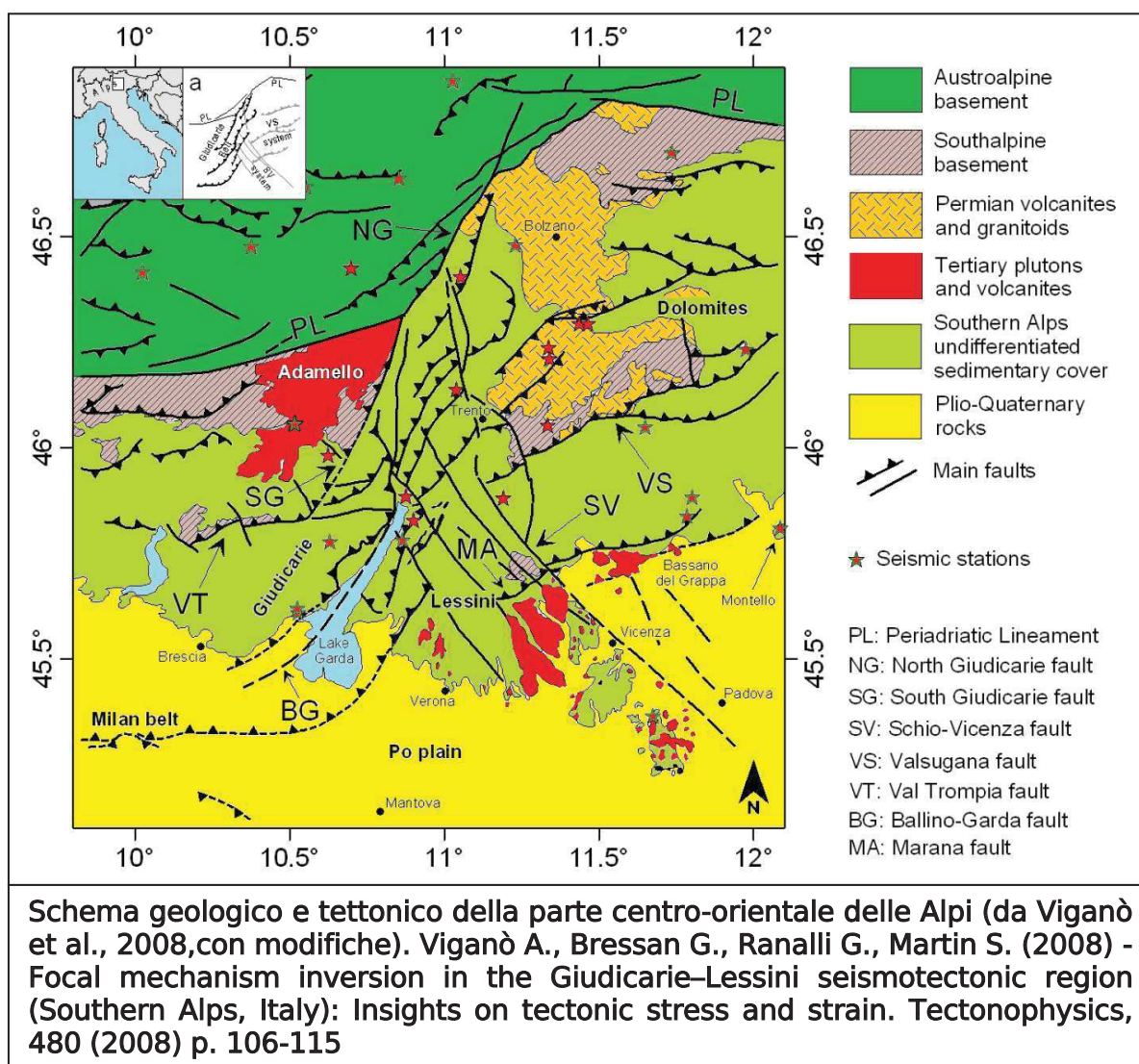
Mantovani et al. (2013) - Assetto tettonico e potenzialità sismogenetica dell'Appennino toско-emiliano-romagnolo e della Val Padana. Regione Emilia Romagna, Regione Toscana, Università di Siena.

¹ Mantovani E., Viti M., Babbucci D., Cenni N., Tamburelli C., Vannucchi A., Falciani F., Fianchisti G., Baglione M., D'Intinosante V., Fabbroni P., Martelli L., Baldi P., Bacchetti M. (2013) - Assetto tettonico e potenzialità sismogenetica dell'Appennino toско-emiliano-romagnolo e della Val Padana. Regione Emilia Romagna, Regione Toscana, Università di Siena.



