Comune di Belluno

Provincia di Belluno

Variante al Piano Urbanistico Attuativo ai sensi dell'art. 3 comma 3° L.R. 14/2009 e S.M.I. *IN LOC. COL CAVALIER*

LO STATO DI PROGETTO DEL PUA APPROVATO E VIGENTE NELLA PRESENTE VARIANTE DIVENTA LO STATO DI FATTO

I 10 A+B VERIFICA DI COMPATIBILITA' IDRAULICA, GEOLOGICA,GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

Belluno, 15 giugno 2020

15 febbraio 2021

PROVINCIA DI BELLUNO

COMUNE DI BELLUNO

VARIANTE AL PIANO URBANISTICO ATTUATIVO AI SENSI DELL'ART.3 COMMA 3° L.R. 14/2009 IN LOC. COL CAVALIER AI SENSI DELL'ART. 3.3 L.R. 14/2009 E S.M.I. Foglio: 86 Mappali: 77, 78, 79, 80, 349, 352, 406p, 443, 444, 521,522, 524, 525, 52

ELABORATO N.

SCALA

CODICE DOCUMENTO

G1330_R01_02

FILE

G1330_R01_02.PDF

TITOLO

VERIFICA DI COMPATIBILITA' IDRAULICA GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA DELL'INTERVENTO

Redatto in ottemperanza alla DGRV 2948/2009 e agli artt. 8.6 bis e 7-39 punto 2.17 bis delle N.T.A. della Variante Città e Centri Frazionali e della Variante al Territorio Rurale in recepimento dello"Inquadramento Geologico, Geomorfologico ed idrogeologico", allegato alla Variante suddetta.

REV.	DATA	MOTIVO	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
2	FEBBRAIO 2021	AGGIORNAMENTO SOLUZIONE PROGETTUALE			
1	MAGGIO 2020	AGGIORNAMENTO SOLUZIONE PROGETTU'			
0	OTT. 2013	PRIMA EMISSIONE			

RIPRODUZIONE O CONSEGNA A TERZI SOLO DIETRO SPECIFICA AUTORIZZAZIONE

INDICE

PREMESSA **3**
1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO **4**
2 IL PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI) **6**
2.1 Il concetto di rischio 6
2.2 Perimetrazione delle aree di pericolosità geologica 7
3 STUDI PREGRESSI **10**
3.1 Studio geologico svolto nell'ambito della progettazione della galleria di Col Cavalier 10
3.2 Relazione geologica svolta nell'ambito della presente istanza 10
3.3 Studio geologico di supporto alla variante delle NTA del PRG 11
4 STUDIO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO (DM 11.03.1988 – DM 17.01.2018) **12**
4.1 Dati generali del progetto 12
4.2 Morfologia 13
4.3 Inquadramento geologico specifico 15
4.4 Stratigrafia 15
4.5 Geomorfologia 16
4.5.1 Fenomeni a piccola scala o superficiali 16
4.5.2 Fenomeni a media scala e media profondità 17
4.5.3 Fenomeni a grande scala o profondi 18
4.6 Pericolosità geologica 21
4.6.1 Pericolosità superficiale 21
4.6.2 Pericolosità medio profonda 21
4.6.3 Pericolosità profonda 21
4.7 Idrogeologia 22
4.8 Vincoli sismici 23
4.9 Attività di controllo monitoraggio 23
4.9.1 Monitoraggi legati alla galleria di Col Cavalier 23
4.9.2 Monitoraggi in corso d'opera 24
4.10 Verifica di stabilità di versante 25
4.10.1 Analisi superficiale 26
4.10.2 Analisi medio profonda 26
4.10.3 Analisi profonda 26
4.10.4 Conclusioni 28
4.11 Opere di sostegno delle terre 28
4.12 Rete di captazione e smaltimento delle acque 28
4.12.1 Descrizione della rete 28
4.12.2 Precipitazioni di progetto 30
4.12.3 Verifiche idrauliche 32
5 VERIFICA DI COMPATIBILITA' NORMATIVA **37**
5.1 Compatibilità con le norme sismiche 37
5.2 Compatibilità con il PAI 38
5.3 Compatibilità con le NTA di Variante 37-2013 al PRG 38
APPENDICE A – RELAZIONE GEOLOGICA PER IL PROGRAMMA INTEGRATO DI RIQUALIFICAZIONE URBANISTICA EDILIZIA E AMBIENTALE IN LOCALITA' COL CAVALIER – BELLUNO **41**
APPENDICE B – INQUADRAMENTO GEOLOGICO – GEOMORFOLOGICO ED IDROLOGICO E INDICAZIONI PER L'AGGIORNAMENTO DELLE NORME TECNICHE DI ATTUAZIONE DEL PRG RELATIVE ALLA ZONA DEL COL CAVALIER **43**

APPENDICE C – RAPPORTO DI PROVA MISURE INCLINOMETRICHE SVOLTE NEL PRESENTE LAVORO 45

PREMESSA

La presente verifica di compatibilità geologica, geomorfologica ed idrogeologica fa parte della *Variante al Piano Urbanistico Attuativo ai sensi dell'art. 3 comma 3° L.R. 14/2009 e S.M.I. in località Col Cavalier*, su area censita al fg. 86, mapp. 77, 78, 79, 80, 349, 352, 406p, 443, 444, 521,522, 524, 525, 52" nel Comune di Belluno.

Facendo riferimento alle indagini condotte nell'ambito della presente istanza e dall'Amministrazione Comunale a supporto della variante urbanistica adottata da Consiglio Comunale con deliberazione n.37 del 17/06/2013, con la presente relazione si aggiorna la 'Verifica di compatibilità geologica, geomorfologica ed idrologica dell'intervento", in ottemperanza agli artt. 8.6 bis e 7-39 punto 2.17bis delle N.T.A. della Variante Città e Centri Frazionali e della Variante al Territorio Rurale in recepimento dell' Inquadramento Geologico, Geomorfologico ed idrogeologico", allegato alla Variante suddetta.

La presente relazione fa parte della variante approvata in data 12.03.2014 con delibera di Giunta n.° 38, convenzionato in data 29.01.2016 rep. N.° 97, e viene redatta in revisione Maggio 2020 per aggiornare le previsioni progettuali alla presente soluzione redatta in seguito al diniego del progetto delle opere di urbanizzazione da parte della Soprintendenza in data 05.05.2017, per recepir e le indicazioni progettuali della stessa in un concept presentato il 29.01.2019 le cui le linee guida sono state condivise dall'Architettc del Ministero dei Beni Culturali.

1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area oggetto di intervento ricade totalmente nella tavola 63071 della Cartografia Tecnica Regionale (C.T.R. 1 : 5 000), essa si trova lungo Via Edmondo de Amicis in riva sinistra del fiume Piave in corrispondenza di località Col Cavalier nel comune di Belluno.

Tale area, di cui si riporta il perimetro su base ortofoto nella seguente Figura 1 è situata in un terreno con giacitura inclinata in direzione Nord Est – Sud Ovest dell'8% circa, come indicato nella sezione riportata nella seguente figura 1.

La zona di lottizzazione è collocata immediatamente a Sud del Col Cavalier.

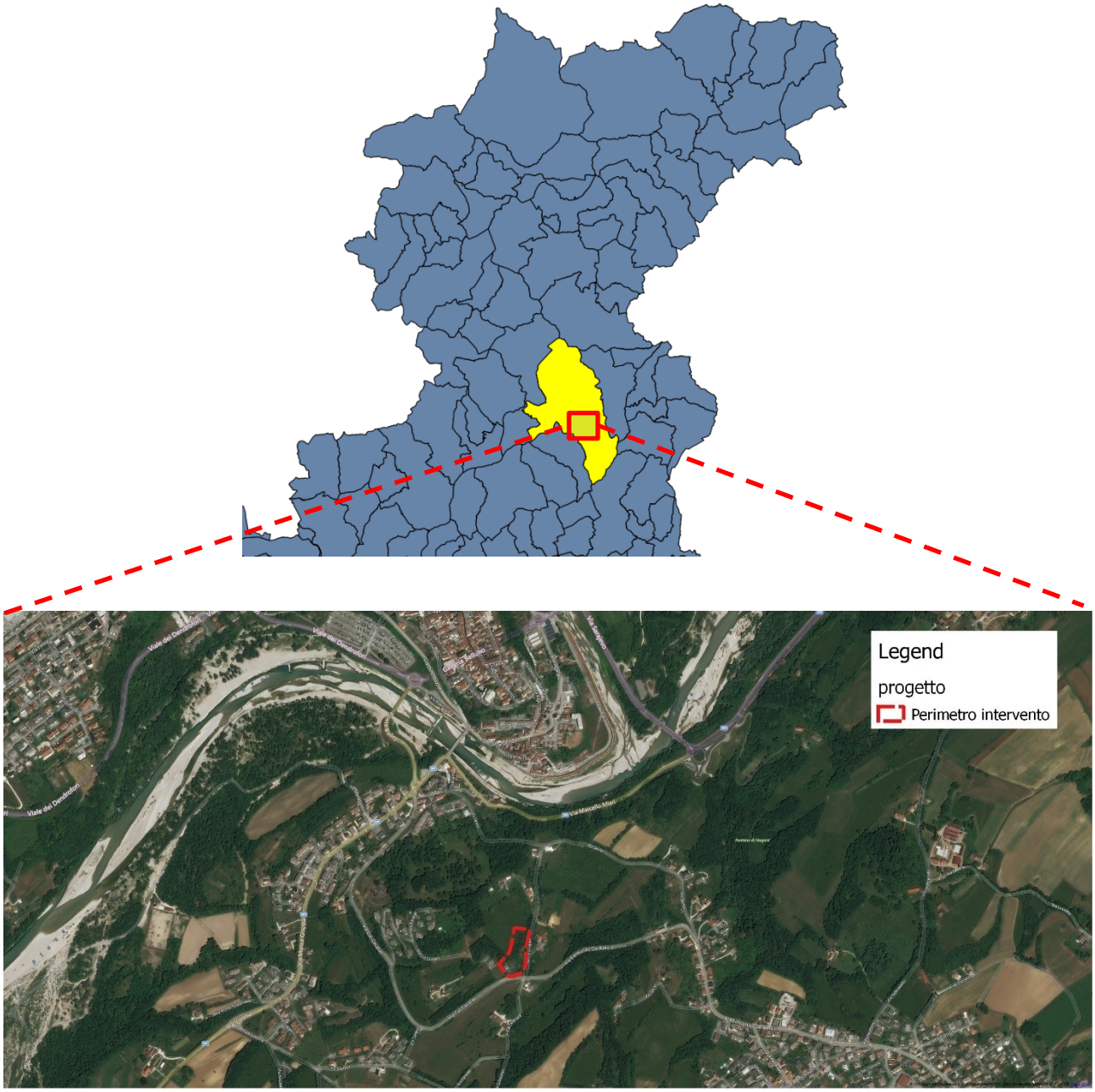


Figura 1 – Area oggetto di intervento

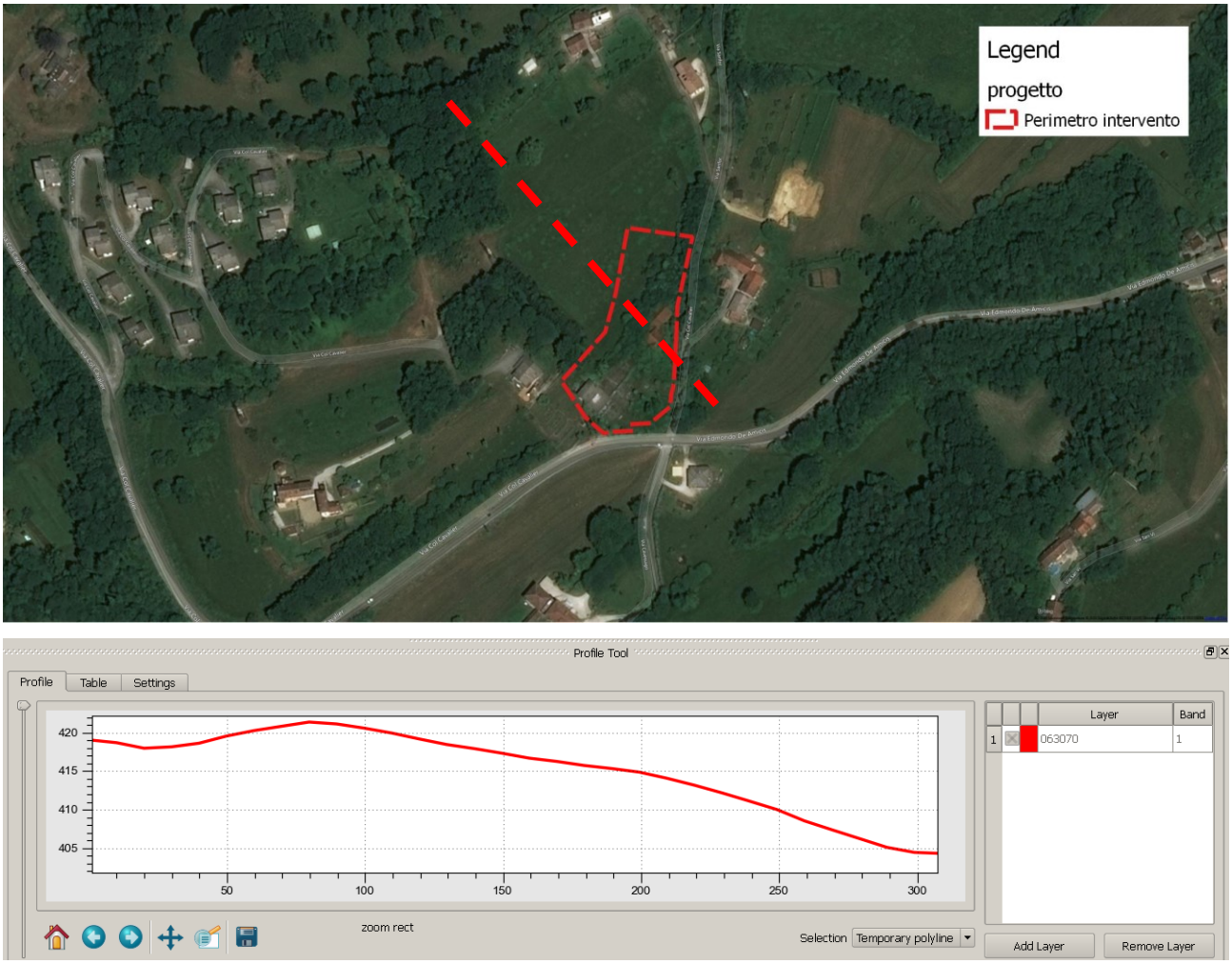


Figura 2 – Sezione dell'area di intervento nella situazione ANTE OPERAM

2 IL PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)

2.1 Il concetto di rischio

Con il termine di rischio, ed in riferimento a fenomeni di carattere naturale, si intende il prodotto di tre fattori:

- la pericolosità o probabilità di accadimento dell'evento calamitoso (P); la pericolosità di un elemento va pertanto riferita al periodo di ritorno T, che esprime l'intervallo di tempo nel quale l'intensità dell'evento calamitoso viene superata mediamente una sola volta;
- il valore degli elementi a rischio intesi come persone, beni localizzati, patrimonio ambientale (E);
- la vulnerabilità degli elementi a rischio (V), cioè l'attitudine a subire danni per effetto dell'evento calamitoso.

Generalmente il rischio può esprimersi mediante un coefficiente compreso tra 0 (assenza di danno o di pericolo) e 1 (massimo pericolo e massima perdita). Si definisce il danno il prodotto del valore del bene per la sua vulnerabilità:

$$D = E \times V$$

In definitiva "la formula che descrive il rischio" assume il seguente aspetto:

$$R = P \times E \times V = P \times D.$$

Pertanto, si può dire che il rischio sia la combinazione di un certo livello di danno potenziale con certo livello di pericolosità.

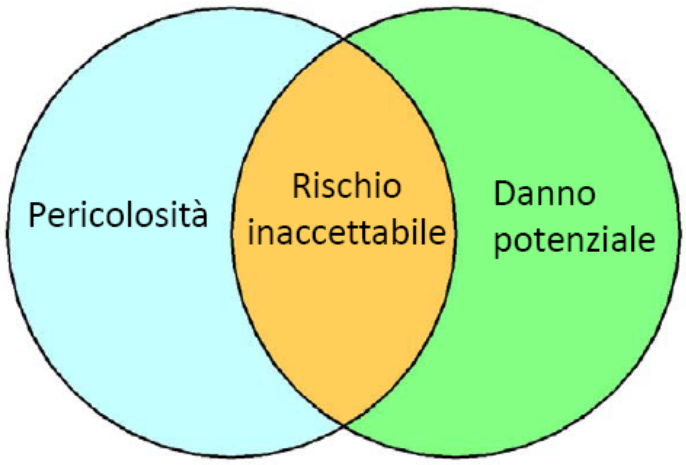


Figura 3 – Il concetto di rischio

La mitigazione del rischio si attua operando su questi due termini (mitigando la pericolosità e/o il danno potenziale).

2.2 *Perimetrazione delle aree di pericolosità geologica*

Al fine di caratterizzare l'effettiva attitudine delle aree oggetto di studio ad essere soggetta ai fenomeni movimento franoso, è necessario fare riferimento ai documenti ufficiali di pianificazione a scala di bacino redatti da parte dell'autorità idraulica competente.

Nel caso in esame il documento di riferimento è il "Progetto di Piano stralcio per l'assetto idrogeologico dei bacini dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave e Brenta-Bacchiglione" (PAI) realizzato dall'Autorità di Bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione (2004) aggiornato nel giugno 2007 e adottato in via definitiva nel Novembre 2012 con delibera n.3 del Comitato istituzionale.

La fase propositiva del (PAI) descrive le modalità con le quali il piano, sulla base degli "Atti di indirizzo e di coordinamento" di cui al D.P.C.M. 29.9.1998, ha inteso affrontare le problematiche di cui alla L. 267/1998 e della L. 365/2000.

In tal senso il PAI definisce, quali fondamentali punti di partenza, la caratterizzazione del territorio in termini di pericolosità (effetti sulla pianificazione del territorio), nonché la schematizzazione da attribuire al territorio in funzione dell'uso (programmazione per la rimozione delle cause e la mitigazione degli effetti).

Pertanto, già in fase di classificazione del territorio, in termini di pericolosità, si può stabilire una priorità di interventi che, in sede di classificazione del territorio in termini di rischio, potrà essere ulteriormente affinata.

La cartografia allegata al PAI (http://pai.adbve.it/index_PAI4B.html), riporta la perimetrazione delle aree aventi pericolosità idraulica e geologica differenziandole per livello di pericolosità, e le "zone di attenzione" per le quali vi sono informazioni di possibili situazioni di dissesto a cui non è ancora stata associata alcuna classe di pericolosità e che sono individuate in cartografia con apposito tematismo e le relative norme tecniche sulle aree perimetrale che devono essere recepite dagli strumenti urbanistici di scala inferiore. Relativamente alle citate zone di attenzione, l'associazione delle classi di pericolosità, avviene secondo le procedure indicate all'art.6 delle Norme Tecniche di Attuazione di PAI.

Nel caso in esame, l' area oggetto della presente variante ricade nella Tavola 3 del Comune di Belluno, come indicato nel quadro di unione in Figura 4.

In particolare, come indicato in Figura 5 e in Figura 6, che riportano le aree perimetrate da PAI, l'area oggetto della presente variante urbanistica ricade parzialmente in un'area perimetrata come "Zona P1" e definita come "Paleofrana e/o frana antica" (cod.0250348601) da inventario IFFI accessibile da web gis al seguente indirizzo:
http://www.progettoiffi.isprambiente.it/cartanetiffi/carto3.asp?cat=47&lang=IT).

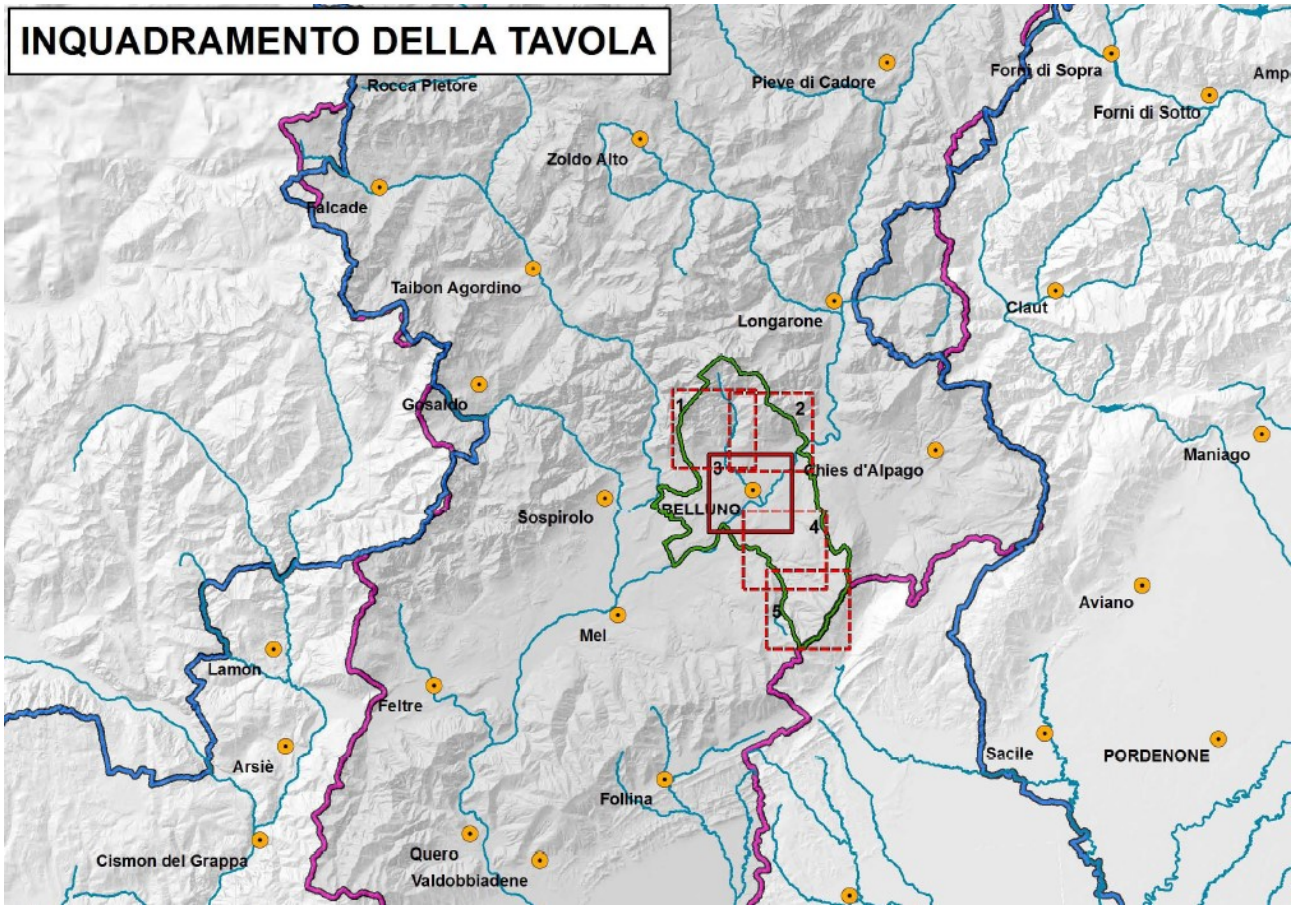


Figura 4 — Quadro di unione della carta del PAI geologico del fiume Piave nel comune di Belluno con evidenziata la tavola 3