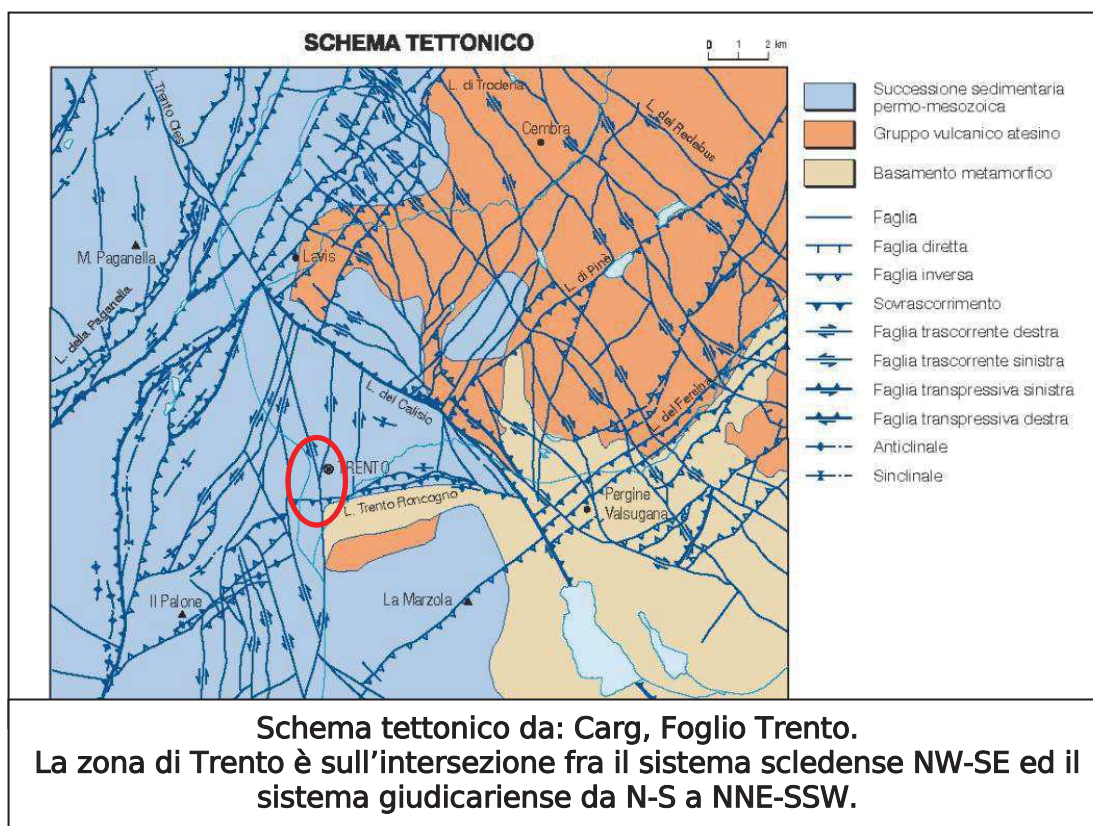
L'area di studio fa dunque parte delle Alpi Meridionali, che sono una catena a pieghe e sovrascorrimenti sud-vergente a basso o nullo grado di metamorfismo, separata dall'orogeno Alpino, nord-vergente e in prevalenza metamorfico, dal Lineamento Periadriatico, attivo dall'Oligocene. Di particolare importanza sono i sistemi tettonici giudicariense e scledense (Schio - Vicenza) che si incrociano nel settore tra il Lago di Garda e Trento- Mezzolombardo-Pinzolo.

Un altro importante fascio di faglie è quello della Valsugana, la cui terminazione occidentale si colloca fra Rovereto e Trento.

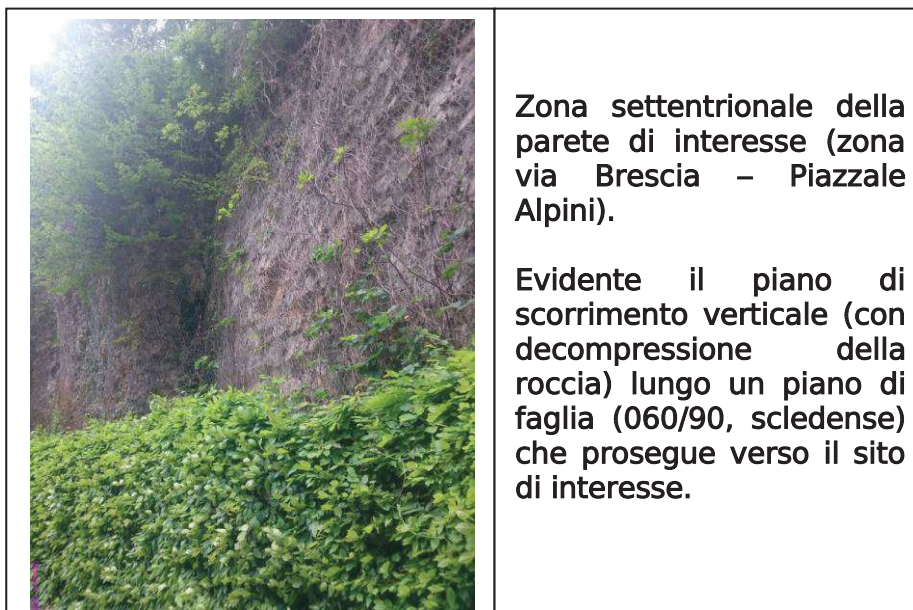




Dal punto di vista tettonico la zona di Trento è anche definita come “snodo” o “giunzione”: ciò in virtù della circostanza che essa è posta nella zona di incrocio presso la Linea Trento – Roncogno, fra il sistema scledense (linea Schio – Vicenza, orientata NNW – SSE) e le direttrici giudicariensi, orientate da N-S a NE-SW.



Più nel dettaglio, inoltre, si vede come la zona della parete ex – Italcementi è posta proprio nella zona di passaggio di un importante lineamento tettonico (faglia Trento – Cles) orientato NNW-SSE e che qui cambia direzione orientandosi N-S. Si tratta di un lineamento ereditato dalle fasi distensive sia permiane che mesozoiche e che, in fase alpina, ha funzionato come elemento di trasferimento delle pressioni - cerniera verticale trascorrente -, a luoghi destra e in altri sinistra, che è la sua principale caratteristica.



Zona settentrionale della parete di interesse (zona via Brescia – Piazzale Alpini).

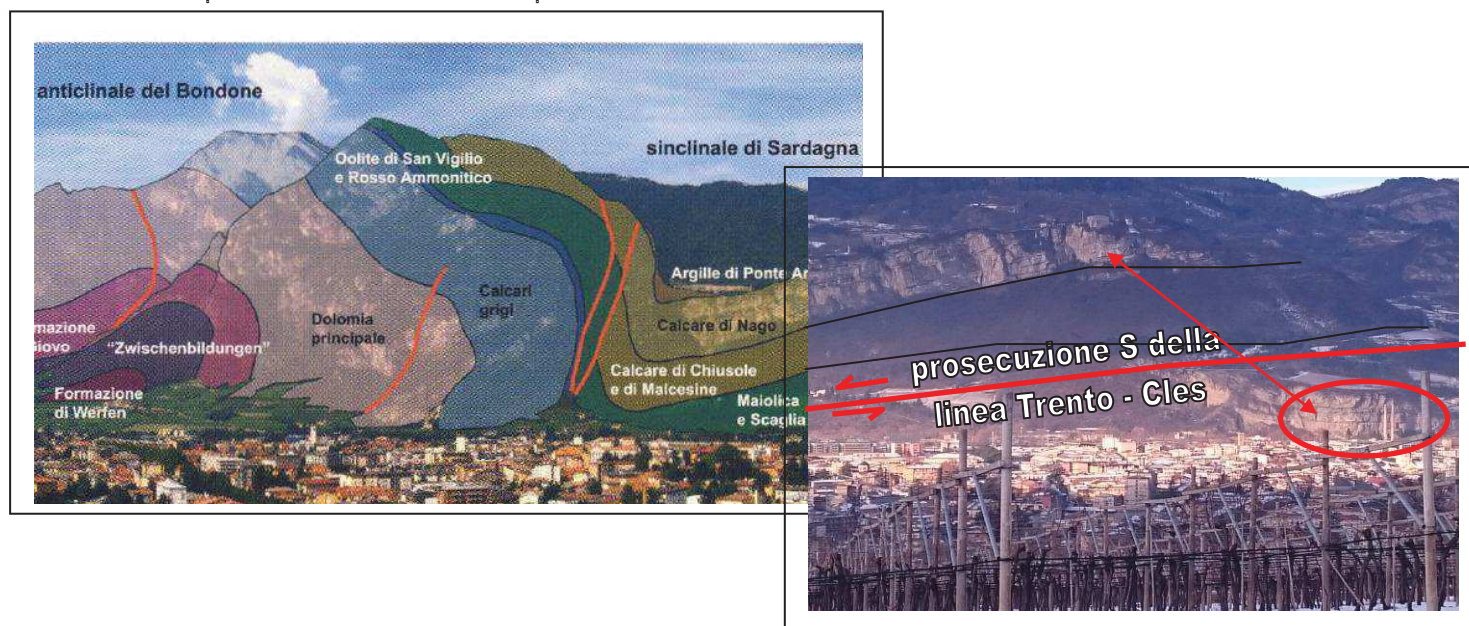
Evidente il piano di scorrimento verticale (con decompressione della roccia) lungo un piano di faglia (060/90, scledense) che prosegue verso il sito di interesse.