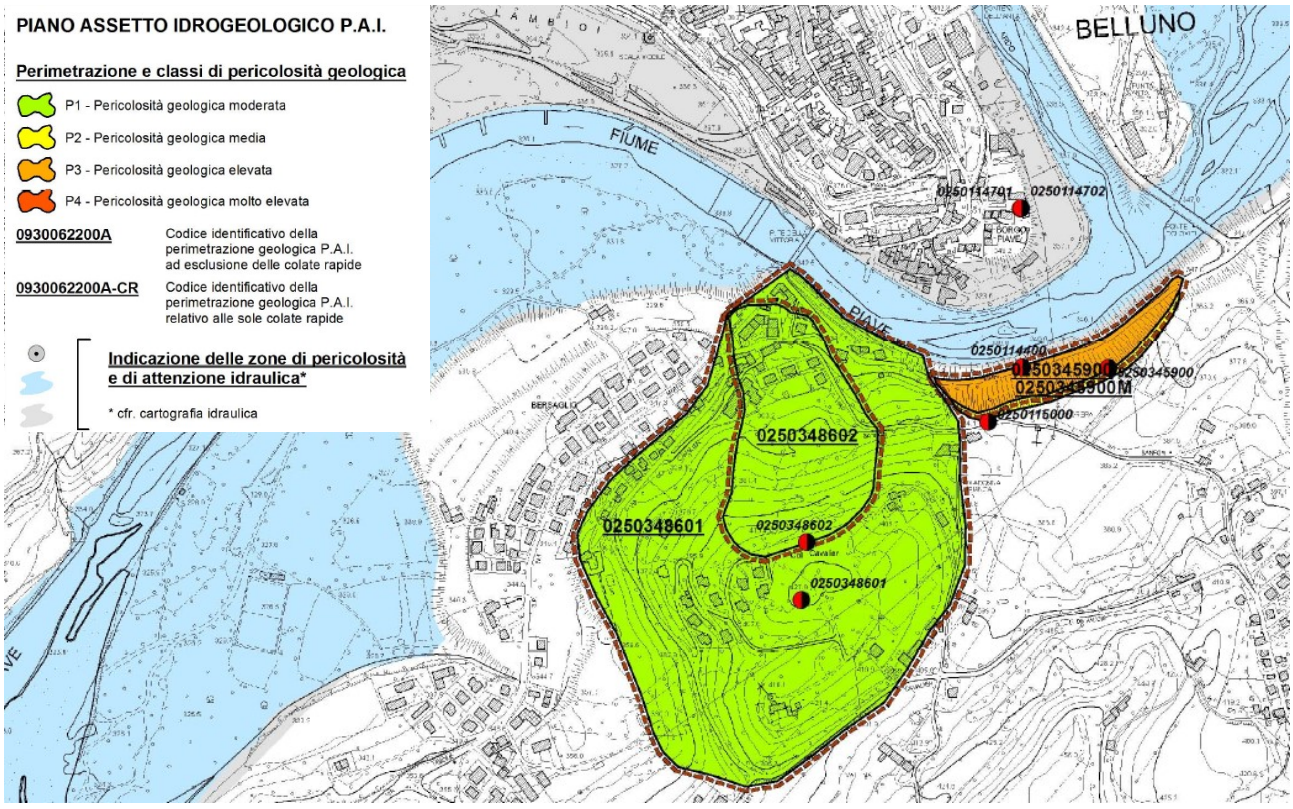


Figura 5 – Stralcio della tavola 3 di PAI geologico che riporta l'area oggetto della presente variante

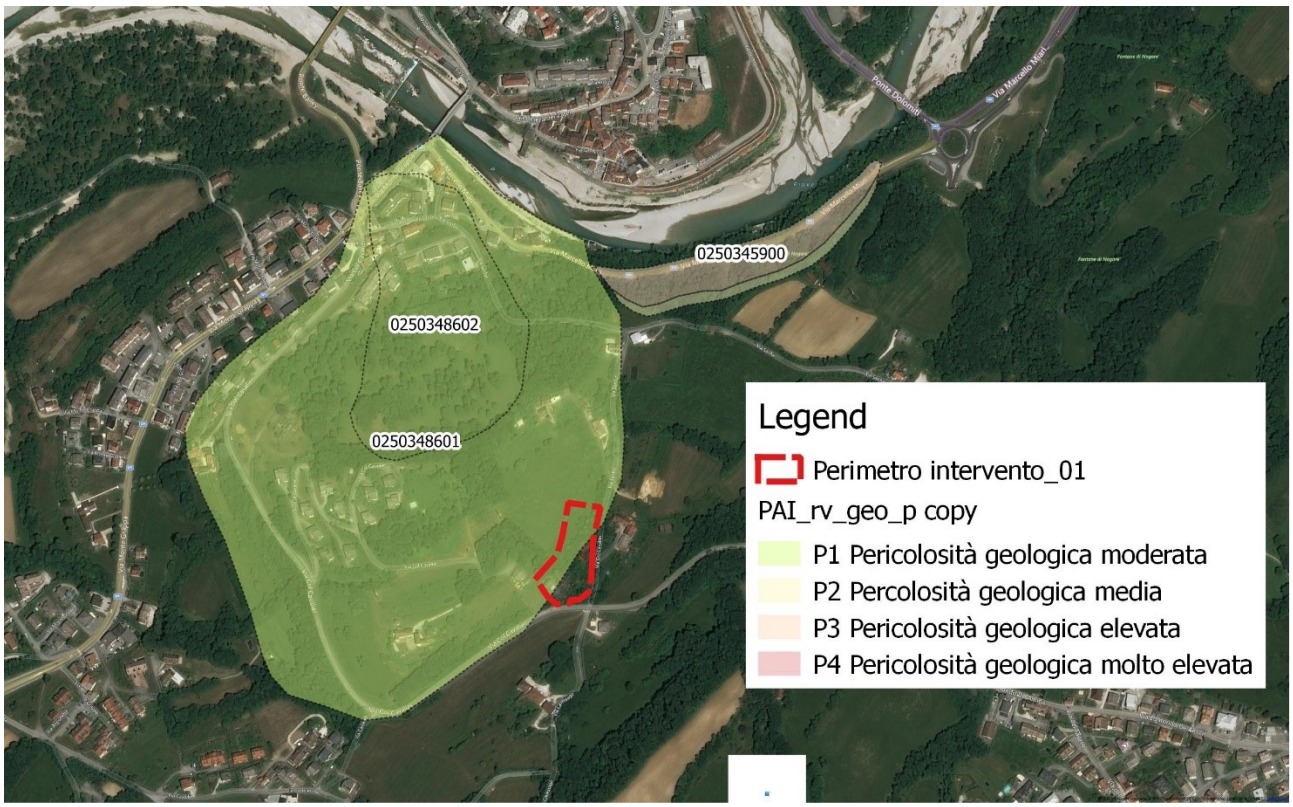


Figura 6 – Sovrapposizione tra l'area oggetto di lottizzazione e la tavola 3 di PAI geologico

3 STUDI PREGRESSI

3.1 Studio geologico svolto nell'ambito della progettazione della galleria di Col Cavalier

Nell'ambito delle attività connesse alla realizzazione della galleria di Col Cavalier, di cui si riporta il tracciato di progetto nella seguente, sono state condotte una serie di complesse indagini geognostiche. Come si vede dall'immagine sotto riportata, la galleria lambisce la zona Sud dell'area di lottizzazione.

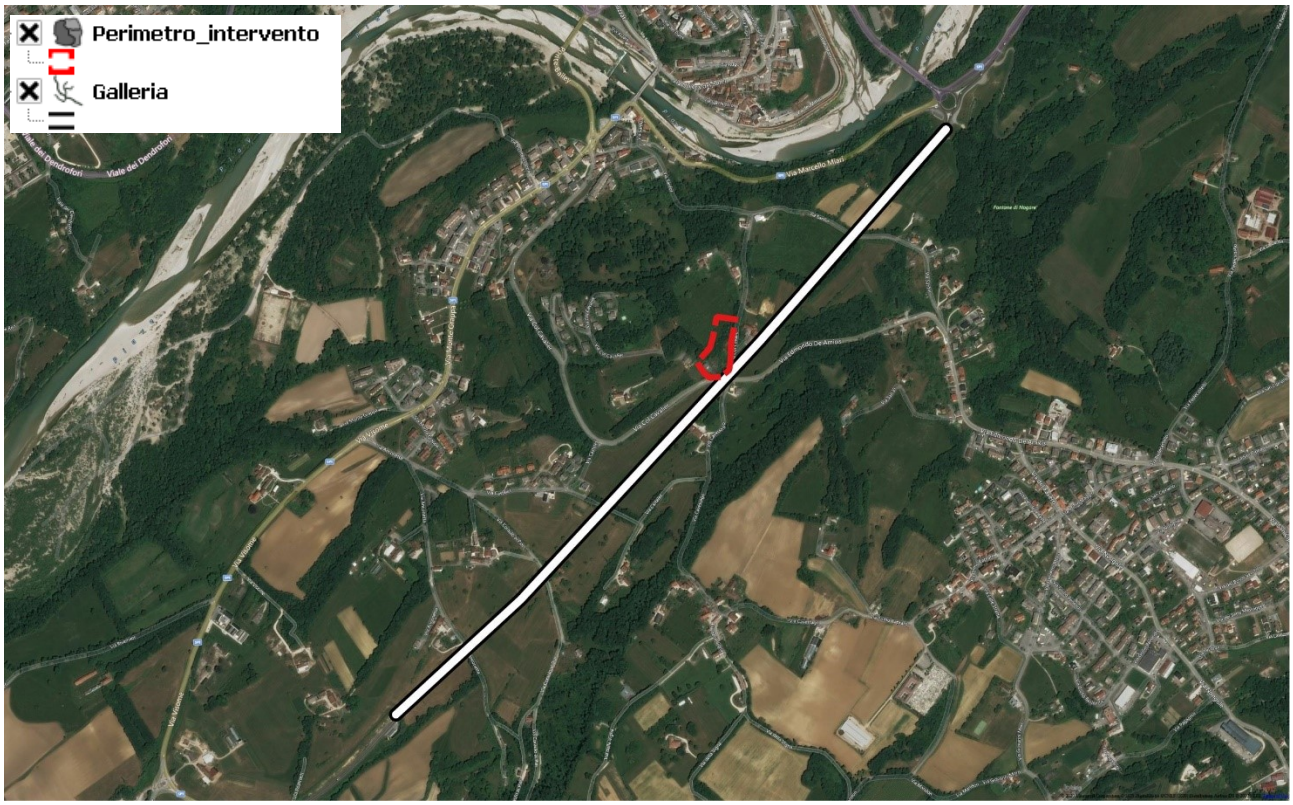


Figura 7 – traccaito di progetto definitivo della galleria di Col Cavalier

Tra le varie indagini condotte, sono state svolte delle misure inclinometriche che hanno permesso di verificare la stabilità dei versanti posti al di sopra della galleria stessa. Nell'ambito del progetto esecutivo e della realizzazione dell'infrastruttura è in corso di esecuzione un piano di monitoraggio finalizzato a controllare la risposta dell'ammasso roccioso soprastante il cavo durante le operazioni di scavo. Tali informazioni sono state reperite e utilizzate nell'ambito della stesura del presente studio, come descritto nel seguente capitolo 4.9.2.

3.2 Relazione geologica svolta nell'ambito della presente istanza

La zona di lottizzazione è stata oggetto di studio prima dell'entrata in vigore del PAI da parte del Dr Geol. che ha redatto la relazione geologica allegata all'istanza presentata dai proponenti, integrata in data 20/07/2013 prot. 19623.

Come indicato nella relazione, di cui si allega copia in Appendice A alla presente, nell'ambito delle attività realizzate, sono state realizzate quattro trincee esplorative variamente distribuite su tutta l'area di intervento al fine di identificare la struttura stratigrafica del terreno, che è stato caratterizzato nelle modalità indicate nelle Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14 gennaio 2008 (NTC 2008).

Dalle indagini condotte è stato desunto che il terreno oggetto di variante è caratterizzato da una stratigrafia disposta a reggi poggio, che non ha subito deformazioni e rilassamenti in seguito alla frana del 1882. Pertanto esso viene classificato come stabile.

3.3 Studio geologico di supporto alla variante delle NTA del PRG

Nell'ambito della redazione delle Norme tecniche di attuazione del PRG, alla luce di quanto previsto dal PAI nella zona di Col Cavalier (si veda il precedente paragrafo2), l'Amministrazione Comunale ha svolto uno studio di inquadramento Geomorfologico ed idrogeologico e indicazioni per l'aggiornamento delle NTA del PRG a firma del Dr. Geol. Antonio Toscano, adottato con deliberazione n.37 del 17/06/2013.

Lo studio si riferisce all'intera area del Col Cavalier, ovvero tutta l'area classificata come P1 dal PAI, come indicato nella precedente Figura 5. I risultati delle analisi svolte nell'ambito dello studio, riportato in Appendice B alla presente relazione, hanno condotto alla caratterizzazione di due zone distinte:

1. Area della frana del 1882, per la quale si consiglia di far persistere il vincolo di massima penalità ai fini edificatori;
2. Area del Col Cavalier classificata come D.G.P.V., per la quale si indica la necessità di svolgere specifici studi di carattere geotecnico-sismico e controlli/monitoraggi di tipo inclinometrico e tecniche interferometriche da svolgere in un arco di tempo sufficientemente lungo e adeguato al tipo di movimento franoso classificato.

La zona di lottizzazione ricade nell'area descritta al punto 2.

Vengono poi dati degli indirizzi per la redazione delle NTA di Variante di PGR che sono stati recepiti nella stessa con deliberazione del Consiglio Comunale n.37 del 17/06/2013.

4 STUDIO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO (DM 11.03.1988 – DM 17.01.2018)

Il presente studio geologico e geomorfologico è stato svolto nell'intorno morfologico delimitato dall'area perimetrata come P1 dal PAI e classificato come "paleofrana e/o frana antica" (cod.0250348601), come descritto nel precedente capitolo 2. Gli scriventi giudicano tale perimetro adeguato alle finalità dello studio.

4.1 Dati generali del progetto

Come indicato negli elaborati di variante l'area oggetto di intervento occupa 2.60 ha. L'intervento consiste nella completa demolizione e ripristino a prato delle aree attualmente antropizzate, indicate nell'Elaborato I1. All'interno del perimetro si prevede la realizzazione di 6 lotti edificabili con un edificio adibito a civile abitazione per ciascun lotto, dotati di relative opere di urbanizzazione e viabilità.

Nella seguente Figura 8 si riporta l'ubicazione puramente indicativa delle opere previste dalla presente variante, classificate sulla base della destinazione d'uso delle aree.

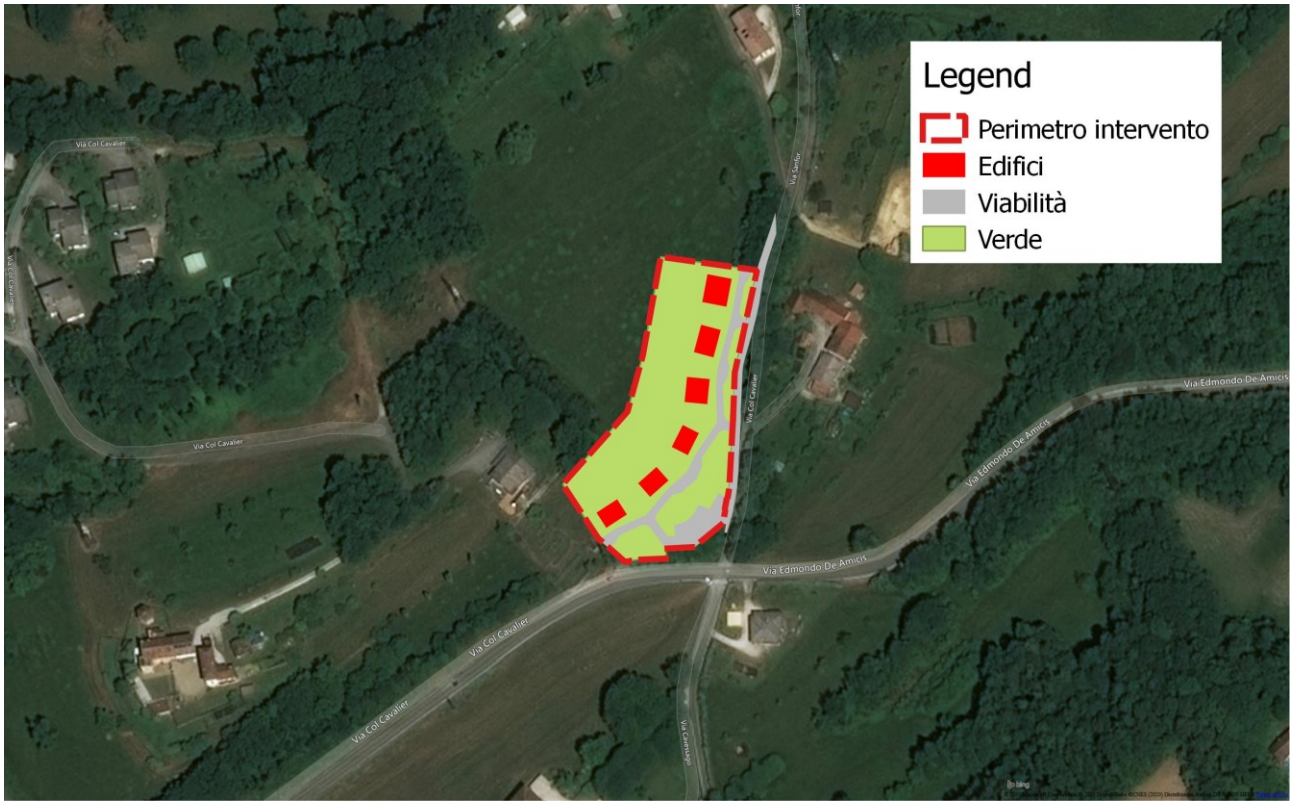


Figura 8 – Planimetria dell'intervento – destinazione d'uso delle aree. La tipologia "edifici" rappresenta il limite teorico di terreno da edificare, la superficie effettivamente edificabile ammonta al 22% di quella indicata

Si prevede di demolire i sette edifici indicati nell'elaborato I01 di P.I.R.U.E.A., che occupano una superficie totale di 961 m², ed il ripristino a prato di 1 704 m² di piazzale asfaltato.

Complessivamente la superficie lottizzata ammonta a 6 890 m² circa di cui 651 m² sono destinati a superficie coperta, 889 m² destinati a viabilità, 90 m² a parcheggio e i rimanenti 5 270 m² a verde.

4.2 Morfologia

Come indicato in Figura 9, che riporta le curve di livello estratte dal dtm in scala 1:5000, reperibile nella banca dati cartografica della Regione del Veneto (http://idt.regione.veneto.it/app/metacatalog/index?deflevel=165), l'area è delimitata a Nord dalla cresta morfologica del colle, a Sud dalla strada comunale che conduce alla frazione di Castion, denominata Via De Amicis.

Attualmente i deflussi provenienti dall'area di intervento recapitano verso la citata viabilità a Sud dell'area, come si evince dalla Figura 10, che riporta le "bluelines" della zona ricavato mediante elaborazioni gis svolte a partire dal dtm in uso.

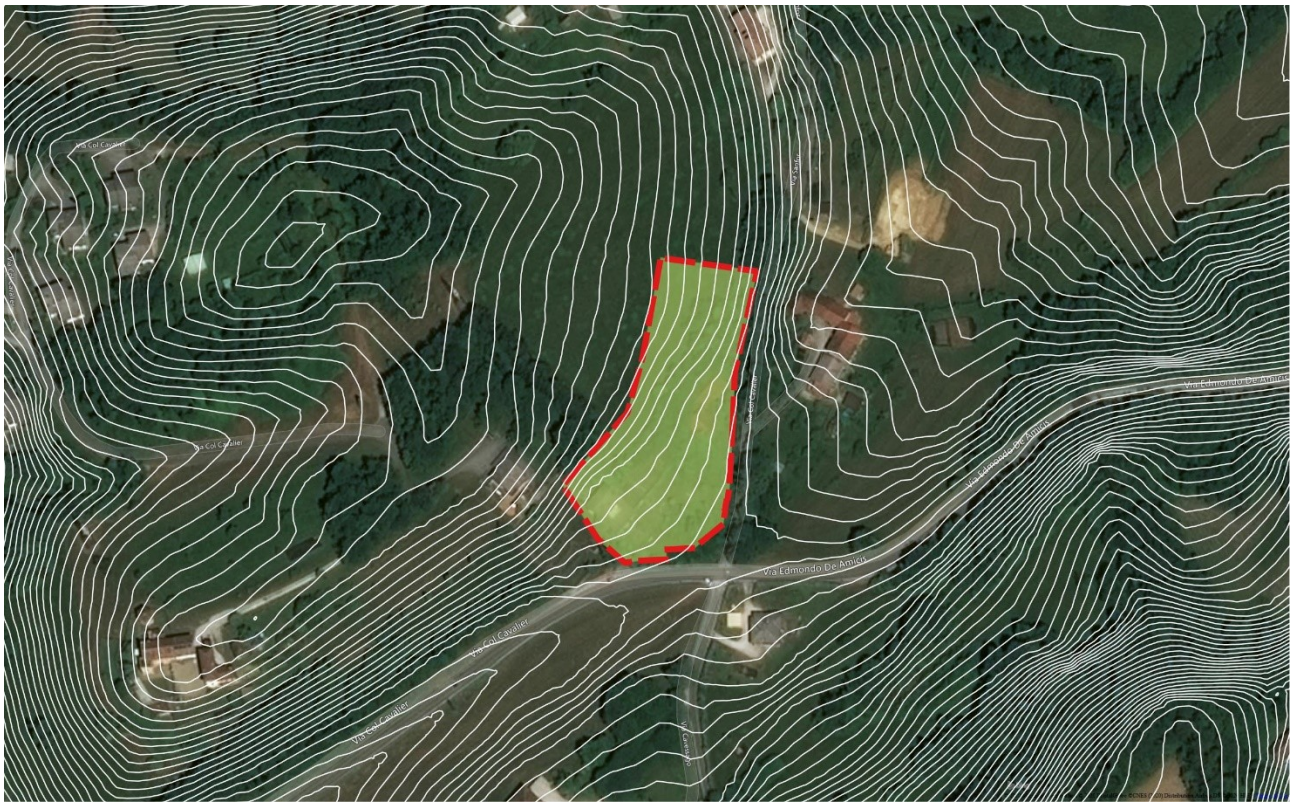


Figura 9 – Curve di livello. L'area di intervento si trova a Sud di Col Cavalier

Disponendo delle citate bluelines, è possibile guidare la direzione del deflusso delle acque di ruscellamento superficiale e di conseguenza anche quello di eventuali colate detritiche, qualora vi sia possibilità di innesco, verso la topologia del reticolo idrografico standard.

In tal caso il programma costruisce una grid temporanea in cui ciascun pixel viene classificato se è attraversato da un tronco di rete.

Al momento del calcolo i pixel del kernel classificati vengono abbassati di una determinata.

In tal modo aumenta la probabilità che la pendenza massima vada proprio nella direzione di un pixel corrispondente al reticolo standard.

Una volta ottenute le bluelines è possibile identificare il bacino idrografico di appartenenza delle aree in esame, determinando in tal modo la direzione dei deflussi meteorici o di colata da esse provenienti in caso di precipitazioni.