La faglia è dunque di tipo transpressivo, riferibile per orientazione al sistema di svincolo scledense.

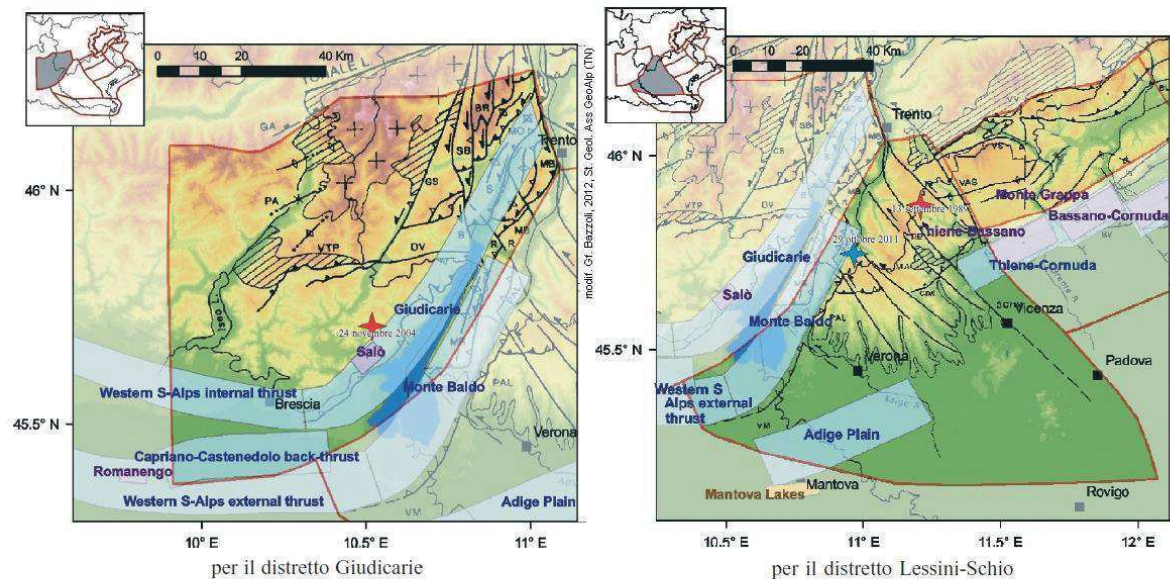
Lo schema a seguire (CARG) illustra come la retrostante parete di Sardagna, costituita dalle stesse rocce della parete ex – Italcementi, appartenga ad un motivo strutturale definito “sinclinale di Sardagna”: è una struttura ad asse diretto NE (posto subito a S del sito) e piano immergente a S: la parete rappresenta il fianco settentrionale adagiato della sinclinale.

La parete ex Italcementi è stata separata rispetto alla falesia di Sardagna dalla citata faglia verticale transpressiva sinistra che rappresenta la continuazione meridionale della Linea Trento – Cles; tale faglia causa qui un ribassamento relativo della serie eocenica con rotazione (immersione a N) sempre sul piano verticale, della porzione orientale del pacchetto eocenico.