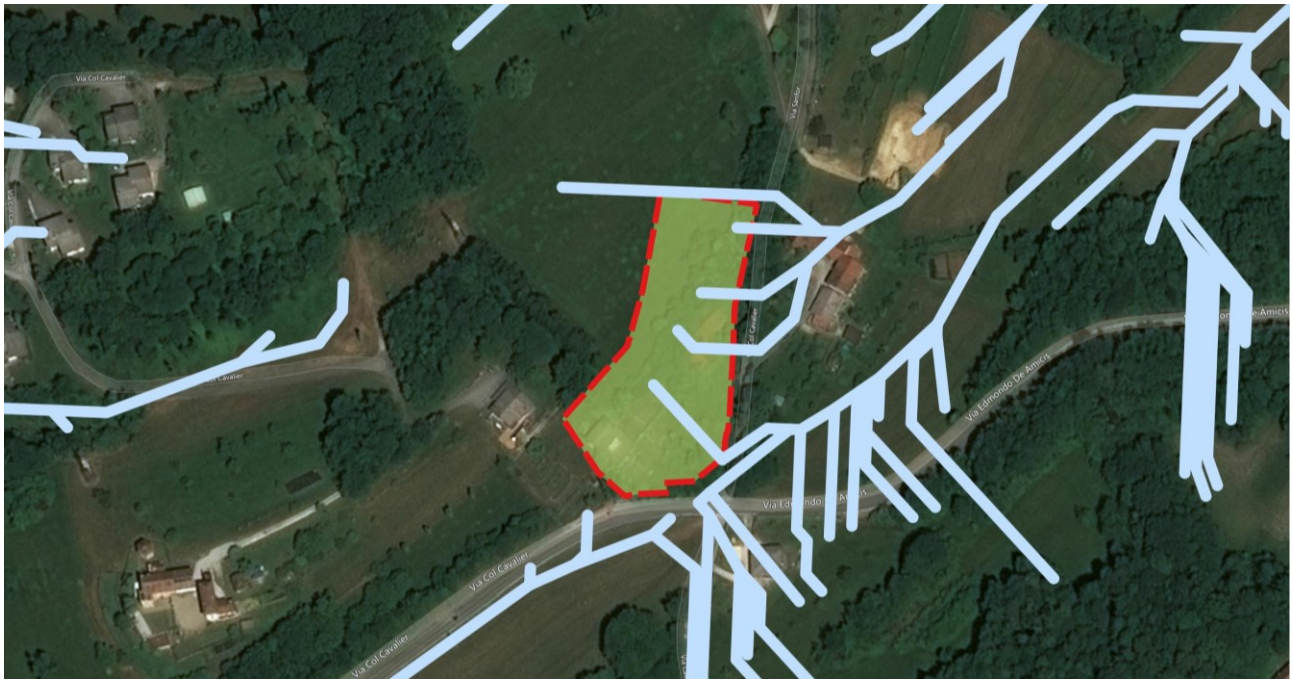


Figura 10 – Blue lines. L'area di intervento scarica i propri deflussi in direzione Est, verso Via Edmondo De Amicis

Tale attività ha condotto all'individuazione dei bacini idrografici di appartenenza dell'area oggetto di lottizzazione. Dall'analisi condotta si evince che la maggior parte dell'area di intervento ricade nell'area denominata "Bacino Sud". Tale area è esterna al bacino idrografico scolante nella zona di frana del 1882 (bacino Nord) che, come evidenziato nello studio Toscano, la frana è stata "*innescata dall'erosione del piede del versante ad opera del fiume Piave in piena, che all'epoca non presentava opere di difesa spondale*".

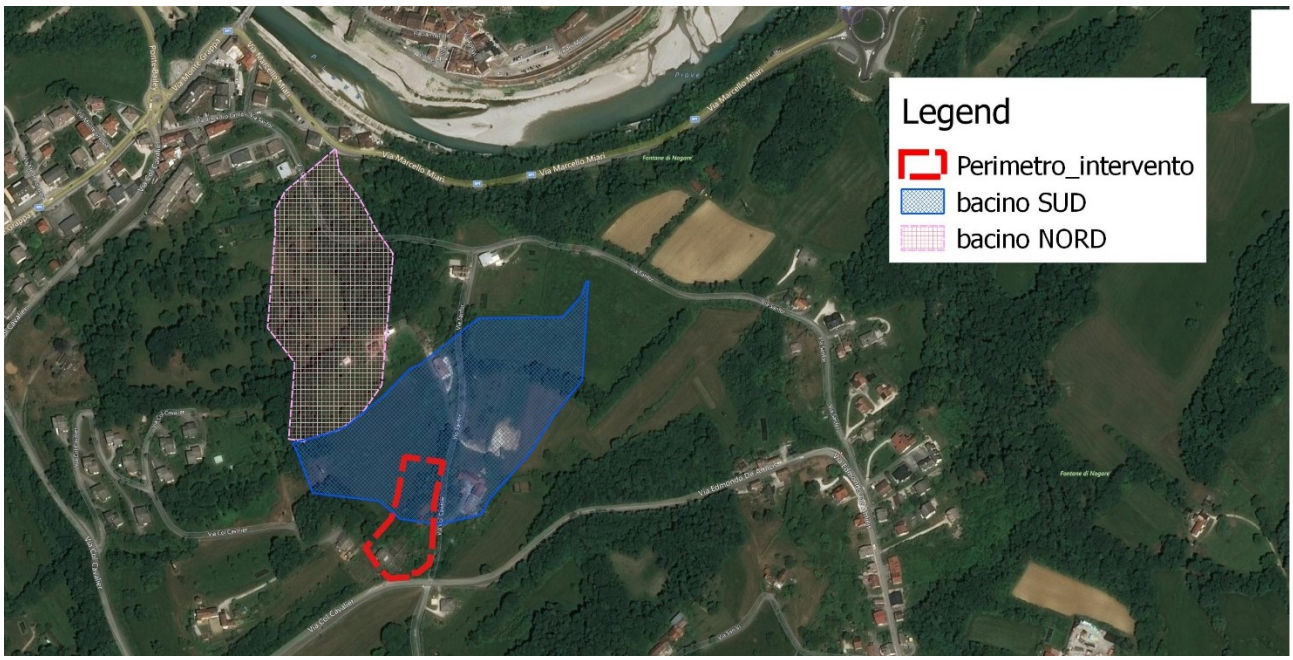


Figura 11 – Bacini idrografici di appartenenza dell'area di intervento e traccia della sezione longitudinale

4.3 Inquadramento geologico specifico

Come descritto più volte e richiamato in varie relazioni relative al suddetto lavoro, i luoghi sono caratterizzati da un substrato roccioso appartenente alla formazione del Flysch di Belluno caratterizzato da alternanze di Marne e Arenarie di spessore da decimetrico a plurimetrico.
L'alternanza contiene precisamente dei livelli prettamente marnosi (rocce tenere), livelli arenaci grossolani (rocce estremamente compatte e resistenti) e tutti i membri intermedi di marne calcaree e arenarie marnose aventi comportamento meccanico intermedio alle due litologie estreme.
La stratificazione locale è monotona con strati che inclinano mediamente 14° verso Nord ovest.
Al di sopra del substrato roccioso è presente una coltre detritica composta da materiali generalmente fini descrivibili in termini generali come limi e sabbie debolmente argillose con ciottoli o clasti grossolani non a contatto fra loro. Pertanto il comportamento meccanico di questi depositi è generalmente ascrivibile a quello della matrice fine che li compongono. Lo spessore delle coperture varia, nella zona di indagine tra 0 e 3 m con spessori medi prossimi al metro (relazioni varie, elaborati per la galleria di Col Cavalier e osservazioni in loco).

4.4 Stratigrafia

Per la stratigrafia dell'area oggetto di intervento si fa riferimento alle indagini condotte nell'ambito della Relazione geologica svolta nell'ambito della presente istanza riportata in Appendice A alla presente relazione con la relativa documentazione fotografica.
Sono state svolte quattro trincee della profondità media di 2 m dal piano campagna.
Tali indagini hanno evidenziato la presenza di alternanze marnose arenacee con spessori molto variabili. Il substrato è stato incontrato in tutte e quattro le trincee alla profondità di 1-1.2 m.
Nella seguente figura si riporta la sezione tipo ricavata dalle indagini riportata nello studio Salti.

Figura 12 – Sezione tipo della stratigrafia caratteristica dell'area di intervento riportata nello studio Salti (Appendice A) I

In tutte e quattro le trincee è stato possibile eseguire delle misure strutturali sulla stratificazione. E' emersa un'importante omogeneità in quanto tutte e quattro le misure sono orientate a 320/15°-325-15°.

Ad integrazione di queste informazioni, alla luce di quanto indicato nelle NTA di PRG in variante, è stata condotta una campagna di monitoraggio di tipo inclinometrico, finalizzata alla verifica dell' estinzione-inattività del dissesto franoso, come descritto nel seguente capitolo 4.9.2.

4.5 Geomorfologia

Come ampiamente descritto negli studi pregressi descritti nel precedente capitolo 3, il Col Cavalier è caratterizzato dalla presenza di un imponente accumulo di frana che ha avuto il suo massimo e ultimo episodio di movimento nel 1882.

Per la caratterizzazione di tale dissesto si rimanda alle Note illustrative della Carta Geomorfologica d'Italia che, come rilevato dallo Studio Toscano, indicano che la frana è stata "*innescata dall'erosione del piede del versante ad opera del fiume Piave in piena, che all'epoca non presentava opere di difesa spondale*". Tale dissesto, esterno all'area di intervento, è classificato come area soggetta a "Scivolamento rotazionale/traslativo". L'area di intervento ricade invece in una zona definita come soggetta a "Deformazione Gravitativa Profonda di Versante".

Nello studio Toscano, nel capitolo 4 vengono descritti i principali caratteri per il riconoscimento di possibili attivazioni del fenomeno.

Secondo quanto riportato nello studio Salti in seguito alle indagini svolte in sito, nell'area di intervento il fenomeno pare aver esaurito il suo dinamismo in quanto non è stato rilevato alcun segno di riattivazione.

In particolare si riporta parte della relazione di Salti relativamente a questi aspetti: "*Le problematiche che si potrebbero generare attualmente sono legate a movimenti superficiali di colata e modesti assestamenti più frequenti lungo le porzioni di confine di frana.*

Nell'area di intervento non ci sono assolutamente segni di instabilità e le strutture esistenti nella porzione Sud del colle sono prive di segni di rottura e fratturazioni varie a prova di una buona stabilità morfologica.

Queste strutture sono infrapposte tra l'area di lottizzazione e la nicchia della vecchia frana".

Nei seguenti capitoli vengono esaminate le evidenze geomorfologiche locali desunte dalle attività di approfondimento svolte nel presente lavoro. Tali evidenze sono rappresentative di fenomeni distinti che vanno inquadrati a diverse scale di osservazione.

4.5.1 Fenomeni a piccola scala o superficiali

L'area di Col Cavalier e le aree limitrofe aventi medesimo setting geologico, presentano fenomeni di colata detritica o mudflow di piccole dimensioni indotte dalla saturazione e liquefazione delle esigue coperture detritiche o delle fasce marnose del substrato alterate (es dissesti di Via Miari).

Nell'area interessata dalla lottizzazione in esame non si rilevano dissesti superficiali di questo tipo.

Nelle zone ad elevata acclività (sopra i 20° di inclinazione) si rilevano alcuni fenomeni di creep sottoforma di lenta reptazione del terreno che uncina e piega alcune piante d'alto fusto. Tali fenomeni riguardano i primi decimetri di terreno decrescendo di intensità con la profondità.

4.5.2 Fenomeni a media scala e media profondità

La frana storica accaduta nel 1882 restituisce oggi una morfologia evidentemente ancora segnata dall'evento con distinzione chiara del corpo d'accumulo e della nicchia di distacco. Si noti nella figura successiva anche la presenza di più superficiali eventi di colata legati al movimento dei depositi di copertura e di alcune parti di marne alterate fluidificate dalla saturazione idraulica durante eventi piovosi intensi.

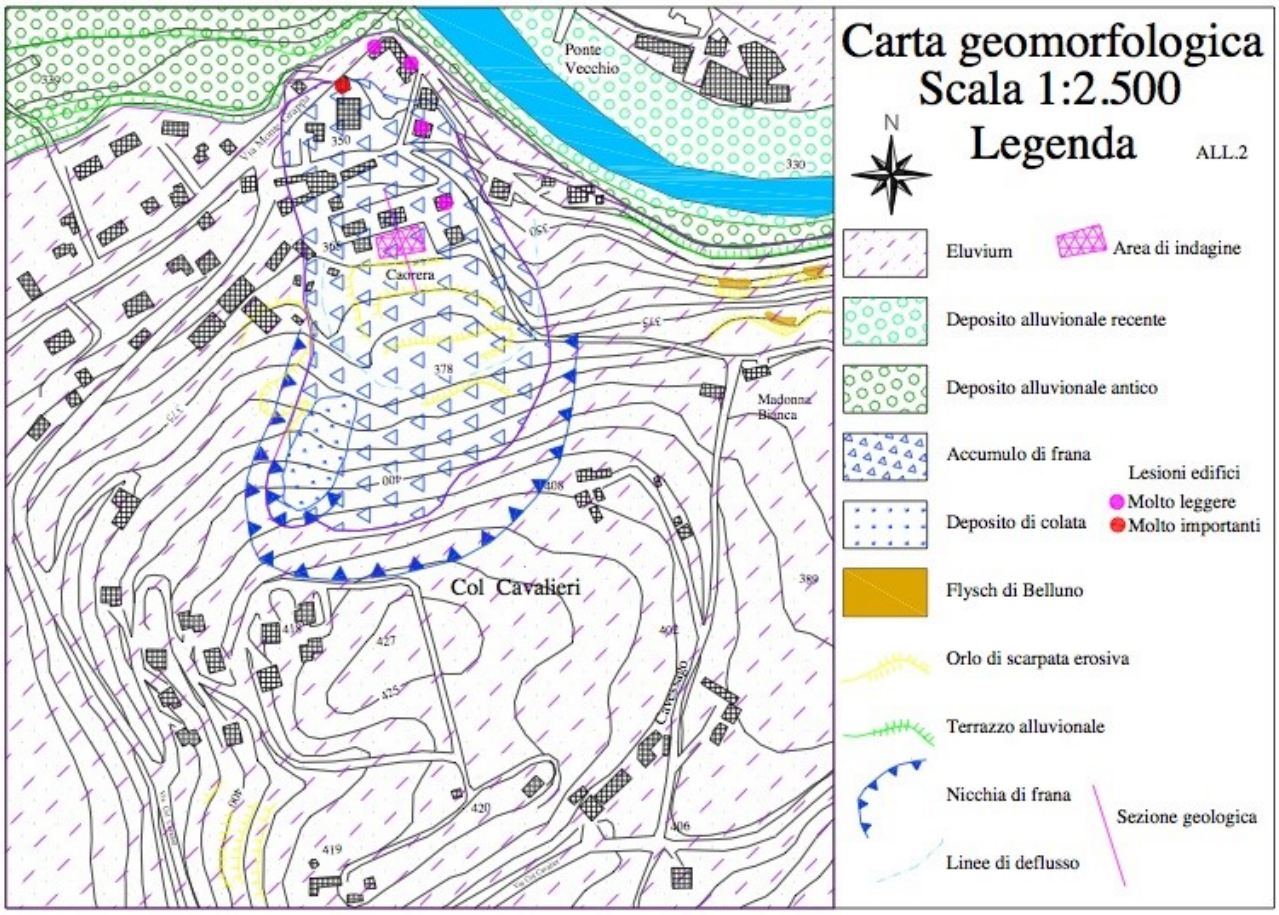


Figura 13 – Carta geomorfologia dello studio Salti

Le descrizioni dell'epoca indicano chiaramente la natura di scivolamento planare dell'evento.

Allorchè io visitai la località, passando il Piave a Capodiponte e riportandomi di fronte a Belluno, con un giro di parecchie miglia, erano scorsi cinque giorni dal distacco e si vedevano ancora vaste superficie di scivolamento, liscie e striate, come i piani di salto nei filoni. Queste superficie coincidevano generalmente colla inclinazione degli strati e precisamente de' più argillosi tra questi, che erano stati evidentemente imbevuti di acqua per le pioggie prolungate e diluviali dei giorni precedenti.

Figura 14 – Estratto dalla descrizione del Prof. T. Taramelli del 23 Novembre 1882.

Lo scivolamento planare coinvolse uno spessore variabile da 7 a 15 m. I dissesti di media profondità o comunque i dissesti che coinvolgono in modo esclusivo il substrato roccioso dell'intera area, sono descrivibili tutti come scivolamenti planari lungo le superfici di strato.

4.5.3 Fenomeni a grande scala o profondi

Nell'area si può chiaramente osservare dal DTM della Regione Veneto (scala 5 m), come a retro del colle di Col Cavalier, sia presente un paleoalveo del fimume Piave pre glaciale.

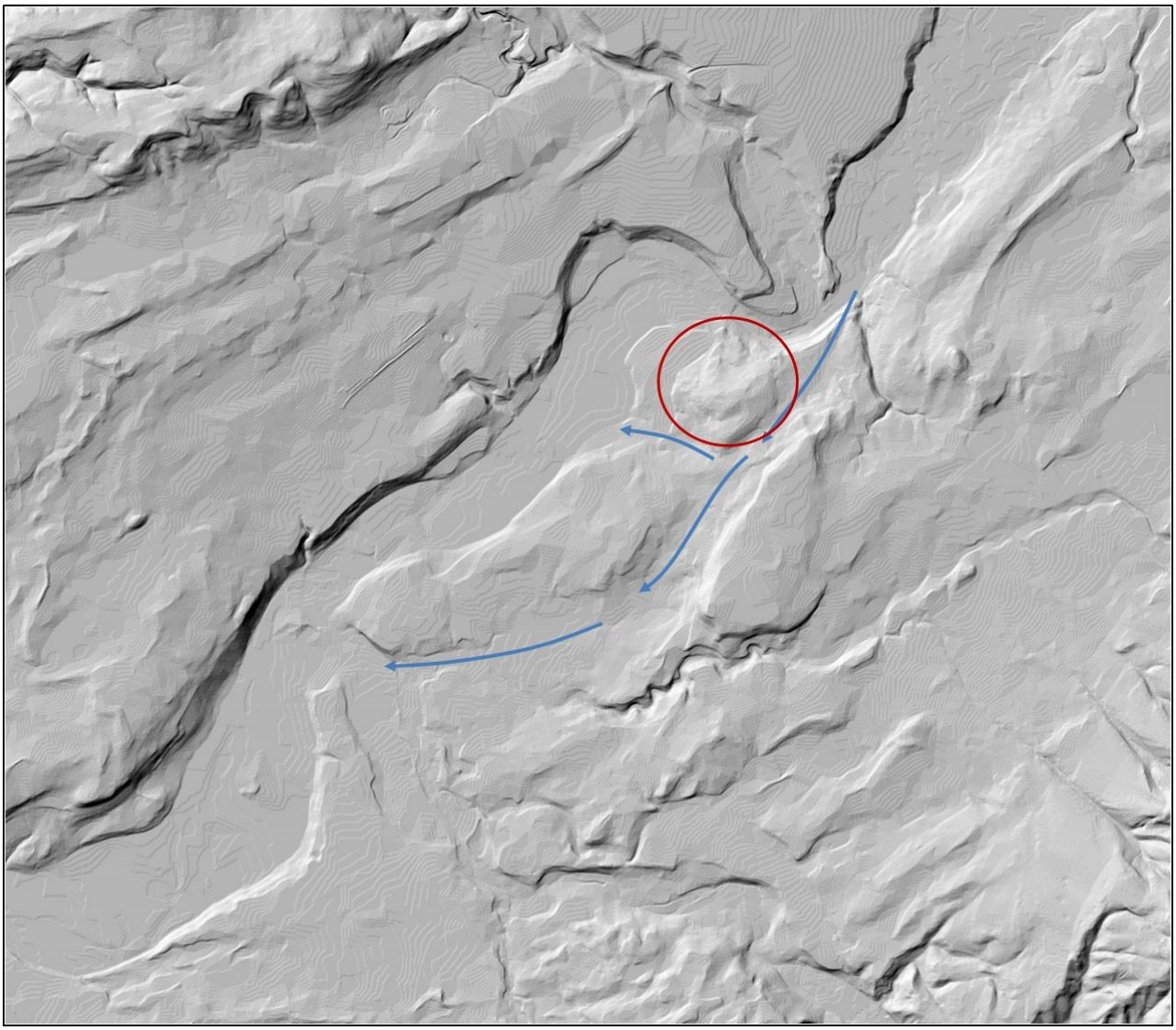


Figura 15 – Estratto del DTM della Regione Veneto con indicazione dell'evidente paleoalveo del Piave.

Tale struttura geomorfologica è stata sede degli scavi della galleria di Col Cavalier e la carta geomorfologia di progetto riporta la presenza del paleoalveo fluvio-glaciale. Si riscontra che nel tratto prossimo all'area di indagine, le coperture risultino scarse (massimo 5 m) e principalmente di carattere glaciale eluviale. Questo è dovuto facilmente ad un riutilizzo del paleoalveo ad opera del ghiacciaio del Piave. A valle, zona Visomelle, l'alveo presenta spessori di coperture anche maggiori di 10 m con evidenti strutture erosive emerse durante gli scavi delle trincee cut and cover del settore meridionale dell'opera di tunneling.

Il PAI, il progetto I.F.F.I. e il PRG, oltre a vari elaborati grafici geomorfologici dell'area, riportano la presenza di una possibile deformazione gravitativi profonda (DGPV) che interessa il colle di Col Cavalier. Tale ipotesi è segnalata in ragione di evidenze morfologiche rilevate da fotointerpretazione a grande scala senza essere definite in modo puntuale e preciso da dati di terreno o indagini.

Nella relazione del dott. A. Toscano viene descritta e definita una DGPV in termini di definizione del fenomeno da letteratura, richiamando la delimitazione del fenomeno fatta dagli studi del PAI ed I.F.F.I.. Nessuna considerazione sulla reali condizioni locali viene però portata a suffragio dell'esistenza di tale fenomeno rimanendo invece concentrata la sua descrizione solo sul fenomeno della frana del 1882.

Indirettamente si richiama la presenza di uno sdoppiamento di cresta separato da una trincea presente sulla cima di Col Cavalier che potrebbe rappresentare un indizio del fenomeno DGPV.

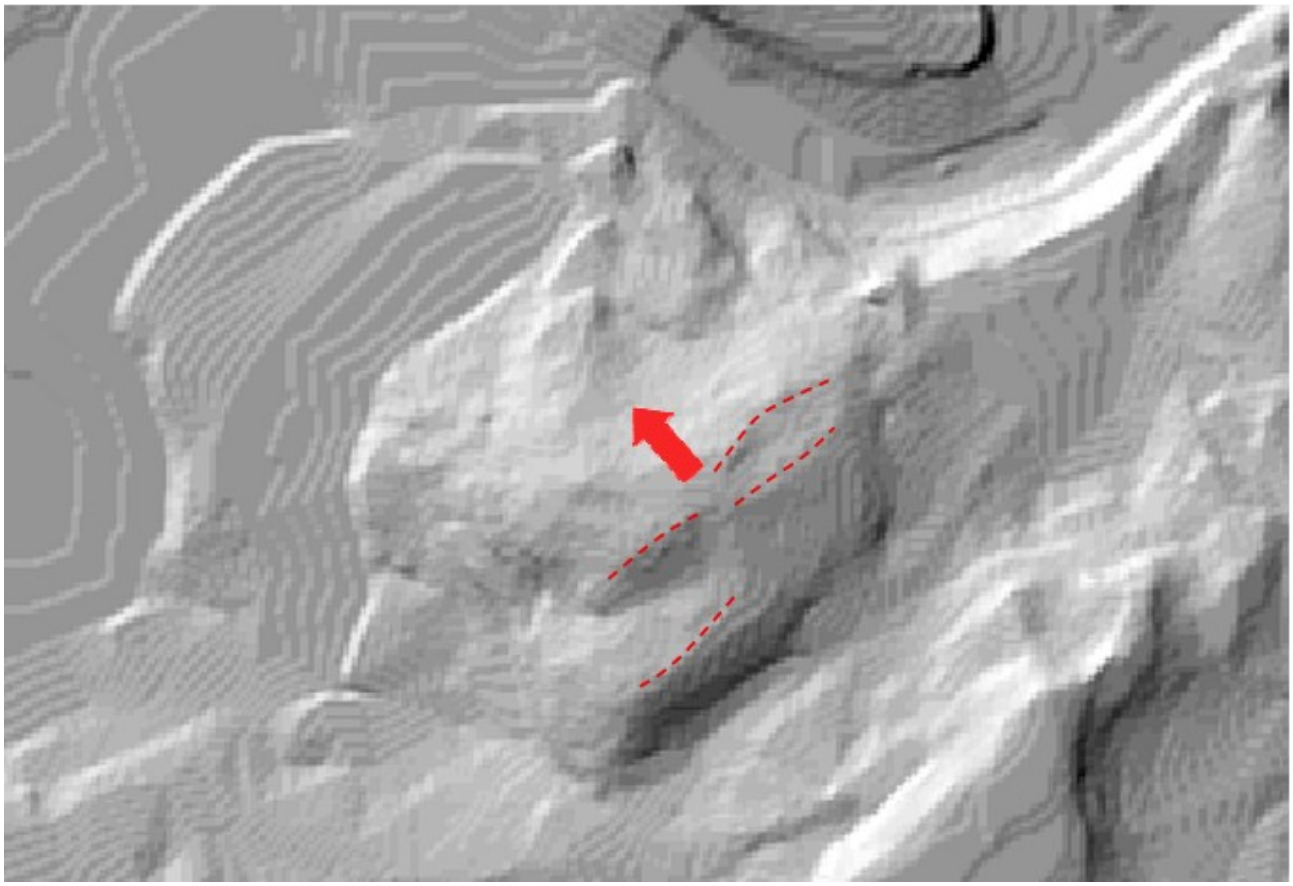


Figura 16 – Sdoppiamento di cresta

Tale morfologia può essere in realtà interpretata in due modi differenti:

1. trincea di distacco di parte del versante (come da figura precedente);
2. solco di erosione di un livello marnoso più erodibile ed alterabile ad opera delle acque circolanti (figure seguenti).