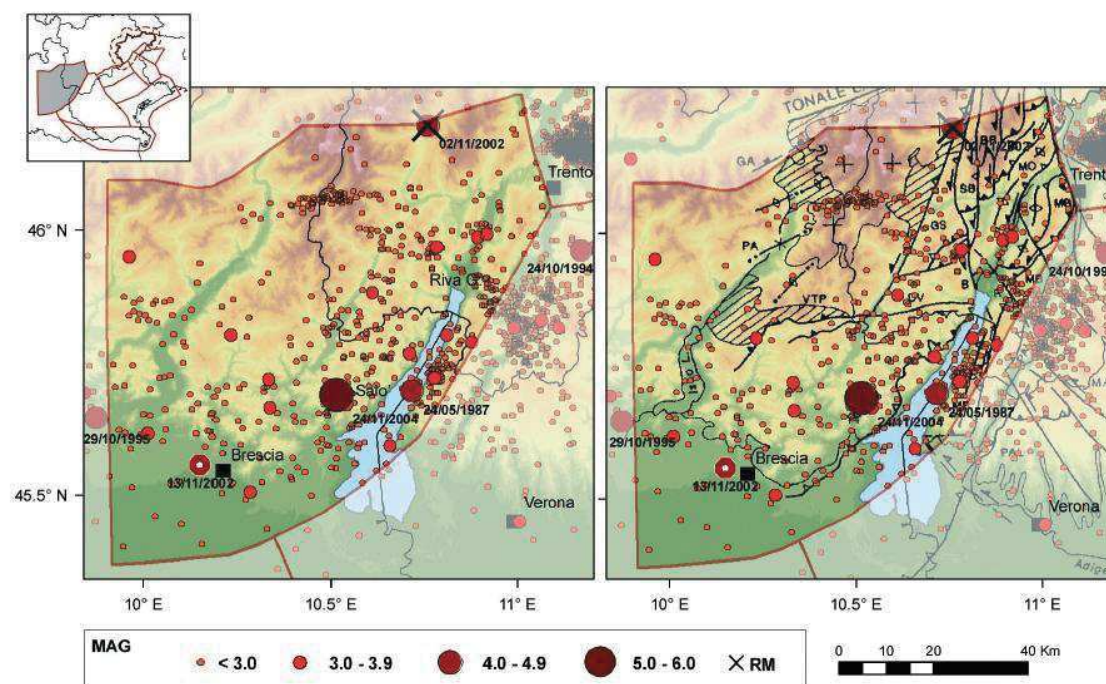
A sinistra è uno schema tratto dalle Note Illustrative del Foglio Trento (Serv. Geol. d'Italia - ISPRA). A destra una panoramica che mostra la continuazione della struttura tettonica verso la zona che comprende la parete Italcementi. Le rocce della parete di Sardagna e della parete Italcementi sono costituite dalle medesime formazioni geologiche.

Dal punto di vista sismico si ricorda che l'area di progetto rientra in una zona classificata dalle normative vigenti come a bassa sismicità (zona sismica 3). Si tratta in verità di una zona sismicamente attiva, con ipocentri in genere piuttosto superficiali: vedasi l'inquadratura dell'assetto sismogenetico riportato nelle figure a seguire.



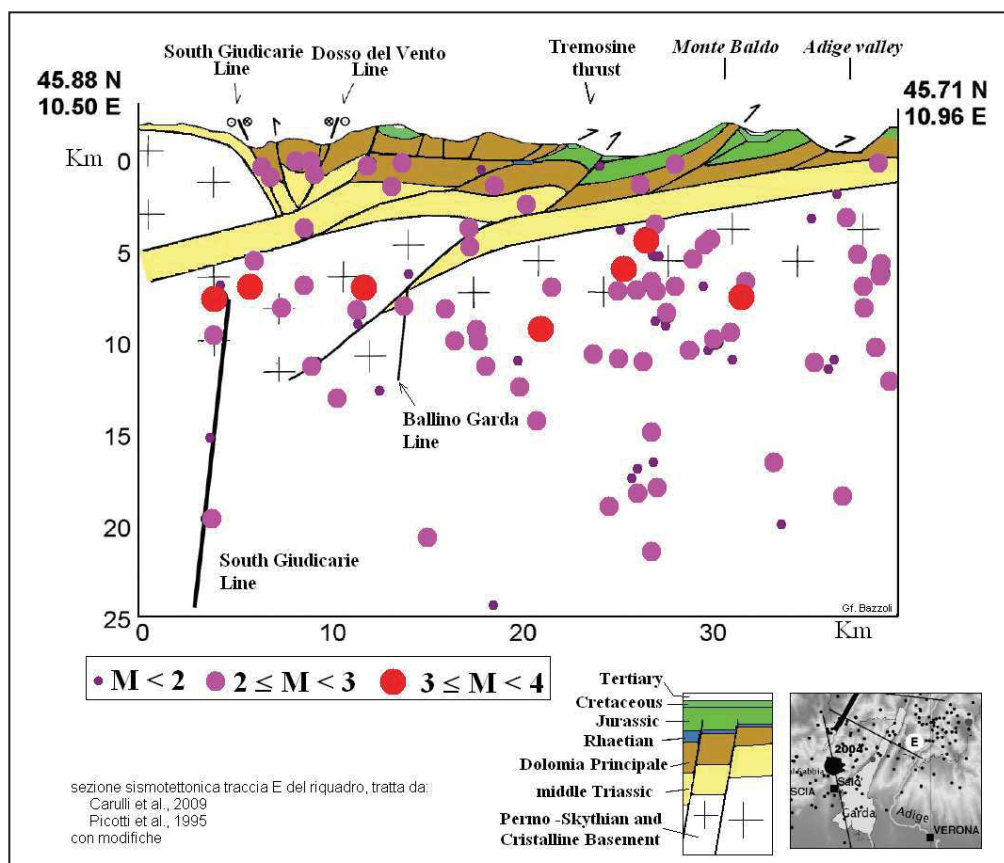
Sorgenti sismogeniche su DEM e modello strutturale da Castellarin *et al.* (1998b). DISS versione 3.1.1 (DISS Working Group, 2010). Con codice sorgente in azzurro le sorgenti composite (CS), in rosa le sorgenti individuali (IS) e in arancione le sorgenti ritenute controverse