La seconda interpretazione pare la più probabile in ragione dell'assenza di altre morfologie quali trincee di neo formazione, rigonfiamenti basali o linee di stress laterali allo scorrimento.

In oltre la presenza di una zona non incisa coincidente con la sommità di Col Cavalier (spartiacque fra le due frecce della figura seguente), induce a pensare ad incisioni legate allo scorrimento delle

acque meteoriche e non ad una trincea di tensione. Quest'ultima infatti dovrebbe essere persistente anche nella zona sommatale in accordo con il cinematismo ipotizzato (traslazione lungo strato).

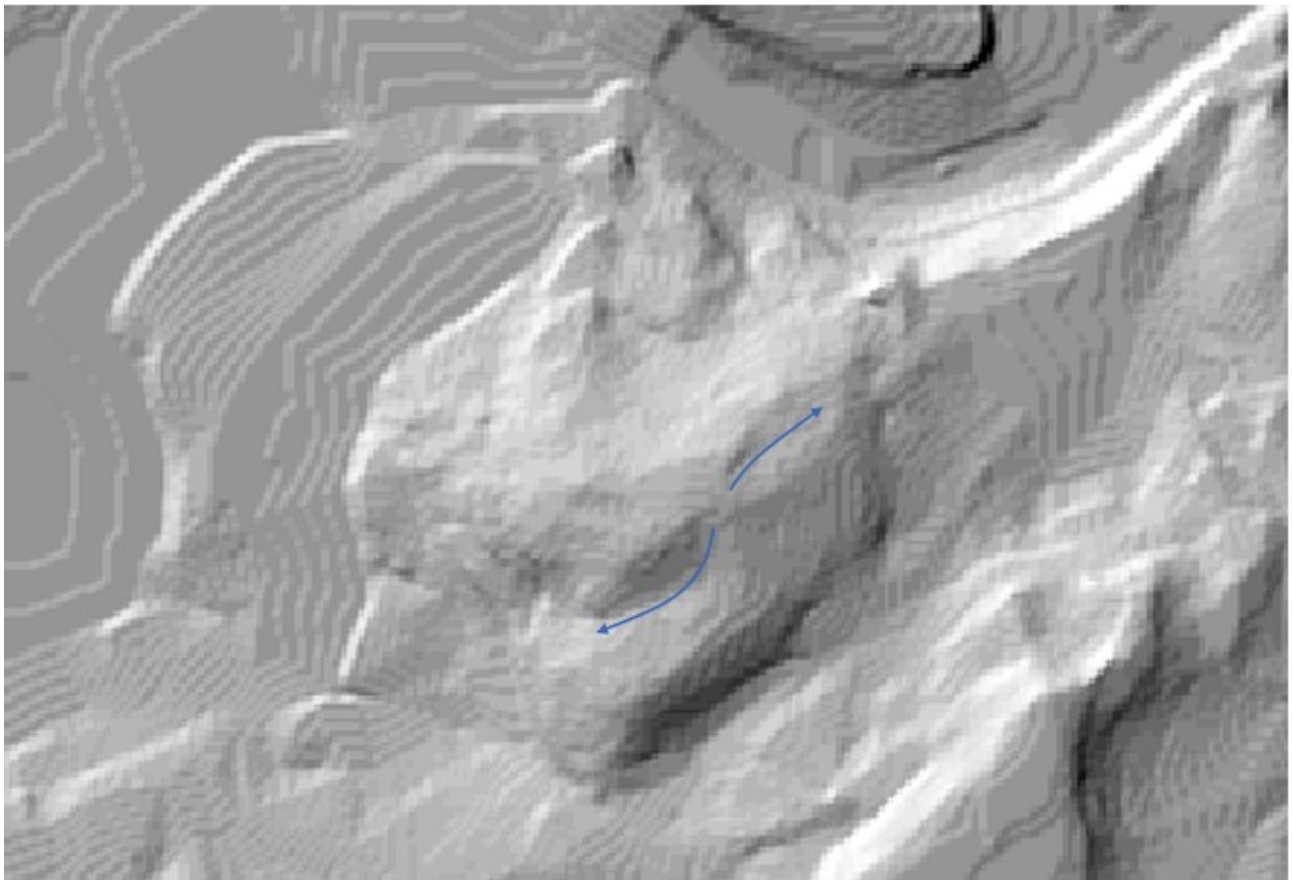


Figura 17 – Ubicazione dello spartiacque

Un dato a supporto dell'incisione meteorica è legata alla presenza nel Flysch di livelli marnosi teneri, fortemente erodibili e alterabili. Si nota, nella sezione schematica, come l'avvallamento potrebbe coincidere perfettamente con uno di questi livelli.

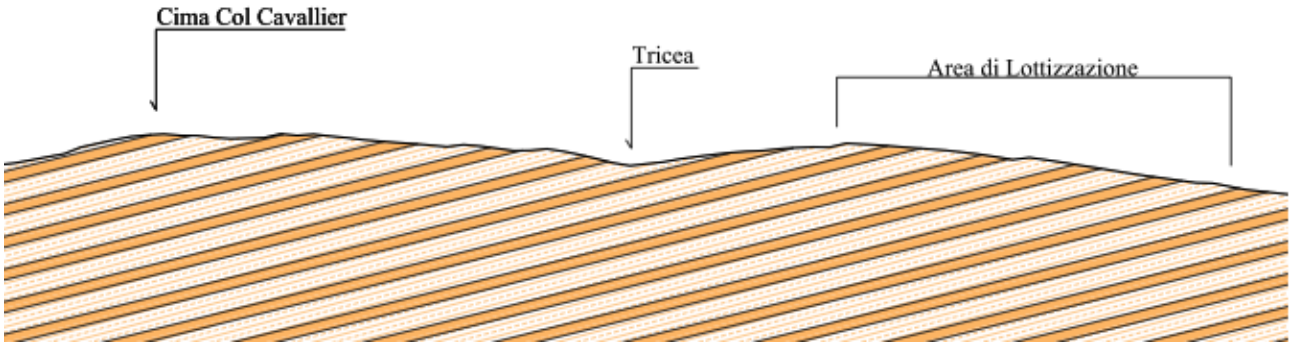


Figura 18 – Sezione schematica del Col Cavalier con evidenziata l'inclinazione degli strati

Si nota inoltre che l'intero versante ha una morfologia superficiale a piccola scala (variazioni di pendenza), legata alle variazioni di durezza delle bancate di strato del Flysch di Belluno.

Nelle recentissime indagini condotte per il progetto della galleria Col Cavalier, l'area indicata come DGPV dal PAI, viene in realtà descritta come zona soggetta ad irregolarità dei versanti indotta da rilascio del substrato roccioso, cioè dissesti superficiali.

4.6 Pericolosità geologica

Analogamente a quanto descritto per le evidenze geomorfologiche, la pericolosità geologica dell'area viene descritta secondo tre diverse scale di osservazione ciascuna delle quali risulta rappresentativa di un fenomeno distinto.

4.6.1 Pericolosità superficiale

I dissesti superficiali interessano una coltre detritica di spessore medio pari a 1 m. Questi possono coinvolgere anche parte del substrato alterato, ma le esperienze in tutta la zona (in particolare di Via Miari) indicano dissesti che coinvolgono al massimo 70 cm di spessore. Le potenziali colate di detrito devono superare la coesione radicale indotta dal manto erboso che rappresenta, nella fattispecie, un vero e proprio antierosivo. Solo su pendenze superiori a 20° (comunemente comunque su pendii di pendenza superiore a 30°), si generano locali colate in occasione di eventi meteorici importanti. Tali eventi non si rinvengono nella zona di studio e, anche in caso di accadimento, non rappresentano alcun pericolo per le abitazioni in progetto.

4.6.2 Pericolosità medio profonda

L'area di studio è posta nel versante sud orientale ed orientale di Col Cavalier. La stratificazione monotona dell'area inclina nella direzione opposta e in questo settore di versante risulta a reggipoggio. Data la natura degli eventi possibili in zona a questa scala (si veda paragrafo 4.5.2), la pericolosità geologica è trascurabile e legata a locali fratturazioni di testate di strato arenaceo che possono essere coinvolte in alcune colate superficiali incrementandone il volume e la pericolosità.

4.6.3 Pericolosità profonda

Per quanto concerne gli eventi profondi sopra descritti va in primo luogo indagata l'effettiva presenza di tali fenomeni. Infatti la relazione del dott. Toscano parla di:

> Solo specifici studi di carattere geotecnico-sismico e controlli/monitoraggi di tipo inclinometrico e tecniche interferometriche, **da svolgere in un arco di tempo sufficientemente lungo e adeguato al tipo di movimento franoso classificato**, potranno accertare l'effettiva forma e geometria della frana/dissesto compresa la superficie di scorrimento.
>
> Questi studi specifici potranno chiarire, quindi, anche se il dissesto/frana si può ritenere oramai estinto/inattivo oppure esistono dei movimenti che possano fare intuire una possibile attivazione.

In realtà più che studi che attestino se il dissesto/frana sia ormai estinto/inattivo, vanno condotti studi che attestino o meno l'esistenza di un processo morfologico profondo attivo in questa zona.

Gli elementi morfologici presenti in loco sono tutti contrari all'ipotesi di presenza di una DGPV nella zona di Col Cavalier.

Nel paragrafo 4.2 della relazione del dott. Toscano vengono descritte (da bibliografia) le caratteristiche predisponesti una DGPV e le morfologie che ne svelano la presenza.

Fra tutti i fattori predisponesti, l'unico intervenuto nella zona di Col Cavalier è la presenza di alternanze di litotipi a diverso comportamento geomeccanico con livelli argillitici e marnosi (il Flysch di belluno appunto). Le DGPV occorrenti in questo contesto sfumano nelle frane definite "scivolamenti planari" e solo la grande profondità del piano di scivolamento e l'estrema lentezza di movimento le fanno ascrivere alle DGPV.
Va inoltre osservato che l'indizio di sdoppiamento di cresta (trince anella figura seguente) è incompatibile con la delimitazione PAI e I.F.F.I della DGPV in quanto la cresta con trincea descritta sopra si trova in sommità del Col Cavalier, mentre l'area indicata come DGPV negli elaborati viene estesa fino a retro nel paleoalveo.

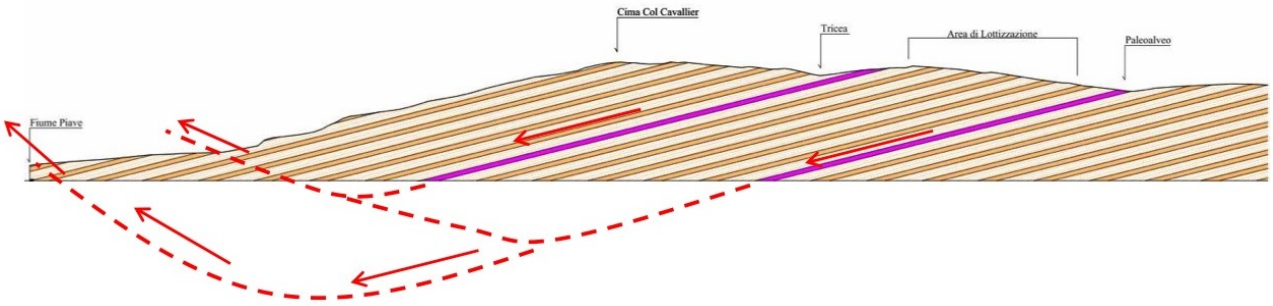


Figura 19 – Sezione con i due possibili piani di scivolamento della DGPV segnalata su Col Cavalier.

Nello schema geologico riportato in Figura 19 vengono riportate le possibili linee di scorrimento profondo. Quella che parte dalla trincea (sdoppiamento di cresta) e quella che parte dal Paleoalveo (limite sona definita DGPV nel PAI).

Si osserva che le fratture, al fine di indurre qualche movimento devono superare la resistenza di strato a valle, rompendo il substrato roccioso in modo quasi perpendicolare agli strati.

4.7 Idrogeologia

Dallo studio Salti:
"*L'idrogeologia locale non presenta particolari segni in quanto non vi sono zone umide, sorgenti o aree paludose. Visto il contatto tra la copertura eluviale e il sottostante Flysch, possono sicuramente verificarsi dei fenomeni di circolazione anche a profondità limitate*".
Pertanto, come previsto dal Salti stesso e come consigliato nel citato studio Toscano in allegato alla variante urbanistica, si prevede di dotare i piani interrati degli edifici di una rete di drenaggio delle acque di circolazione sotterranea che scaricheranno nella rete di captazione e smaltimento delle acque meteoriche riportata nell'elaborato I06 di variante e descritta nel seguente capitolo 4.12. Tale rete fungerà da recapito anche per le opere di sostegno delle terre previste dalla variante., come descritto nel seguente paragrafo 4.11.

4.8 Vincoli sismici

Come indicato nelle NTA il territorio comunale è classificato come zona sismica 2 ai sensi della DGR 96/CR del 07.08.2006.

Il progetto degli interventi sarà sviluppato secondo quanto indicato nelle NTC 2008, tuttavia nel presente studio è stata svolta una verifica di stabilità preliminare descritta nel seguente paragrafo 4.10. Nella scelta del coefficiente di amplificazione delle azioni sismiche (§3.2.2 NTC) si è fatto riferimento a quanto rilevato dal Dr. Geol. Luca Salti che classifica l'area come "stabile, ma suscettibile di amplificazione" (Appendice A) e assegna preliminarmente una classe di terreno di tipo B.

4.9 Attività di controllo monitoraggio

4.9.1 Monitoraggi legati alla galleria di Col Cavalier

Come precedentemente accennato, l'area in esame è prossima al grande cantiere per la realizzazione del traforo di Col Cavalier.

L'opera di Tunnel a bassa profondità che passa pochi metri a sud della zona Lottizzata ha richiesto, sia in fase progettuale che esecutiva, una serie di monitoraggi complessi e profondi, come descritto nel precedente paragrafo 3.1.

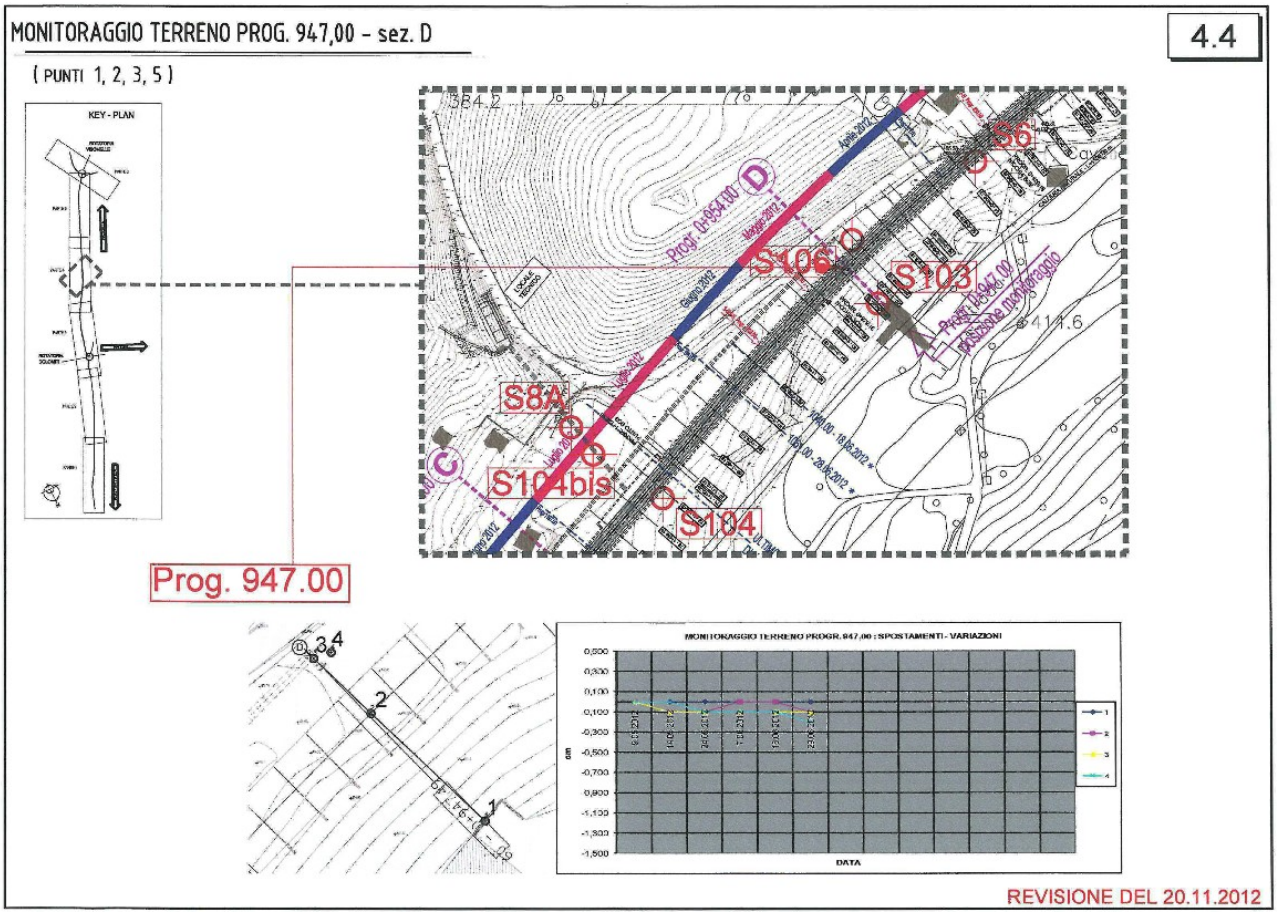
Come visto nei paragrafi precedenti la delimitazione del presunto fenomeno di DGPV è tratta da foto interpretazione senza alcun vincolo di evidenze a scala di terreno e pertanto non si può e non si deve ritenere la delimitazione come dato certo.

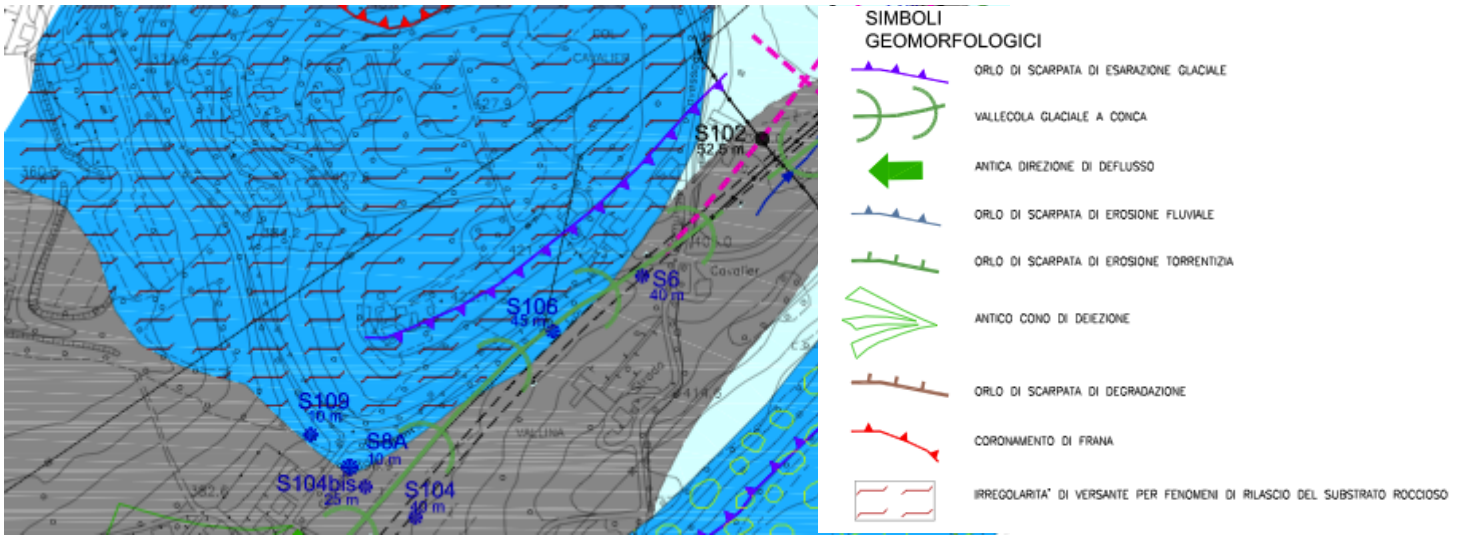
A tal proposito, data la direzione degli strati, deve essere giustificato il fatto che la DGPV giri improvvisamente verso nord senza alcun segno di rottura sul terreno o evidenze strutturali nel substrato roccioso. Affinché la DGPV possa muoversi in quella direzione dovrebbe esistere uno svincolo strutturale tipo "rampa laterale".

Durante lo scavo in gallerie è stato possibile appurare che non vi è alcuna presenza di queste strutture.

Dato ancor più convincente sono le letture di convergenza del cavo che rilevano microspostamenti dell'ordine del millimetro. Nel tratto di tunnel che interessa la presunta DGPV, le convergenze sono addirittura meno importanti e più lineari che in altre zone.

Questo facilmente dovuto al maggior carico litostatico indotto dalla forma collinare di Col Cavalier che stabilizza i livelli più profondi (figura successiva).





4.9.2 Monitoraggi in corso d'opera

Come indicato nelle NTA di Variante al PRG n.37 2013, ad integrazione e completamento delle indagini precedentemente descritte, sono state svolte delle indagini di controllo e monitoraggio di tipo inclinometrico finalizzate all'accertamento dell'effettiva forma e geometria della frana dissesto descritta nei precedenti capitoli.

Tali indagini sono consistite nella realizzazione di due sondaggi a carottaggio continuo per la profondità di 10 m, nell'installazione degli inclinometri e in una campagna di monitoraggio in corso di esecuzione che ha tuttavia fornito i primi risultati significativi, come descritto in Appendice C.
Il primo sondaggio, indicato come i1 nella seguente figura, è stato realizzato nella parte sommitale del colle; il secondo, indicato come i2, è posto al piede del colle.

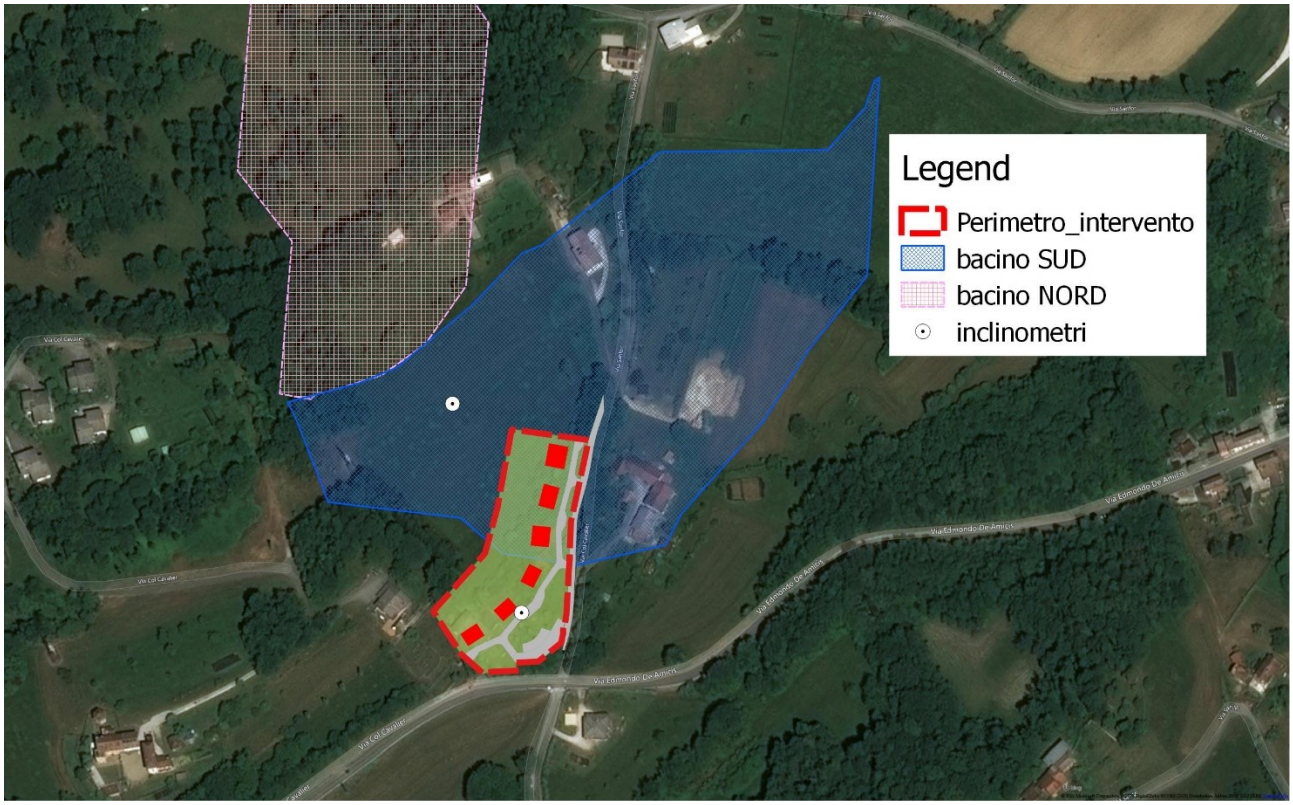


Figura 20 – Ubicazione degli inclinometri installati nel corso della presente indagine

Tale campagna di misure è funzionale a verificare se sussistono localizzati movimenti interstrato nel settore (legati a possibili movimenti profondi, e a verificare l'eventuale creazione di superfici di scivolamento medio profonde non legate alla struttura stratificata del Flysch. Unica possibilità per scivolamenti o dissesti nella zona.

4.10 Verifica di stabilità di versante

Nella variante al PRG si richiama a quanto prescritto nella relazione del Dott. Geol. Toscano che riparta quanto segue:

> **3**. Qualsiasi intervento deve essere eseguito a condizione delle seguenti disposizioni:
>
> **a.** **studio geologico e geomorfologico per un adeguato intorno morfologico** ai sens del D.M. 11.03.1988 e D.M. 14.01.2008;
> **b.** **verifica di stabilità del versante** in condizioni naturali e in relazione agli interventi previsti; la traccia (o sezione) della suddetta verifica dovrà estendersi almeno dalla cima alla bas del colle, il tutto ai sensi del D.M. 11.03.1988;
> **c.** **accurata progettazione degli interventi di sostegno** delle scarpate;
> **d.** **interventi di sistemazione e bonifica idrogeologica e idraulica** tramite drenaggi e opportune opere di convogliamento e allontanamento delle acque superficiali;

Si osserva che se la prescrizione odierna nell'area ove ricade l'oggetto della presente relazione, nasce a seguito di una presunta DGPV. Richiedere pertanto un uno studio per un adeguato intorno

morfologico, diviene un non senso in quanto l'intorno adeguato è e resta per tutte le opere, la delimitazione dell'intero fenomeno e pertanto l'intero colle di Col Cavalier come definito dal PAI.
In ragione della medesima osservazione, nella verifica allo stato di progetto (in relazione agli interventi), in caso di edilizia comune, il peso indotto dagli edifici risulta non solo trascurabile, ma talmente piccolo da essere di molto inferiore all'errore di calcolo stesso dell'intero sistema. Pertanto nell'indagine profonda non ha alcun senso numerico, differire da stato di progetto e stato di fatto nel caso di edilizia privata.

4.10.1 Analisi superficiale

Nell'intorno non si riscontrano fenomeni superficiali. I fenomeni attesi sono di tipo viscoso (Newtoniano) e non richiedono analisi di stabilità come la si intende per i sistemi in campo fragile Coulombiano.

4.10.2 Analisi medio profonda

In ragione di quanto osservato a livello geologico e geomorfologico, non vi sono i presupposti geometrici per l'innesco di dissesti di media profondità.
Data la presenza di un substrato roccioso a comportamento trasversalmente isotropo (multistrato), non è possibile indagare il pendio mediante software che ricerchino superfici di rottura curvilinee (adatte per materiali isotropi o pseudoisotropi).
Indagini su possibili plasticizzazioni o accumuli di stress di taglio entro l'ammasso roccioso, richiedono studi molto lunghi e costosi che si ritengono inutili e speroporzionati nello specifico caso in cui non si ha alcun sintomo da indagare.

4.10.3 Analisi profonda

Come per le analisi di media profondità, l'analisi profonda richiede approcci complessi e lunghe campagne geognostiche. Tuttavia, il cinematismo atteso nella zona di indagine è quello dello scivolamento planare.
Tale condizione facilita approcci di tipo speditivi. Inoltre la possibilità di avere dati sulla resistenza dei materiali interessati (prove di laboratorio eseguite in fase esecutiva del traforo di Col Cavalier), consente di verificare speditivamente e a favore di cautela la stabilità di alcune possibili superfici di scorrimento
L'approccio semplificato prevede uno scivolamento lungo il piano prescelto, senza la presenza di attrito e coesione (piano perfettamente liscio privo di attrito). Chiaramente tale premessa può far ben intendere l'estremo grado di cautela di questo approccio.
Si omette il procedimento di calcolo che è banalmente uno scivolamento planare classico.
La superficie di scivolamento, ad un certo grado di profondità, indurrà, sotto il peso del blocco sovrastante, la rottura degli strati fino in superficie, creando così il dissesto. Il punto di rottura coinciderà con la zona di minor spessore della copertura rocciosa e cioè, nel nostro caso, in prossimità del fiume Piave o poco più a monte.

La resistenza a compressione dell'ammasso roccioso deriva da una media di resistenza dei termini più duri e di quelli più teneri considerando la presenza di 50% di ogni specie litologica.

RISULTATI DELLA PROVA

PROVINI condizionati (EN 1926 par. 7.4); carico perpendicolare al piano di anisotropia.

N. PROGR.	SPIGOLO (l) arr. 0,1 mm mm	ALTEZZA (h) arr. 0,1 mm mm	MASSA dopo condizionamento g	MASSA VOLUMICA dopo condizionamento Mg/m^3	PREPARAZIONE A. taglio con sega-disco B. spianatura meccanica C. livellamento con malta D. altro (specificare)	CARICO DI ROTTURA Totale (F) kN	CARICO DI ROTTURA Unitario (R) MPa	TIPO DI ROTTURA E. bipiramidale F. fessure longitudinali G. a frammenti H. altro (specificare)
1	95,0	95,0	2092	2,44	A+B	218,2	24,18	G
2	82,0	82,0	1419	2,57	A+B	330,2	49,11	G
3	73,0	73,0	989	2,54	A+B	194,3	36,46	G
Resistenza media (R): 37 MPa			**Deviazione standard (s): 12 MPa**			**Coefficiente di variazione (v): 0,34**		

RISULTATI DELLA PROVA

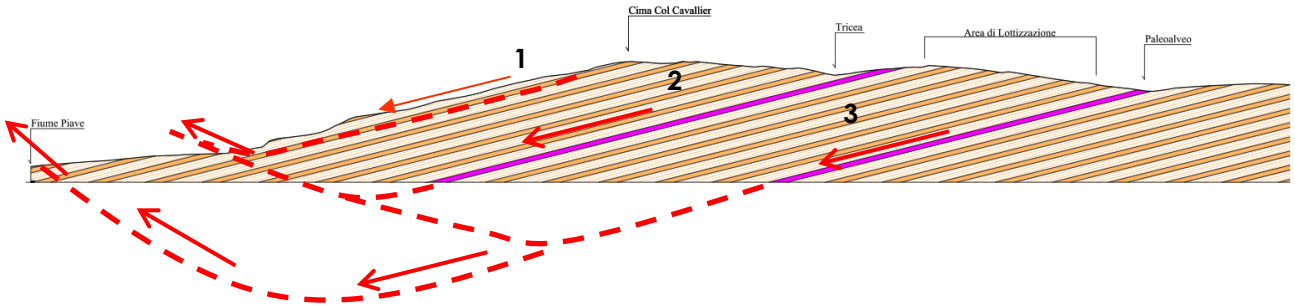
PROVINI condizionati (EN 1926 par. 7.4); carico perpendicolare al piano di anisotropia.

N. PROGR.	SPIGOLO (l) arr. 0,1 mm mm	ALTEZZA (h) arr. 0,1 mm mm	MASSA dopo condizionamento g	MASSA VOLUMICA dopo condizionamento Mg/m^3	PREPARAZIONE A. taglio con sega-disco B. spianatura meccanica C. livellamento con malta D. altro (specificare)	CARICO DI ROTTURA Totale (F) kN	CARICO DI ROTTURA Unitario (R) MPa	TIPO DI ROTTURA E. bipiramidale F. fessure longitudinali G. a frammenti H. altro (specificare)
1	89,0	90,0	1922	2,70	A+B	868,0	109,58	E
2	91,5	92,0	1958	2,54	A+B	746,1	89,12	E
3*	95,0	95,0	2202	2,57	A+B	611,5	67,76	H (fessure diagonali)
Resistenza media (R): 89 MPa			**Deviazione standard (s): 21 MPa**			**Coefficiente di variazione (v): 0,24**		

Considerando 37 MPA e 89 MPA si ottiene una media di 63 MPA.

Si è proceduto in condizioni sismiche analizzando le seguenti superfici:

1. superficie analoga a quella della paleofrana del 1882;
2. superficie riferita all'unico presunto indizio di DGPV corrispondente allo sdoppiamento di cresta del Col Cavalier;
3. superficie coincidente con la delimitazione della DGPV segnalata dal PAI.



Superficie (n°)	Angolo del piano di scivolamento (°)	Area massa in movimento (mq)	Peso per unità di volume (KN/mc)	W - Peso del concio indagato (KN)	Coefficiente sismico verticale (Kv)	Coefficiente sismico orizzontale (Kh)	Forza destabilizzante (KN)	Resistenza a compressione ammasso (KN/mq)	Spessore livello resistente di base (m)	Forza reistente alla base del concio (KN)	Fattore di sicurezza pendio (FS)
1	14	2800	26	72800	0,1020	0,0510	73332,1517	63000	8,00	504000	6,87
2	14	16700	26	434200	0,1020	0,0510	437373,9049	63000	52,00	3276000	7,49
3	14	56700	26	1474200	0,1020	0,0510	1484976,0722	63000	123,00	7749000	5,22

I risultati restituiscono fattori di sicurezza compresi fra 6.87 e 8.50. Si ricorda che tali valori derivano da un approccio estremamente cautelativo e che il rapporto fra forze resistenti e forze destabilizzanti in realtà sarà molto maggiore.

4.10.4 Conclusioni

A seguito della presenza di una presunta DGPV segnalata nel PAI e nel progetto I.F.F.I., il PRG di Belluno accoglie tale delimitazione assegnando un certo vincolo di edificabilità.
Nel 2013 viene stilata dal Dott. A.Toscano, una relazione che riporta semplicemente il fatto che nel PAI e nel progetto I.F.F.I. la zona è delimitata come DGPV, senza però approfondire o addurre ulteriori prove o indizi a tal favore. Il comune di Belluno, riscoperto il fatto di essere entro una presunta DGPV, ha deciso di modificare il PRG assegnando delle condizioni di indagine al fine di consentire l'edificazione nella zona in oggetto. Tali indicazioni ricalcano però le più generiche indicazioni del D.M. 11.03 1988 senza maggiore specifica per il caso in esame. Si è così proceduto ad una analisi a 360° del territorio circostante l'area di lottizzazione, affrontando tutti i gradi di stabilità possibili e svolgendo alcune indagini relative alla presunta DGPV.
Ne risulta che la zona è attualmente stabile sia dal punto di vista superficiale, sia dal punto di vista medio profondo, sia dal punto di vista profondo.

4.11 Opere di sostegno delle terre

La tipologia delle opere di sostegno delle terre previste dalla presente variatnte è indicata nella Tav. A03 di P.I.R.U.E.A.. Si prevede di realizzare muri di contenimento con gabbioni metallici riempiti di pietra naturale dei quali verrà svolto il dimensionamento nelle successive fasi di progettazione delle opere. Le opere di sostegno delle terre saranno dotate di sistemi di drenaggio e convogliamento delle acque captate che scaricheranno i propri deflussi nelle condotte della rete delle acque meteoriche riportata in planimetria nell'Elaborato I06 di variante Il dimensionamento idraulico delle condotte di tale rete è descritto nel seguente paragrafo 4.12.

4.12 Rete di captazione e smaltimento delle acque

4.12.1 Descrizione della rete

Come precedentemente descritto, dal punto di vista morfologico, le opere previste si trovano in una zona a giacitura Nord Ovest Sud – Est. La cima del colle non viene ipoteticamente mai raggiunta come indicato nella precedente Figura 11.
Come indicato in Figura 21, che riporta i bacini scolanti che interessano l'area di intervento ottenuti mediante le analisi GIS descritte nel precedente paragrafo la maggior parte dell'area recapita i propri deflussi liquidi e potenzialmente solidi verso Est.
La parte sommitale dell'area appartiene al bacino principale del Col Cavalier che scarica a Nord verso il Piave.

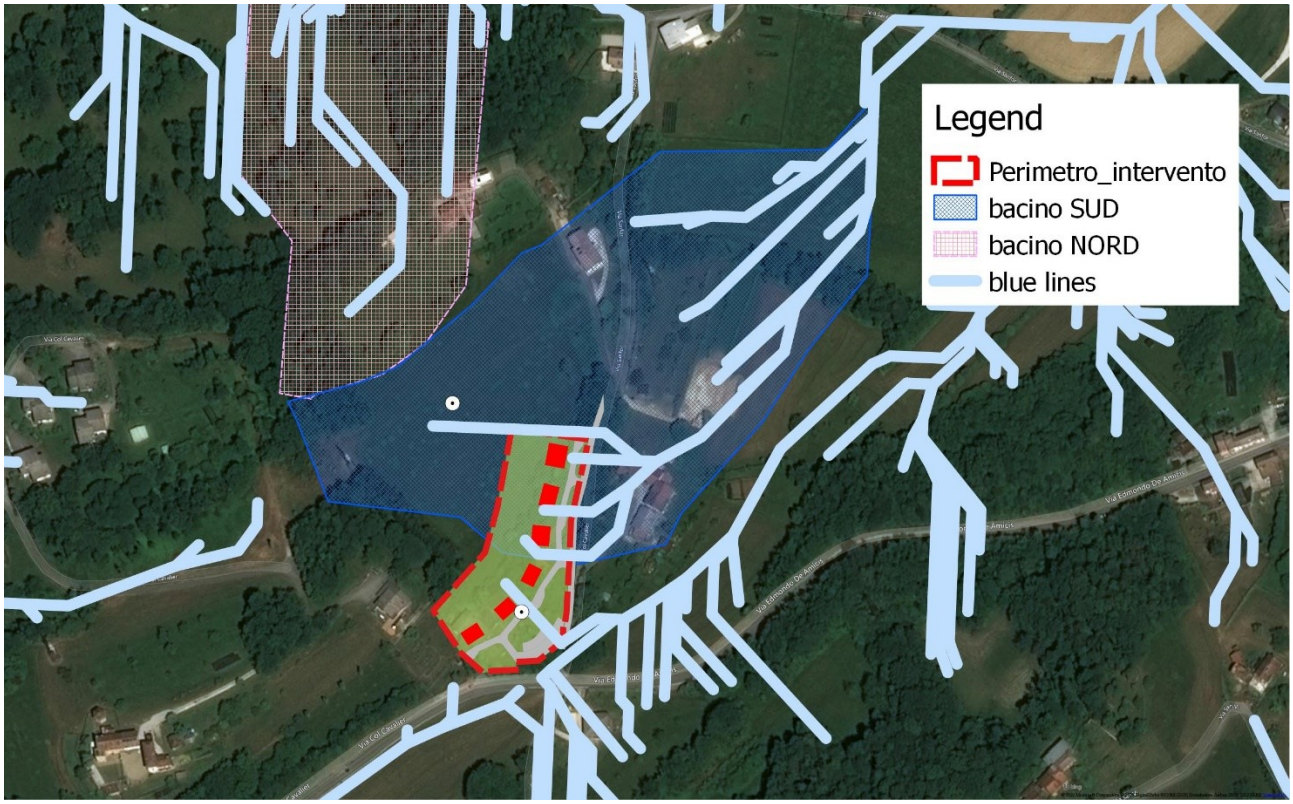


Figura 21 – Bacini scolanti

Come indicato negli elaborati di P.I.R.U.E.A., si prevede di scaricare la totalità dei deflussi provenienti dall'area di intervento (bacino Nord e bacino Sud) verso il bacino Sud, con recapito finale la fognatura comunale in gestione alla GSP SPA.

In particolare l'elaborato I6 di variante riporta l'ubicazione delle condotte in progetto ed i rispettivi punti di scarico, costituiti dalla fognatura bianca DN 400 che percorre Via Sanfor e la condotta di fognatura mista DN 200 situata poco più a Est a servizio degli edifici esistenti posti a valle.

Si prevede di realizzare una condotta in PVC DN 315 e pendenza minima 1% a servizio dei lotti in progetto.

La direzione di flusso delle condotte ben si adatta alla morfologia dell'area che, come precedentemente accennato e come indicato nella seguente Figura 22.

Non sono previsti dispositivi di reimmissione delle acque captate in falda né qualsiasi altro tipo di intervento che favorisca l'infiltrazione nel sottosuolo.

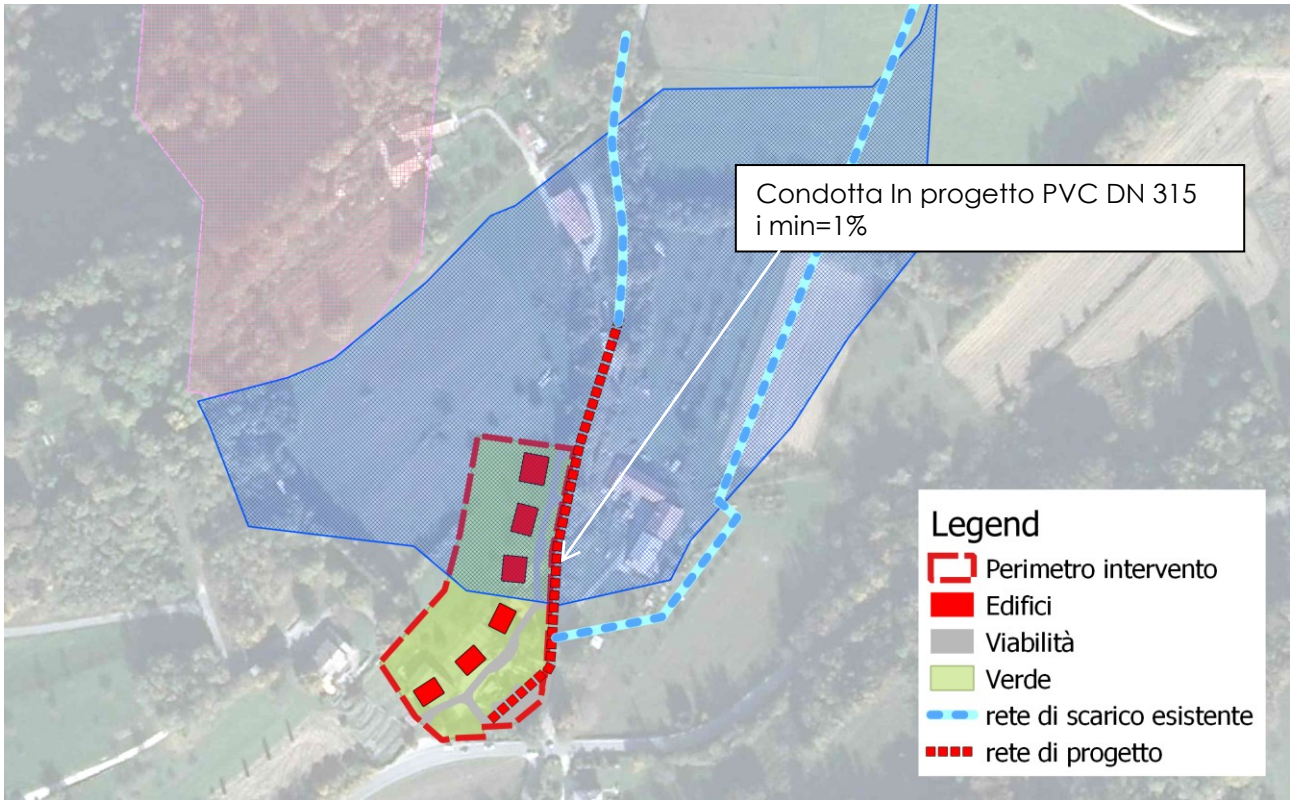


Figura 22 – Condotta ricettore dei deflussi provenienti dall'area di intervento e bacini di scolo naturali

4.12.2 Precipitazioni di progetto

Dal punto di vista climatico l'area è caratterizzata da una piovosità piuttosto abbondante concentrata nella stagione tardo-primaverile, estiva ed autunnale.

Per il calcolo delle precipitazioni di assegnato tempo di ritorno, si è fatto riferimento allo studio di regionalizzazione delle precipitazioni estreme condotto nell'ambito dello studio relativo al dimensionamento delle opere idrauliche, condotto nel 1996 dall'Autorità di bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione ("Legge 193 del 18/05/1989, Art. 23: Studi finalizzati alla redazione dei Piani di Bacino – Dimensionamento delle opere idrauliche"). Lo scopo principale della regionalizzazione delle precipitazioni estreme è quello di consentire la valutazione, attraverso semplici relazioni matematiche, dell'altezza dell'afflusso meteorico h in una qualsiasi località ricadente all'interno della regione esaminata, una volta fissati il tempo di ritorno Tr e la durata t della precipitazione stessa. Il procedimento che consente di raggiungere questo obiettivo non è una semplice estrapolazione dei risultati delle analisi statistiche usuali, applicate alle singole stazioni pluviometriche, ma si basa su procedimenti che tengono conto dell'andamento generale dei parametri che caratterizzano il legame tra le grandezze h, Tr e t sull'intera superficie della regione esaminata. Le relazioni utilizzate per l'analisi regionale delle precipitazioni sono quindi espresse da una equazione del tipo:

$$h = f(x,t,Tr)$$

che fa dipendere esplicitamente l'altezza di afflusso meteorico, h, dalla posizione geografica del luogo, x, dalla durata della pioggia, t, e dal tempo di ritorno Tr ad essa associato. Tale equazione si

può ottenere ricorrendo alla combinazione di una legge statistica per i valori estremi,che esprime la dipendenza dell'afflusso meteorico dal tempo di ritorno, con una curva di possibilità climatica che evidenzia invece l'influenza della durata sul fenomeno. I parametri di queste due leggi variano generalmente con la posizione geografica evidenziandone così l'effetto. La formula di regionalizzazione proposta nello studio citato per il territorio dell'Autorità di Bacino è espressa dalla

$$h(x,t,Tr) = H(x)\cdot\left[1+0.35\cdot Y(Tr)\right]\cdot t^{n(x)}$$

dove:

h = altezza di precipitazione [mm];

t = durata dell'evento [ore];

$Y(Tr) = -\ln(-\ln(1-1/Tr))$, variabile ridotta di Gumbel con Tr espresso in anni.