Sorgenti sismogeniche con influenza nell'area di progetto. Sono in particolare da evidenziare la sorgente composita "Giudicarie" e la sorgente composita "Monte Baldo" (da Sugan & Peruzza, 2011, con modifiche).



Mappa della sismicità strumentale del distretto Giudicarie (G); fonte dati catalogo composito. Visualizzazione su DEM in scala cromatica (sn) e su DEM integrato con modello strutturale tratto da Castellarin *et al.* (1998b) (dx). L'evento del 2.11.2002 è stato manualmente rimosso (simbolo RM in legenda) dal catalogo composito, in quanto risultato un errore di localizzazione (evento in Adriatico) del database nazionale di provenienza (CSI 1.1); l'evento del 13.11.2002 è stato reinserito con la soluzione dal database OGS, in quanto privo di magnitudo in CSI 1.1.

Sismicità strumentale dal 1977 al 2010 presso l'area di progetto. (da Sugan & Peruzza, 2011, con modifiche).



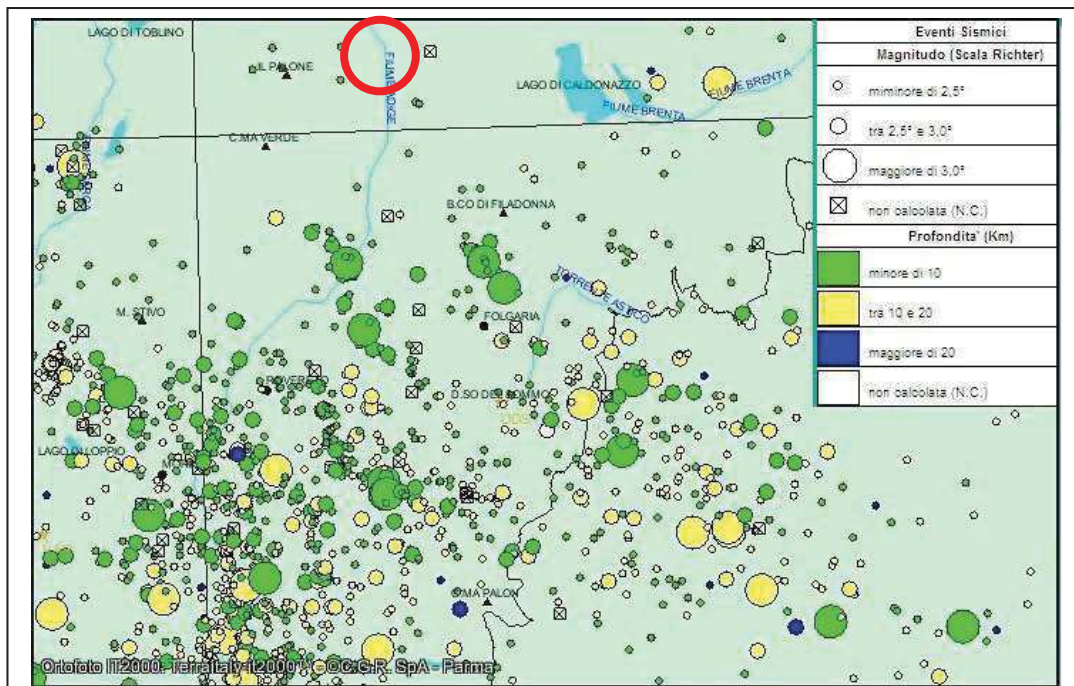
Sezione sismotettonica attraverso il fascio giudicariense, che evidenzia la sismicità più superficiale legata ai sovrascorrimenti tra il Garda (Tremosine) e il Monte Baldo.