I parametri dell'equazione H(x) ed n(x) sono stati valutati nell'ambito dello studio dell'Autorità di Bacino, complessivamente per 584 stazioni pluviometriche e successivamente omogeneizzati prevenendo alla redazione di carte delle isolinee dei due parametri che permettono di determinare i valori dei parametri per qualsiasi punto del territorio di competenza dell'Autorità.

Sostituendo i valori di H(x) ed n(x) relativi alla zona indagata, ricavati mediante elaborazioni GIS dalla cartografia allegata allo studio, si ottengono le equazioni di possibilità climatica scritte nella classica forma:

$$h(Tr) = a\cdot t_p^{\ n}$$

caratterizzate dai parametri caratteristici a e n riportati in Tabella 1.

Tabella 1 – Valori dei coefficienti a ed n in funzione del tempo di ritorno[1]

Tr	***5***	***10***	***20***	***30***	***50***	***100***
Y(Tr)	1.500	2.250	2.970	3.384	3.902	4.600
a	36.60	42.90	48.95	52.43	56.78	62.64
n	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42

Nella seguente Tabella 2 sono indicate le precipitazioni critiche in funzione del tempo di ritorno e del tempo di pioggia per l'area oggetto di intervento:

Tabella 2 – Precipitazioni critiche in funzione del tempo di ritorno e del tempo di pioggia

TR **Durata (ore)**	***5***	***10***	***20***	***30***	***50***	***100***
0.25	20	24	27	29	32	35
0.5	27	32	37	39	42	47
1	37	43	49	52	57	63
2	49	57	65	70	76	84
3	58	68	78	83	90	99
4.5	69	81	92	99	107	118
6	78	91	104	111	121	133
12	104	122	139	149	161	178

[1] *Autorità di Bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione (1996)* - Studio di regionalizzazione delle precipitazioni estreme condotto nell'ambito della redazione dei Piani di Bacino

Come tempo di precipitazione critico si assume uno scroscio di 15 minuti. In analogia con quanto riportato nella DGRV 2948/2009 si assume come significativo un tempo di ritorno di 50 anni.
Dalla tabella sopra riportata si ricava la precipitazione di progetto (a = 56.78 e n = 0.42):

$$h_{progetto} = a \cdot t_p^n = 32mm$$

4.12.3 Verifiche idrauliche

Applicazione del principio dell'invarianza idraulica (DGRV 2948/2009)

Secondo il principio dell'invarianza idraulica, previsto dall'Allegato A della 2948/2009 "Valutazione di compatibilità idraulica per la redazione degli strumenti urbanistici Modalità operative e indicazioni tecniche", deve essere prevista l'adozione di misure di mitigazione del rischio idraulico allo scopo di trattenere le acque piovane per il tempo necessario a consentire un regolare smaltimento nella rete fognaria.

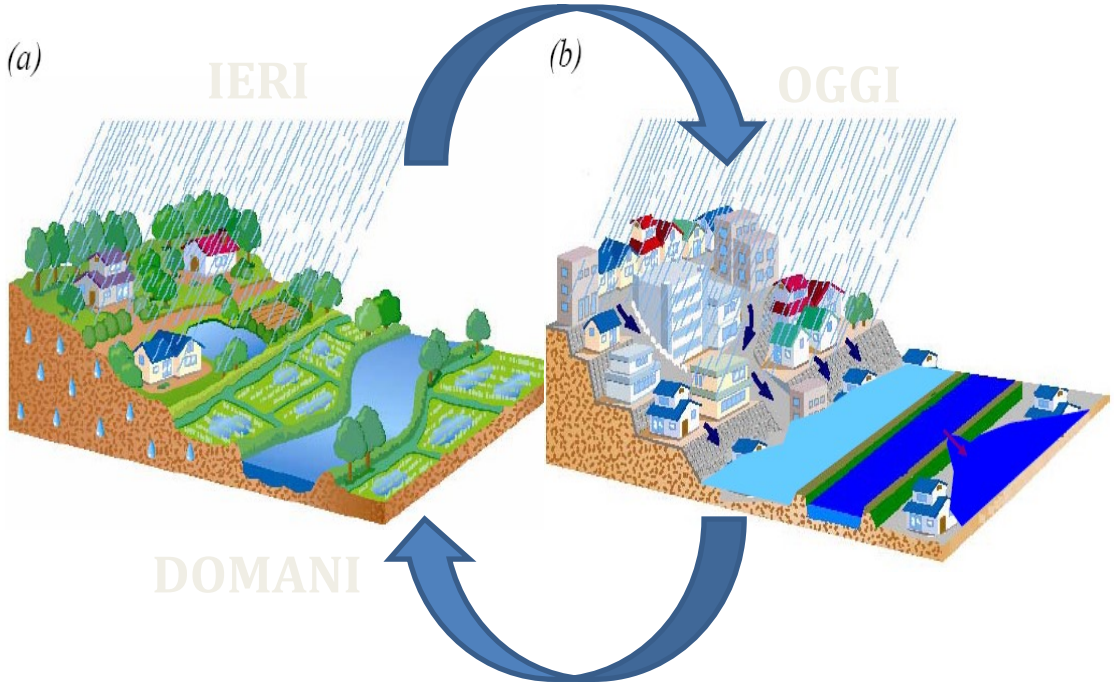


Figura 23 – Principio dell'invarianza idraulica

Dopo aver determinato la precipitazione di durata critica per il reticolo idrografico ricettore dei deflussi provenienti dall'area oggetto di trasformazione, si determina l'impatto delle previsioni di progetto sul regime idraulico del territorio in termini di aumento della portata scaricata rispetto allo stato attuale. Successivamente si definiscono gli interventi tesi alla mitigazione di tale impatto.

Pur essendo le previsioni di variante indicative, si è fatto riferimento alla destinazione d'uso del suolo allo stato di progetto riportato negli elaborati grafici di P.I.R.U.E.A., secondo i coefficienti di deflusso parziali riportati in Tabella 3 e secondo i criteri descritti nei seguenti paragrafi.

Tabella 3 – Coefficienti di deflusso adottati per tipologia di superficie

Tipo di superficie	***Coefficiente di deflusso ϕ***
Coperture, strade, piazzali	*0.9*
Superfici semi permeabili (lotti da edificare, parzialmente impermeabilizzati)	*0.4*
Verde	*0.2*

Per la valutazione della portata corrispondente alla precipitazione di progetto si utilizza il metodo razionale secondo la formulazione di Turrazza, applicata alle diverse superfici scolanti.

$$Q_{\max} = \frac{\varphi \cdot H \cdot S}{Tp}$$ Turrazza

dove φ è il coefficiente di deflusso, H è l'altezza di precipitazione, Tp è il tempo di pioggia ed S la superficie scolante.

In analogia con quanto riportato nel DGR 2948 del 6 ottobre 2009, per quanto riguarda le superfici impermeabili quali parcheggi asfaltati, piazzali pavimentati, marciapiedi e tetti si è assunto un coefficiente di deflusso pari a 0.9, mentre per quanto riguarda le aree a verde, esse vengono classificate come superficie permeabili, e viene assegnato loro il corrispondente coefficiente di deflusso pari a 0.2. Alle superfici occupate dai lotti costituiti da viabilità semipermeabili e verde privato è stato assegnato un coefficiente di deflusso pari a 0.40. La sintesi delle superfici di trasformazione con i relativi coefficienti di deflusso così calcolati è riportata nella seguente Tabella 4.

Tabella 4 – Coefficienti di deflusso

	Stato attuale		**Stato di progetto**	
Destinazione d'uso	**Superficie [m²]**	**Coefficiente di deflusso ϕ_{att}**	**Superficie [m²]**	**Coefficiente di deflusso ϕ_{prog}**
Superficie coperta	651	0.2	651	0.90
Viabilità - piazzali	979	0.2	979	0.90
parcheggi semipermeabili	90	0.2	90	0.60
Area verde	5170	0.2	5170	0.20
Totale	***6890***	***0.20***	***6890***	***0.37***

Sostituendo il valore di altezza di precipitazione e durata critico precedentemente ricavato, applicando il coefficiente di deflusso medio allo stato attuale φ_{att} si ottiene la portata proveniente dall'area oggetto allo stato attuale.

Applicando alla medesima pioggia il coefficiente di deflusso medio di progetto φ_{prog} si ottiene la portata proveniente dall'area oggetto allo stato di variante. L'impatto degli interventi di progetto sul regime idraulico del territorio è costituito da un incremento dei deflussi pari alla differenza di queste ultime portate. Moltiplicando tale portata per la durata dell'evento meteorico si ottiene il volume totale da destinare alla laminazione delle piene nell'ambito del presente intervento. I risultati delle elaborazioni condotte sono riportati nelle tabelle che seguono:

Tabella 5 – Applicazione del principio dell'invarianza idraulica

Stato attuale		
Altezza di precipitazione	32	[mm]
Volume di precipitazione efficace	43	[m³]
Portata in uscita	47.9	[l/s]
Coefficiente udometrico	70	[l/s ha]
Stato di progetto		
Altezza di precipitazione	32	[mm]
Volume di precipitazione efficace	81	[m³]
Portata in uscita	*90*	*[l/s]*
Coefficiente udometrico	135	[l/s ha]

Invarianza idraulica		
Volume di laminazione	37.9	[m³]
Volume di laminazione specifico	55	[m³ ha]

Come indicato nella precedente tabella, per mitigare gli effetti delle opere in progetto sul regime idraulico del territorio è necessario ricavare un volume di laminazione pari a 38 m³ che corrisponde a circa 6 m³ di volume di laminazione per ciascun edificio.

Interventi di mitigazione

Come descritto nel precedente paragrafo, per mitigare l'impatto degli interventi di progetto sul regime idraulico del territorio è necessario ricavare un volume di laminazione pari a 38 m³. Tali volumi vengono di norma ricavati realizzando aree a verde soggette a temporanea sommersione, vasche di laminazione, attraverso il sovradimensionamento delle condotte di scarico e dei pozzetti delle acque bianche.

Per la determinazione del volume d'invaso da considerare nella progettazione, il volume necessario alla laminazione determinato con il criterio descritto nel precedente paragrafo, può essere depurato del contributo del velo superficiale e dei piccoli invasi in funzione dalla natura dell'area scolante secondo il criterio indicato nella seguente Tabella 6.

Tabella 6 –Contributo al volume di invaso specifico degli invasi minori e di superficie (m³/ha) in funzione della natura dell'area scolante (Consorzio di Bonifica veneto Orientale)

Tipologia di superficie	**Velo idrico superficiale [m³/ha]**	**Piccoli manufatti, caditoie, pozzetti, ecc. [m³/ha]**	**Totale Invaso superficiale [m³/ha]**
Superfici a verde	25	10	**35**
Superfici parzialmente drenanti, semi-permeabili, ghiaia, terra battuta	17	24	**41**
Superfici asfaltate, edificate o comunque fortemente impermeabilizzate	10	35	**45**

Destinazione d'uso	Superficie [m²]	Volume piccoli invasi [m³/ha]	Volume piccoli invasi [m³]
Superficie coperta	651	45	2.93
Viabilità - piazzali	979	45	4.41
Parcheggi semipermeabili	90	41	0.37
Area verde	5170	35	18.10
Totale	***6890***		***25.80***

Pertanto il volume di laminazione minimo diventa:

$$Volume = 38 - 26 = 12\ m^3$$

Ovvero 2 m³ di volume di laminazione per ciascun edificio. Tali volumi vengono di norma ricavati realizzando aree a verde soggette a temporanea sommersione, vasche di laminazione, attraverso il sovradimensionamento delle condotte di scarico e dei pozzetti delle acque bianche.

Nel caso in esame, potrebbe essere realizzato un sistema di raccolta delle acque meteoriche per irrigazione di capacità superiore a 2 m³ per edificio.

Come indicato nelle Linee Guida della Valutazione della compatibilità idraulica pubblicate dal Commissario Delegato per l'emergenza concernente gli eccezionali eventi meteorologici del 26 settembre 2007 che hanno colpito parte del territorio della Regione Veneto, tali dispositivi sono annoverati tra quelli da utilizzare per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica (tipologia D12).

Verifica della condotta di scarico

Come accennato, per la portata di progetto delle condotte è stata assunta come rappresentativa la precipitazione di 15 minuti con tr 50 anni applicata all'equazione di possibilità pluviometrica riportata nel precedente capitolo sulle superfici scolanti di competenza di ciascun ramo. Le condotte di scarico sono state verificate applicando la formula di Chezy con coefficiente scabrezza K di Gauckler-Strickler:

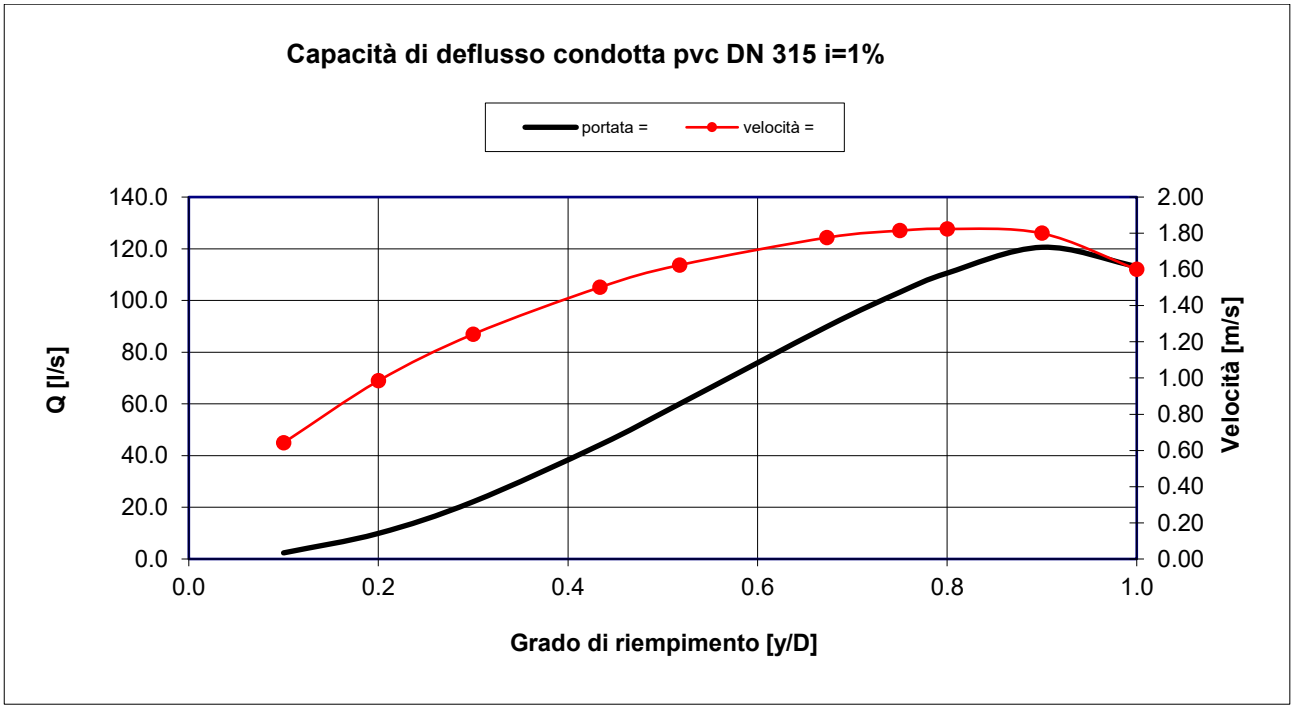
$$Q = K \cdot R_H^{2/3} \cdot i^{1/2} \cdot w \cdot A$$

dove RH rappresenta il raggio idraulico, i la pendenza del tratto di condotta, w il grado di riempimento e A la sezione di deflusso. Assegnando alle sezioni dei tubi in PVC un coefficiente di Gauckler-Strickler pari a 90 $m^{1/3}/s$. Si verificano i vari tratti di condotta riportati nella seguente figura che riporta la rete di progetto e i bacini scolanti su ciascun ramo.

La verifica si ritiene soddisfatta per grado di riempimento inferiore al 75%.

Tabella 7 – Sintesi delle verifiche idrauliche

Condotta	lunghezza	Pendenza minima	portata	condotta	diametro nominale	diametro interno	velocità	grado di r.			
	[m]	[%]	[l/s]		[mm]	[mm]	[m/s]				
1	30	1	90	PVC	315	299	1.78	0.68	<	0.75	VERIFICATO



Come indicato in tabella 6, che riporta la sintesi del calcolo, la condotta fa fluire la portata di progetto, pari a 90 l/s, con un grado di riempimento 68% e una velocità 1.78 m/s. Esso risulta pertanto verificato.

Verifica di compatibilità con il ricettore

Come precedentemente descritto, allo stato attuale l'area di intervento scarica i propri deflussi nelle stesse condotte Bim Gsp. Tali condotte costituiscono i l ricettore finale dell'area anche allo stato di progetto. La portata scaricata nella rete ricettore non subisce alcun incremento rispetto allo stato attuale, in quanto come precedentemente descritto, l'intervento rispetta il principio dell'invarianza idraulica definito nella DGRV 2948/2009. Pertanto l'intervento appare compatibile con il regime idraulico del ricettore. In Appendice C si riporta l'autorizzazione allo scarico della Bim Gsp, Ente gestore della rete ricettore.

5 VERIFICA DI COMPATIBILITA' NORMATIVA

Come indicato in Figura 24, le norme tecniche di PRG vigente in corrispondenza della zona di intervento sono quelle indicate al punto 3 lettera b) Area del Col Cavalier classificata dal PAI come DGPV (Dissesto Gravitativo Profondo di Versante).

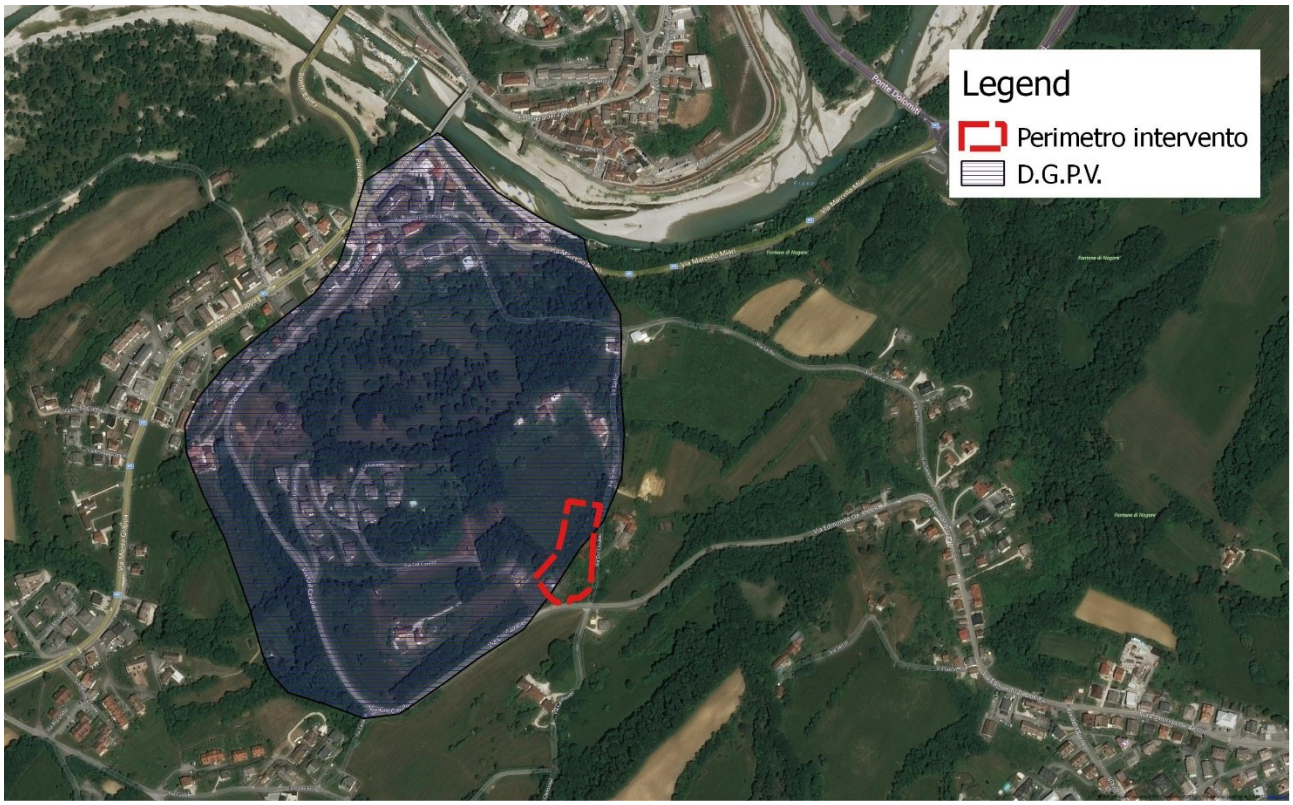


Figura 24 – Area di intervento e area classificata come b) area classificata dal PAI come DGPV

Per tale area le NTC prevedono la compatibilità con le Norme sismiche e con il PAI, e contengono delle prescrizioni indicate agli artt. 8.6 bis e 7-39 punto 2.17 che vengono di seguito esaminate.

5.1 Compatibilità con le norme sismiche

Come descritto negli studi pregressi riportati nelle Appendici A e B alla presente, è stata svolta una verifica di stabilità preliminare descritta nel seguente paragrafo 4.10.

Nella scelta del coefficiente di amplificazione delle azioni sismiche (§3.2.2 NTC) si è fatto riferimento a quanto rilevato dal Dr. Geol. Luca Salti che classifica l'area come "stabile, ma suscettibile di amplificazione" (Appendice A) e assegna preliminarmente una classe di terreno di tipo B.

Tale caratterizzazione è stata spinta ad un livello assimilabile a quello previsto per la progettazione preliminare, come descritto all'art. 17 D.P.R. 207/2010.

Sarà cura del richiedente fornire indagini più approfondite nell'ambito delle successive fasi di progettazione, come previsto dalla legge.

5.2 Compatibilità con il PAI

Come indicato negli elaborati di P.I.R.U.E.A., l'intervento risulta compatibile con quanto riportato al titolo II art. 12 (per la conformità con la pianificazione territoriale vigente si veda il seguente paragrafo 5.3) e art. 8 delle NTA di PAI, in particolare:

punto 3 a) Non sono previsti abbassamenti del piano campagna in grado di compromettere la stabilità dei versanti soggetti a fenomeni franosi, come descritto nelle analisi di stabilità condotte nel presente studio descritte al paragrafo 4.10;

punto 3 b) Non sono previsti interventi che favoriscano l'infiltrazione delle acque nelle aree franose, in quanto esse vengono captate e convogliate nella rete di scarico delle acque meteoriche come descritto nei paragrafi 4.11 e 4.12;

punto 4 b) Le condizioni di pericolosità dell'area di intervento e nell'area di valle non vengono aumentate, come descritto come descritto nelle analisi di stabilità condotte nel presente studio descritte al paragrafo 4.10;

punto 4 c) Il progetto è stato sviluppato tenendo conto del principio dell'invarianza idraulica, come descritto nel paragrafo 4.12;

5.3 Compatibilità con le NTA di Variante 37-2013 al PRG

a) Come descritto nel capitolo 4, lo studio geologico e morfologico condotto è stato svolto in conformità con le norme vigenti in un intorno morfologico giudicato adeguato;

b) Come indicato nel paragrafo 4.9, nell'ambito delle attività di redazione delle presenti integrazioni è sono state svolte delle indagini di controllo e monitoraggio di tipo inclinometrico finalizzate all'accertamento dell'effettiva forma e geometria della frana dissesto descritta nei precedenti capitoli (si veda l'Appendice C per le misure). Inoltre, l'area di intervento è monitorata dagli inclinometri posti a controllo del cantiere della galleria del Col Cavalier dal 2008 senza che si siano evidenziate situazioni di instabilità. Uno specifico studio geotecnico e sismico è stato condotto dal Dr. Geol. Luca Salti nell'ambito dell'istanza consegnata a Codesto Spett. Ente in data 20/07/2013 Vs. prot. 19623. Tale studio è stato ripreso nelle analisi condotte nell'ambito della presente integrazione, ed è riportato in copia in appendice A. Le attività descritte hanno permesso di definire un adeguato intorno morfologico all'interno del quale si è potuta eseguire una verifica di stabilità del versante come disposto nel DM 11.03.1988 e nel DM 14.01.2008. Come descritto nel paragrafo 4.10, tale verifica ha permesso di confermare le conclusioni dello studio Salti relativamente alle condizioni di stabilità del pendio.

c) Le opere di sostegno delle terre saranno progettate in modo accurato nei successivi livelli di progettazione, come indicato nel D.P.R. 207/2010.

d) Come descritto nei paragrafi 4.7, 4.11 e 4.12, le acque meteoriche provenienti dall'area di intervento saranno raccolte e convogliate nelle condotte ricettori, in gestione alla Bim Gsp Spa.

e) Non è previsto lo smaltimento al suolo delle acque meteoriche, né sono previsti interventi che favoriscano l'infiltrazione delle acque nel sottosuolo (paragrafi 4.7, 4.11 e 4.12).
f) Si prevede di scaricare le acque reflue e meteoriche nella rete fognaria. Nel paragrafo 4.12 sono state svolte le verifiche idrauliche della rete in progetto conformemente a quanto riportato nella normativa di settore;
g) Tutte le opere di sostegno delle terre, eventuali interventi di bonifica idrogeologica e drenaggio e gli interventi di captazione e smaltimento delle acque saranno dotati di Piano di Manutenzione in occasione della redazione del progetto esecutivo degli interventi, come previsto all'art 33 nel D.P.R. 207/2010.

APPENDICE A – RELAZIONE GEOLOGICA PER IL PROGRAMMA INTEGRATO DI RIQUALIFICAZIONE URBANISTICA EDILIZIA E AMBIENTALE IN LOCALITA' COL CAVALIER – BELLUNO

RELAZIONE GEOLOGICA SISMICA

Variante al Piano Urbanistico Attuativo ai sensi dell'art. 3 comma 3° L.R. 14/2009 e S.M.I. IN LOC. COL CAVALIER

COMPATIBILITA' GEOMORFOLOGICA E INDAGINE SISMICA DI SECONDO LIVELLO

PROVINCIA DI BELLUNO

COMUNE DI BELLUNO

1 PREMESSA 3

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO 4

3 CONSIDERAZIONI SUI VINCOLI 6

3.1 VINCOLI PAI 6

4 PROGETTAZIONE GEOLOGICA 7

4.1 STRATIGRAFIA 7
4.2 GEOMORFOLOGIA ED IDROGEOLOGIA 10

5 FRAGILITA' E COMPATIBILITA' GEOMORFOLOGICA – ART.89 DPR.380/2001 ..10

5.1 COMPATIBILITÀ GEOMORFOLOGICA 10
5.2 CONSIDERAZIONI GENERALI SULLA STABILITÀ GENERALE 11
5.3 CONSIDERAZIONI SULLO SMALTIMENTO DELLE ACQUE BIANCHE 11

6 ANALISI DI COMPATIBILITA' SISMICA (DGRV 1572/13) 11

6.1 CONSIDERAZIONI GENERALI 11
6.2 INDAGINI SISMICHE ESEGUITE IN AMBITO DELLO STUDIO 12
6.3 STUDIO DI MICROZONAZIONE DI PRIMO LIVELLO 12
6.4 INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA HVSR 13
6.5 INDAGINE SISMICA DOWN-HOLE 2008 17
6.6 DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA STRATIGRAFICA E TOPOGRAFICA 18
6.7 ANALISI DELLE FREQUENZE E DELLA PERICOLOSITA' SISMICA 18
6.7.1 Frequenze 18
6.7.2 Pericolosità 19
6.8 ANALISI DELLA MICROZONAZIONE SISMICA 20

7 CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI 22

ALLEGATI

ALL.1	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO
ALL.2	CARTA GEOLOGICA
ALL.3	SCHEMA TRINCEE ESPLORATIVE-SEZIONI GEOLOGICHE

1 PREMESSA

Lo scrivente ha redatto la seguente relazione a supporto del progetto di PUA per la realizzazione di nuovi fabbricati in località Col Cavalier (Bl).

Sono state analizzate tutte le caratteristiche geologiche idrogeologiche e sono state riportate tutte le considerazioni sismiche ai sensi della normativa vigente.

Si riportano delle considerazioni di compatibilità geomorfologica e sismica ai sensi delle leggi urbanistiche in vigore.

In particolare il lavoro è stato svolto ai sensi della O.P.C.M. n.3907 del 13/11/2010, O.P.C.M. n.4007 del 29/02/2012, O.P.C.M. n.52 del 20/02/2013 e secondo gli "*Standard di rappresentazione e archiviazione informatica versione 4.0b*" redatti dalla commissione tecnica nazionale per la Microzonazione Sismica. Sono state inoltre rispettate le "*Linee guida per l'esecuzione di studi di microzonazione sismica*", riportate nell'allegato A alla D.G.R.V. n.1572/13 e rispettate le successive D.G.R.V.

Per la compatibilità geomorfologica si rimanda all'art.89 del DPR 380/2001.

La zona era già stata interessata da un'attenta indagine geologica eseguita nel 2012 da parte del sottoscritto. Nell'ambito di quello studio erano state eseguite quattro trincee esplorative variamente distribuite su tutta l'area per l'identificazione della struttura stratigrafia del terreno.

Inoltre si sono utilizzati dati di sondaggi vicini eseguiti per la progettazione della galleria del col Cavalier.

Preso atto che l'area di urbanizzazione, in seguito all'iter amministrativo che si è avviato nel 2012, è stata rivista in quanto il lotto era allora posto in sommità del colle, ed ora va collocato nella zona più meridionale dove sono presenti gli attuali fabbricati destinati a demolizione, considerata inoltre l'impossibilità di eseguire ulteriori indagini in quanto la zona è occupata dai vecchi manufatti, si è deciso di integrare la campagna di indagini con due prove sismiche HVSR descritte di seguito.

Il rilievo di campagna è stato eseguito in parallelo ad una ricerca bibliografica di dettaglio che ha permesso di raccogliere dati sulla natura dei terreni, le caratteristiche idrogeologiche dell'area e le condizioni al contorno del sito di progetto.

In seguito è stato realizzato un lavoro a tavolino con l'elaborazione di tutti i dati precedentemente raccolti in campagna, al fine di valutare la stabilità generale e quella dei terreni soggetti alle opere.

Il presente lavoro è stato redatto in ottemperanza alle nuove norme tecniche sulle costruzioni (DM 17 gennaio 2018) al D.M. L.L. P.P. 11.03.88 .

La nuova normativa urbanistica sta subendo delle importanti evoluzioni: infatti, la L.R. 11/04 sancisce le nuove procedure per la pianificazione del territorio.

In particolare, come espresso dalle norme in materia urbanistica emanate dalla Regione del Veneto e come espresso dalle linee guida per la realizzazione dello studio di compatibilità sismica ai fini urbanistici (DGRV 1572/13), si introducono nuovi concetti

espressi da apposite cartografie che il geologo deve produrre per completare il quadro conoscitivo dell'area studiata.

Verranno quindi riportate delle asseverazioni di compatibilità geomorfologica e di compatibilità sismica.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La zona di lottizzazione è collocata immediatamente a sud del Col Cavalier, in un'area agricola ma soggetta alla presenza di alcuni vecchi fabbricati variamente distribuiti.

A nord il limite dell'area è definito dalla cresta morfologica del colle, a sud dalla strada comunale che conduce alla frazione di Castion.

Per inquadrare la zona si rimanda all'All. 1 e per un maggiore dettaglio all'All.2.

Si riporta di seguito il confronto legato allo spostamento dell'area di intervento verso sud.

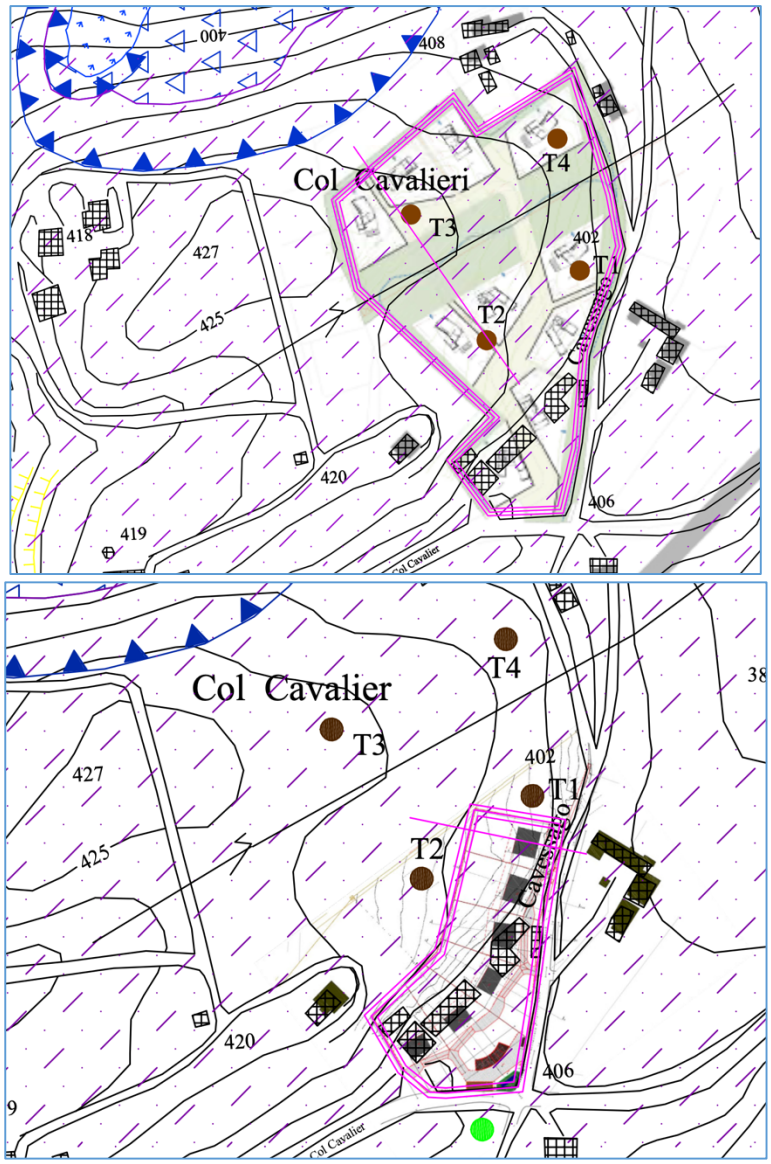


Figura 1 – Confronto dello spostamento dell'area. Anno 2012 sopra e 2020 sotto.

Figura 2 – Zona di progetto durante la prova sismica HV01

Figura 3 – Esecuzione prova sismica HV02

3 CONSIDERAZIONI SUI VINCOLI

3.1 VINCOLI PAI

Nell'anno 2012 è stato adottato dall'Autorità di Bacino del fiume Piave, Bacchiglione, Tagliamento il piano di assetto idrogeologico (PAI) per cui sono entrate in vigore le norme di salvaguardia per le aree a rischio.

La zona di studio ricade nella quasi totalità in un'area P1 ovvero pericolosità moderata.

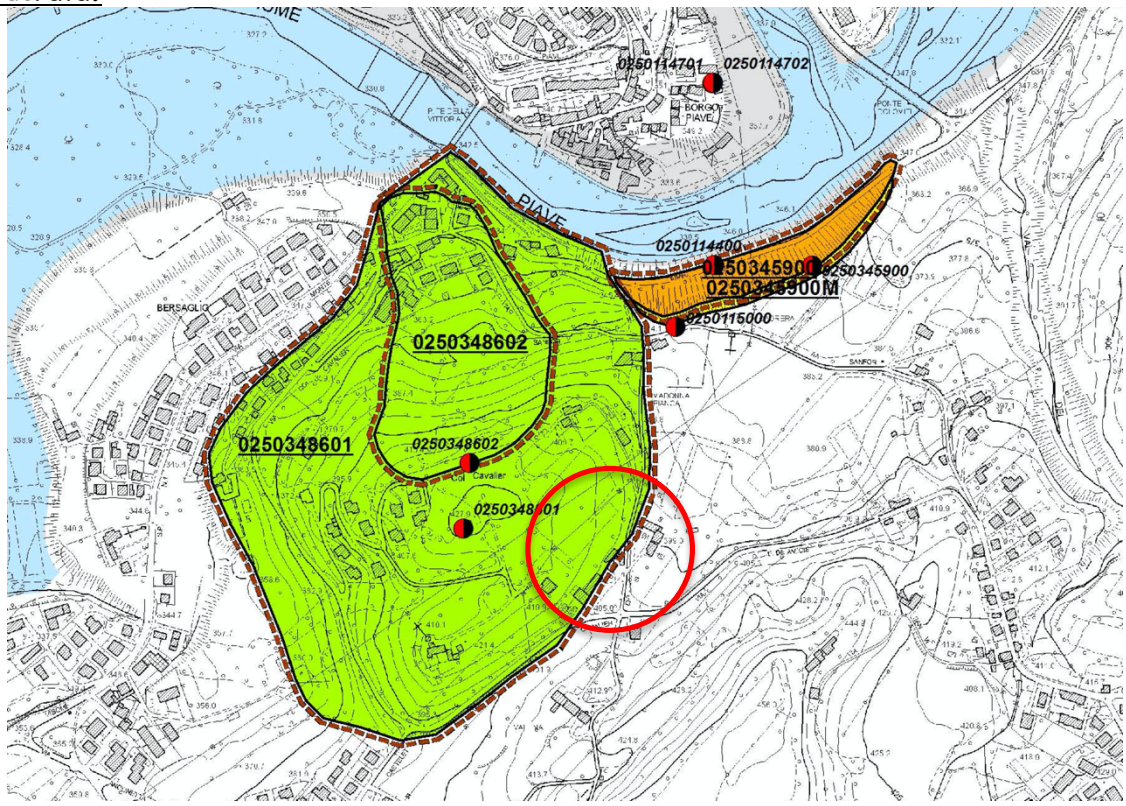


Figura 4 – Perimetrazione PAI – in viola paleofrana e in rosso l'area in esame.

Tale condizione è dettata dalla presenza della storica frana del Col Cavalier il cui ciglio, come si vede in All.2, è parecchio distante dall'area di progetto.

L'analisi geomeccanica del substrato, ed in particolare modo la verifica dei giunti di strato nelle quattro trincee eseguite, ha permesso di dimostrare l'omogeneità strutturale dell'area. Questo prova che il Flysch di Belluno, nel sito indagato, è "in posto", ovvero non ha subito deformazioni e tanto meno dislocazioni a causa della frana collocata a nord.

Tale fatto è dimostrato anche dal piano regolatore vigente, ed in particolare dalla carta delle penalità edificatorie che classifica l'area tra buono e mediocre.

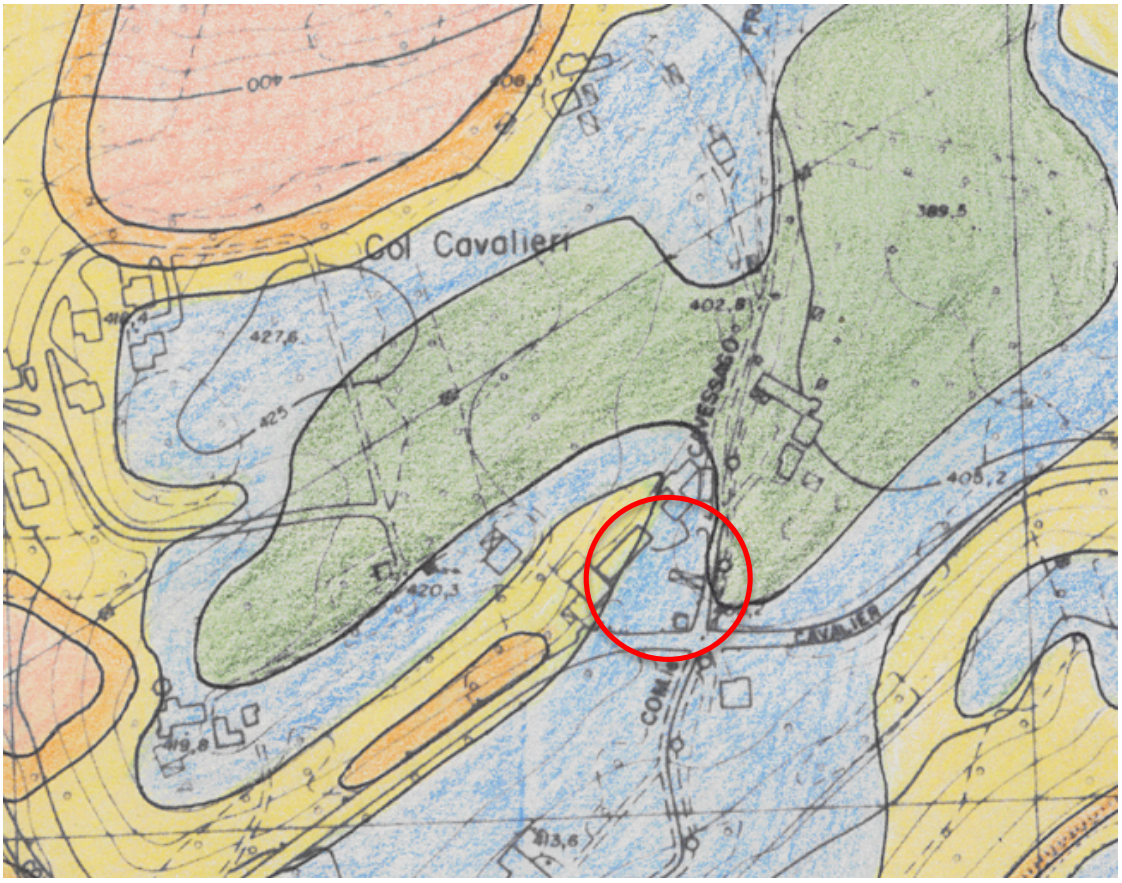


Figura 5 – Estratto Piano Regolatore vigente. Penalità ai fini edificatori. Verde ottimo, azzurro buono, giallo mediocre.

4 PROGETTAZIONE GEOLOGICA

4.1 Stratigrafia

Per avere un'idea delle condizioni stratigrafiche al contorno nel 2012 erano state eseguite 4 trincee esplorative ubicate come indicato nell'allegato 2 alla presente relazione.

Nell'area di progetto affiorano solamente terreni incoerenti costituiti da limi e argille debolmente sabbiosi con rari inclusi ghiaiosi. Si tratta di uno strato con spessori medi di 1m, derivato dall'alterazione del sottostante Flysch di Belluno (Copertura eluviale).

Le sezioni stratigrafiche e le descrizioni dei terreni sono riportate sempre nell'allegato 3.

Il substrato è stato incontrato in tutte e quattro le trincee alla profondità di 1-1,2 m. Si tratta di alternanze marnoso arenacee con spessori molto variabili. Nelle trincee 2-3 la composizione era maggiormente arenacea e compatta, mentre nelle altre due affioravano più livelli marnosi argillitici.

In tutte e quattro le trincee è stato possibile eseguire delle misure strutturali sulla stratificazione. E' emersa un'importante omogeneità, in quanto, tutte e quattro le misure dei piani di strato erano orientate intorno a 320/15°-325/15°.

Questo fatto risulta fondamentale poiché prova che il versante di progetto è stabile e non ha subito deformazioni e rilassamenti in seguito alla frana del Col Cavalier (1886).

La zona di nuova urbanizzazione, come detto in precedenza, è collocata a sud rispetto alla prospettiva del 2012.

La piana di realizzazione del manufatto, vede la presenza di una coltre alluvionale di terrazzo che ha spessore di qualche metro, al contatto del costone roccioso posto verso nord.

Un dato utile sugli spessori dei materiali deriva dal sondaggio S6 realizzato dalla società Veneto Strade Spa nel 2008 nell'ambito della progettazione della galleria del Col Cavalier.

Dall'indagine emergono spessori di 5m circa di coltre detritica generalmente di matrice argillosa limosa, al di sotto della quale affiora il substrato roccioso costituito dal Flysch di Belluno.

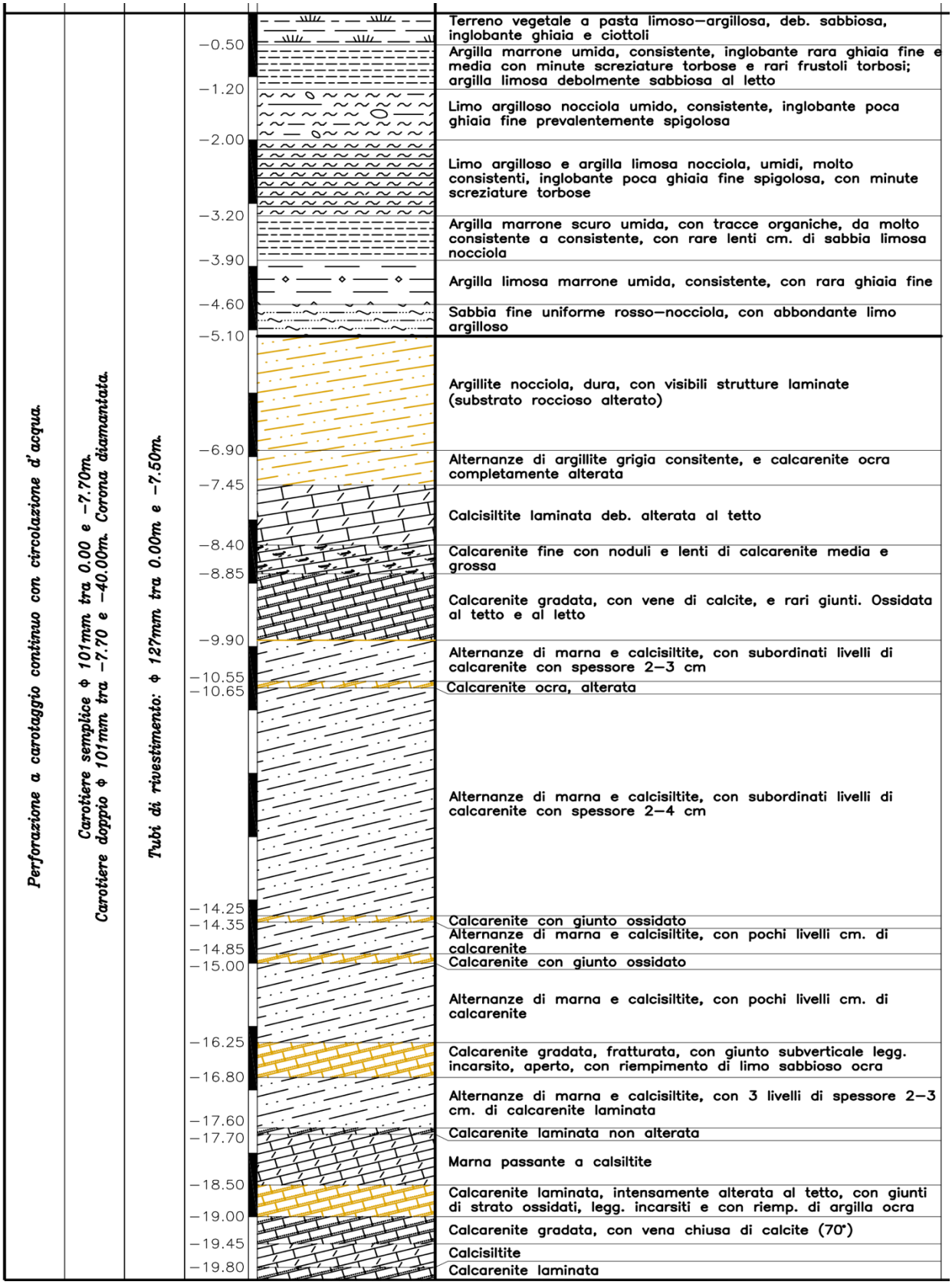


Figura 6 – Sezione stratigrafica sondaggio S6 2008 – Veneto Strade Spa

La sezione geologica in All.4, esplica questa condizione.