A seguire si riportano gli epicentri sismici registrati dal Servizio Geologico PAT negli ultimi decenni. E' evidente nella zona a Sud Ovest di Trento (cerchiata), un allineamento di epicentri con direzione NE-SW, caratteristico del fascio tettonico scledense. In epoca strumentale il terremoto più forte si è verificato il 13 settembre 1989, nell'area di Pasubio (MD=4,7, profondità: 9-10 km).

Le strutture sismogene locali sono costituite primariamente, secondo Sukan & Peruzza² dal fascio tettonico Schio-Vicenza e poi dalle più distanti sorgenti composite "Giudicarie" (ITCS048) che si estende da Brescia a Trento, e "Monte Baldo" (ITCS073). Potenziale sismogenico viene attribuito anche a strutture ad andamento valsuganese, in corrispondenza della flessura pedemontana (ITCS007, "Thiene-Cornuda")³.

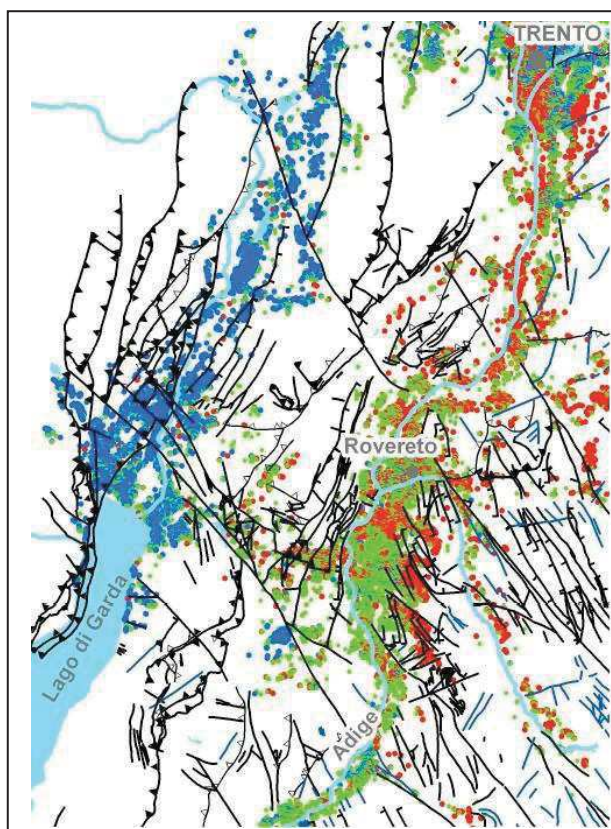
² Sukan M., Peruzza M. – "Distretti sismici del Veneto". *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata* Vol. 52, n. 4 supplement, pp. s3-s90; December 2011.

³ DISS Working Group; 2010: *Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.1.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Roma, Italy, <http://diss.rm.ingv.it/diss>.



Epicentri sismici registrati dal 1982 al 2012. Fonte: Servizio Geologico PAT.

Anche se disturbati dai segnali gravitativi, cioè ricollegabili a deformazioni derivanti da frane, deformazioni gravitative profonde di versante o schiacciamenti per costipazione ecc., i dati satellitari sul movimento del terreno, a grande scala, paiono mostrare una certa congruenza con le strutture sismotettoniche sopra ricordate.



Movimenti del terreno rilevati da satellite con la metodologia PS-Insar.

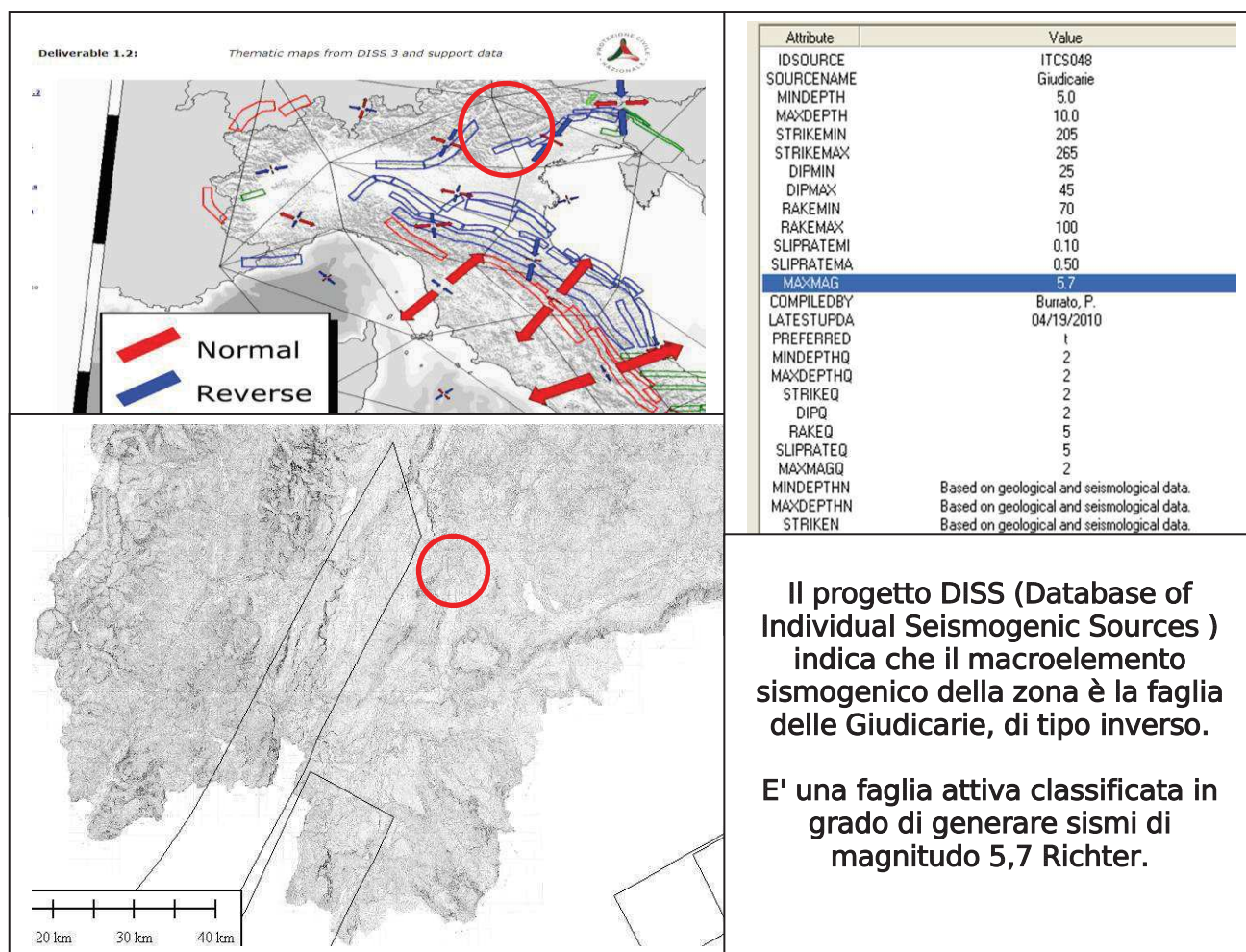
Blu: aree in sollevamento;
Rosso: aree in abbassamento;
Verde: aree stabili.



Quale compendio alle informazioni tettoniche citate, si riporta un inquadramento cartografico del progetto: "Analysis of the seismic potential in Italy for the evaluation of the seismic hazard" curato dal Dipartimento della Protezione Civile che recepisce i dati editati dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia tramite il progetto **DISS** "Database of Individual Seismogenic Sources".

Questo database contiene informazioni su elementi tettonici in grado di generare terremoti, definiti anche come **faglie attive**: in Trentino viene indicato un solo macroelemento, noto come "faglia delle Giudicarie": nel dettaglio la linea delle Giudicarie rappresenta una faglia inversa e trascorrente sinistra con rigetto dislocativo trascorrente stimato in circa 30 Km.

Secondo il database citato, tale elemento sismogeno può generare terremoti con intensità di scuotimento fino alla Magnitudo 5.7 Richter.



Infine si riporta la mappa della zona estratta dal database Progetto **ITHACA** (ITaly HAZard from CAPable faults), del Servizio Geologico d'Italia, ISPRA.

Questo database riguarda le strutture tettoniche attive in Italia, con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali: il progetto si occupa in modo particolare delle **faglie capaci**, definite come faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie.

Da tale database non risultano essere presenti delle faglie capaci (linee rosse nella figura a seguire) nella zona del sito: la faglia potenzialmente capace più vicina termina infatti sul bordo della Valle dell'Adige, a Nord del rilievo del Doss Trento.