4.2 Geomorfologia ed idrogeologia

Il Col Cavalier è caratterizzato dalla presenza di un imponente accumulo di frana che ha avuto il suo massimo ed ultimo episodio di movimento nel 1886. Il dissesto classificabile come scivolamento rotazionale ha esaurito il suo dinamismo in quanto non ha più dimostrato alcun segno di riattivazione. Le problematiche che si potrebbero generare attualmente sono legate a movimenti superficiali di colata e modesti assestamenti più frequenti lungo le porzioni di confine della frana.

Nell'area di lottizzazione non ci sono assolutamente segni di instabilità e le strutture esistenti nella porzione sud del colle sono prive di segni di rottura e fatturazioni varie a prova di una buona stabilità morfologica. Queste strutture sono infrapposte tra l'area di lottizzazione e la nicchia della vecchia frana.

L'idrogeologia locale non presenta particolari segni in quanto non ci sono zone umide, sorgenti e aree paludose. Visto il contatto tra la copertura eluviale e il sottostante Flysch, possono esserci sicuramente delle circolazioni anche a profondità limitate, e per questo, qualsiasi struttura interrata dovrà essere dotata di opportuni drenaggi.

I terreni hanno una permeabilità stimata da dati di campagna e bibliografici sull'ordine di 10^{-3} cm/sec (dati ricavati da effettive prove di permeabilità eseguite in terreni simili vicini).

5 FRAGILITA' E COMPATIBILITA' GEOMORFOLOGICA – ART.89 DPR.380/2001

5.1 Compatibilità Geomorfologica

La fragilità geologica di un luogo è data dalla presenza di situazioni di instabilità, dissesti, problemi di cedimenti per terreni scadenti o per carsismo, possibilità di esondazioni o presenza di concentrazioni di acqua nel terreno.

Per il sito in esame non ci sono particolari elementi geologici che possano condurre ad una situazione di fragilità, se non la distante frana del col Cavalier.

Seguendo le nuove indicazioni sulla definizione delle aree omogenee dal punto di vista geologico, il sito in oggetto può essere classificato come **area idonea a condizione**.

La condizione è dettata in primo luogo dalla possibilità di amplificazioni sismiche locali. Inoltre si dovranno valutare condizioni di stabilità locali per ogni fabbricato visto che siamo collocati al passaggio del complesso collinare e della piana sottostante.

Lo studio delle condizioni strutturali dell'ammasso roccioso incontrato nelle trincee, ha dimostrato omogeneità. Pertanto si escludono situazioni di dissesto in atto e si esclude anche il coinvolgimento della zona in quelle che sono state le dinamiche della frana antica del 1886.

Sono stati censiti anche i fabbricati esistenti, e non si sono riscontrate condizioni di fratturazione, lesione, cedimenti, a prova della buona stabilità morfologica della zona.

Dal punto di vista geomorfologico, idrogeologico, si assevera ai sensi dell'art 89 del DPR380/01, che la variante dei PI risulta compatibile e le opere previste si inseriscono nel naturale contesto senza alterare le condizioni geomorfologiche locali.

5.2 Considerazioni Generali Sulla Stabilità Generale

La stabilità generale del pendio non verrà compromessa dalla realizzazione dei volumi di progetto per i seguenti motivi:

a) la stratificazione, lungo il versante di lavoro, è favorevole in quanto a reggipoggio (N325/15), mentre diventa a franapoggio dalla nicchia storica verso nord;
b) i volumi di progetto in parte interrati richiedono l'asportazione del materiale di scavo, per cui si raggiunge una buona compensazione del carico con sovraccarichi minimi, se non nulli.
c) I volumi nuovi andranno localizzati al posto di quelli storici che verranno demoliti, e quindi in condizione di preconsolidazione del terreno;

Sarà fondamentale, come già ribadito, in fase di progettazione di ogni singolo intervento, eseguire delle indagini e verifiche geologiche puntuali comprensive di analisi di stabilità globale del versante.

5.3 CONSIDERAZIONI SULLO SMALTIMENTO DELLE ACQUE BIANCHE

Considerato che in tutti i punti di indagine si è riscontrata la presenza del substrato roccioso impermeabile mediamente ad una profondità di 1,0 m coperto ad uno strato limoso argilloso poco permeabile, si ritiene che sia assolutamente improbabile qualsiasi assorbimento del terreno delle portate di prima pioggia e di scroscio. Inoltre, la vicinanza all'orlo morfologico della vecchia frana, richiede di non aumentare e concentrare i carichi idrici nel terreno per non incrementare le pressioni neutre del versante.

Per queste considerazioni, sarà necessario trovare delle soluzioni alternative alla dispersione delle acque meteoriche nel terreno.

6 ANALISI DI COMPATIBILITA' SISMICA (DGRV 1572/13)

6.1 Considerazioni generali

La normativa sismica ha subito e sta subendo un'importante evoluzione. Per dare un po' di chiarezza al quadro normativo venutosi a creare, la Regione del Veneto ha deliberato con Del GRV n.71/2008 una serie di considerazioni. Per quanto riguarda la zonizzazione sono ancora valide le direttive impresse dalla deliberazione del Consiglio Regionale n.67/2003 per cui si fa riferimento ai confini comunali per determinare l'area sismica in cui ricade il progetto nonostante l'OPCM 3519/06 abbia definito le zone.

A livello nazionale sono entrate in vigore le nuove norme tecniche sulle costruzioni (DM 17/01/2018).

Ai sensi del OPCM3274/03 il territorio del comune di BELLUNO ricade nella zona sismica 2.

In funzione della mappa della pericolosità riportata dall'OPCM 3519/06 si considera un'accelerazione al suolo rigido compresa 0.225-0.250.

Il punto della griglia di quattro nodi sismici più vicino alla zona di progetto e maggiormente sfavorevole è il 9639.

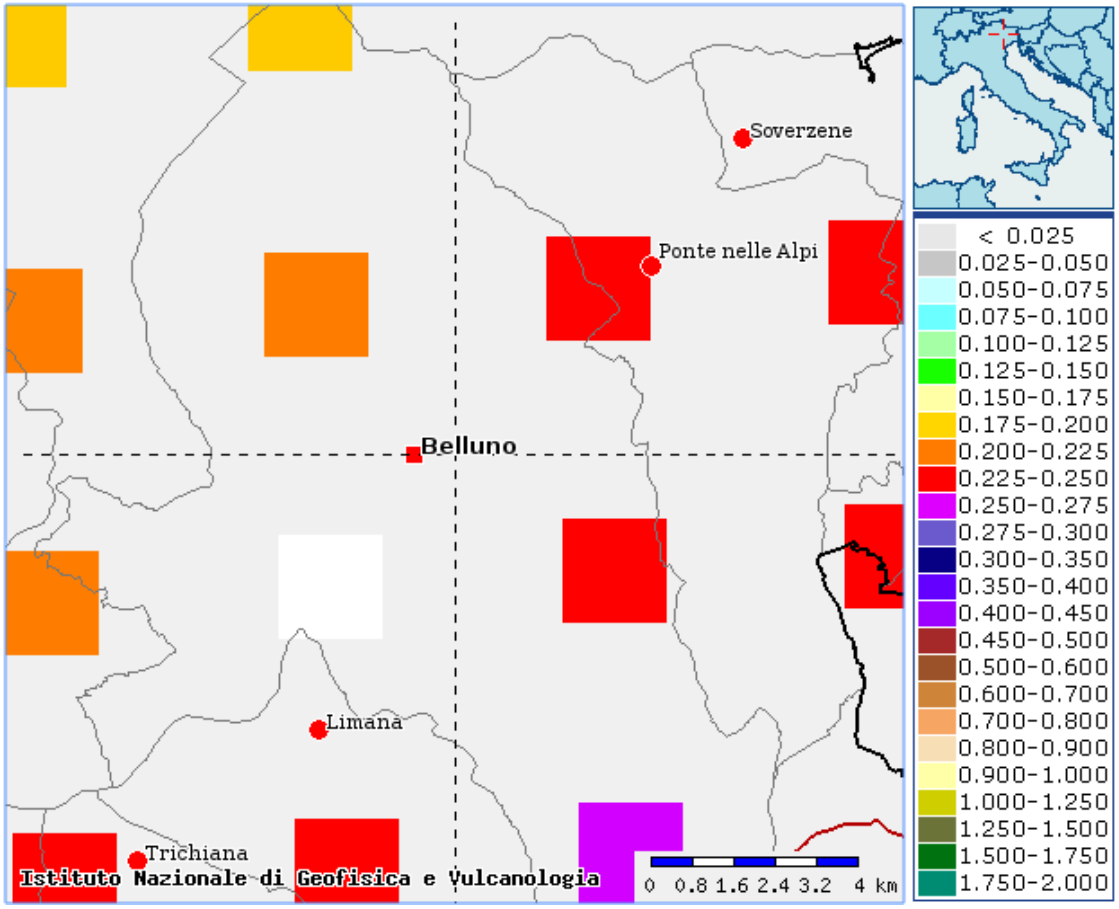


Figura 7 - Mappa sismicità Belluno. In bianco il nodo 9639

6.2 Indagini sismiche eseguite in ambito dello studio

In data 22/03/2020 è stata eseguita un'indagine geofisica così sviluppata:

- n°2 indagini sismica passiva a stazione singola HVSR indicate in All.2. La prima è stata eseguita nel piazzale del vecchio manufatto. La seconda nella zona prativa in adiacenza alle trincee eseguite nel 2012.
- Nell'ambito dello studio di Veneto Strade Spa, per la realizzazione del tunnel del col Cavalier, era stata eseguita una campagna di indagini sismiche in foro "Down hole". Si riportano le risultanze per il sondaggio S6.

Nell'ambito di questo studio, non e' stato possibile eseguire stendimenti sismici tipo masw o rifrazione, in quanto il sito non risulta accessibile per la folta vegetazione che interessa tutta la vecchia proprieta'.

6.3 Studio di microzonazione di primo livello

Il comune di Belluno ha redatto lo studio di microzonazione di primo livello nel 2013.

La zona di studio nella carta delle MOPS, viene classificata come un'area zona 2 definita come substrato Flyschioide sovrastato da coperture alluvionali.

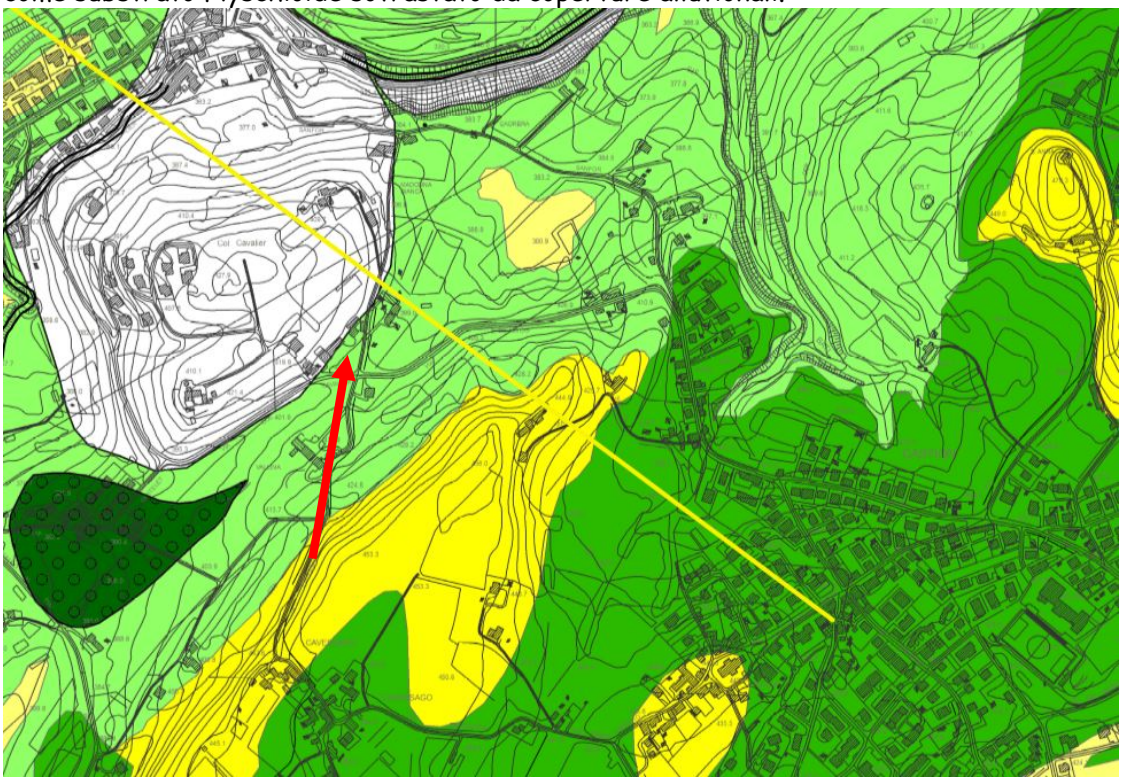


Figura 8 – Estratto carta MOPS studio di primo livello.

6.4 Indagine sismica con metodologia HVSR

E' stata effettuata una coppia di HVSR (vedi fig.2-All.2).

L'indagine consiste nella misurazione, e nella successiva elaborazione, del microtremore ambientale nelle sue tre componenti spaziali (x, y e z opp. E-W, N-S e Up Down) a varie frequenze. Dall'analisi delle componenti spettrali delle tracce registrate è possibile:

- ricavare la frequenza fondamentale (o di risonanza) del sito;
- ottenere un'interpretazione del profilo stratigrafico-sismico ad elevata profondità con stima sullo spessore della copertura (substrato sismico o litologico) e del parametro V_{S30} (velocità media delle onde S – di taglio – nei primi 30 metri di profondità).

L'indagine sismica passiva a stazione singola mette in luce le frequenze alle quali il moto agisce come sorgente di eccitazione. Un suolo vibra con maggiore ampiezza a specifiche frequenze (per l'appunto di risonanza) non solo quando è eccitato da un terremoto ma anche quando è eccitato da un tremore di qualsiasi origine. Questo fa sì che la misura delle frequenze di risonanza dei terreni sia possibile ovunque ed in modo semplice, anche in assenza di terremoti.

Le frequenze a cui si manifesta la risonanza sono descritte dalla relazione:

$$f=Vs/4h$$

(formula semplificata) dove Vs è la velocità delle onde di taglio nello strato che risuona e h è lo spessore di detto strato. La prova, comunemente nota con il termine H/V o HVSR (rapporto tra le componenti spettrali orizzontali H e verticale V) fu applicata per la prima volta da Nogoshi e Igarashi (1970) e resa popolare da Nakamura (1989).

Infatti, è proprio dal grafico del rapporto tra le componenti spettrali orizzontale e verticale che viene evidenziata la frequenza (o più frequenze se si è in presenza di un profilo stratigrafico multistrato con contrasti di minimo della componente verticale, riscontrabile negli spettri delle singole componenti).

La frequenza fondamentale del sito è da intendersi quella più significativa a bassa frequenza. Eventuali altre frequenze evidenziate (picchi secondari) se vicine alle frequenze di interesse ingegneristico (struttura) possono essere comunque significative.

Le frequenze di risonanza del sottosuolo, costituiscono un parametro fondamentale per i progettisti, i quali devono evitare, o se non è possibile quanto meno tenere in debita considerazione nel dimensionamento delle strutture, i fenomeni di "doppia risonanza" che costituiscono la vera causa delle distruzioni generate da un terremoto.

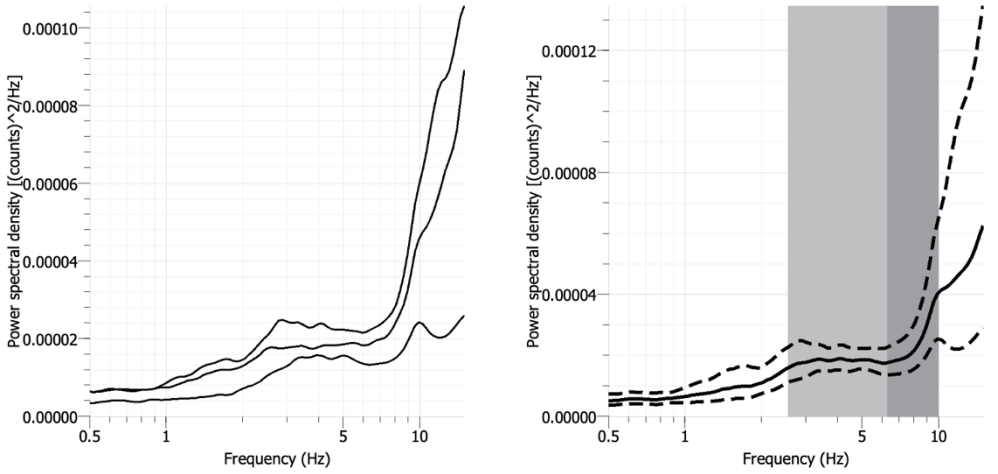


Figura 9 – Estratto frequenze medie indagine HV01

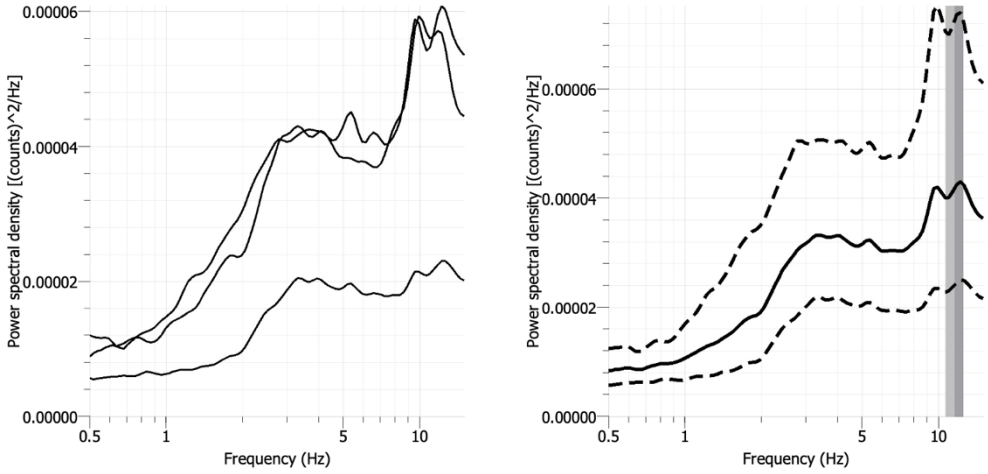


Figura 10 – Estratto frequenze medie indagine HV02

La curva nera continua rappresenta il rapporto H/V medio, mentre le curve nere tratteggiate, dette "curve di confidenza", sono il risultato della moltiplicazione (curva

superiore) e divisione (curva inferiore) dei valori del rapporto H/V medio per la deviazione standard dei valori delle singole curve H/V.

Le curve colorate sono i rapporti H/V delle singole finestre; grazie al colore è possibile associare ogni curva alla corrispondente finestra temporale. Le due bande grigie identificano la frequenza principale, o *f0*, individuata automaticamente dal programma. La *f0* del rapporto medio è esattamente al centro delle due bande, mentre l'area coperta dalle bande è ottenuta aggiungendo e sottraendo alla *f0* del rapporto medio la deviazione standard delle *f0* delle singole curve.

FREQUENZE PROPRIE DEL TERRENO

HVSR01 f_0**= 8-10 Hz.**

HVSR02 f_0**= 12-14 Hz.**

In letteratura esistono delle procedure qualitative, che permettono di estrapolare una rapporto diretto tra le frequenze proprie di risonanza del terreno e gli spessori. Questo permette di dare delle prime indicazioni empiriche sulle categorie del sottosuolo.

Questo tipo di indagine non sostituisce una analisi di dettaglio ma ha il solo scopo (sotto controllo geologico) di fornire indicazioni preliminari sulla struttura del sottosuolo.

In genere si ha:

$$H = \left[\frac{V_0(1-a)}{4\hat{\nu}_1} + 1 \right]^{1/(1-a)} - 1$$

A parità di velocità media delle onde S, a frequenze di risonanza minori corrispondono spessori maggiori.

dove i valori di Vo, a, si ricavano dai seguenti abachi:

	Terreni coesivi	Sabbie	Terreni Rimaneggiati /conoidi
	Vo=190	Vo=170	Vo=110
	a=0.20	a=0.25	a=0.40
ν	**H**	**H**	**H**
0.5	230	260	334
0.6	183	204	249
0.7	151	167	194
0.8	128	140	157
0.9	111	120	130
1	98	105	110
1.5	59	62	58
2	42	43	37
3	26	25	20
4	18	18	13
5	14	13	10
6	11	11	8
7	9	9	6
8	8	8	5
9	7	7	4
10	6	6	4
15	4	4	2
20	3	3	2

Figura 11 – Abaco di interpretazione sismica.

Le verifiche eseguite e le risultanze della frequenza propria, considerando terreni prevalentemente coesivi e frequenze di 10Hz, portano a stimare spessori di copertura maggiori di **5-6m. Questo dato è supportato anche dal sondaggio S6 che ha dimostrato spessori di copertura di 5m**.

Per definire la velocità si utilizza la seguente relazione :

Vmedia=4H x frequenza

per cui la velocità finale stimata da questa approssimazione risulta di Vs30 = 340-380m/sec.

6.5 *Indagine sismica Down-hole 2008*

Si riporta la tabella dell'indagine eseguita nel 2008 in ambito progetto galleria.

PARAMETRI INTERGEOFONICI										STRATIGRAFIA SINTETICA	metri	PARAMETRI INTERVALLARI						
Prof.	Tp	Ts	Vp	Vs	ν	γ	Edin	Gdin	Kdin			Vp	Vs	ν	γ	Edin	Gdin	Kdin
m	millisec.	millisec.	Km/sec.	Km/sec.	-	T/m³	Kg/cm²	Kg/cm²	Kg/cm²			Km/sec.	Km/sec.		T/m³	Kg/cm²	Kg/cm²	Kg/cm²
0											0							
1	7.1	25.0	0.35	0.100	0.46	1.55	461	158	1727		1							
2	7.8	25.7	0.35	0.102	0.45	1.55	477	164	1683		2							
3	8.1	28.3	0.35	0.104	0.45	1.55	495	171	1651		3	0.39	0.12	0.45	1.58	665	230	2215
4	9.5	30.8	0.46	0.124	0.46	1.63	747	256	3135		4							
5	**10.4**	**35.2**	**0.45**	**0.155**	**0.43**	**1.63**	**1145**	**399**	**2878**		**5**							
6	11.6	37.0	0.72	0.263	0.42	1.78	3572	1255	7734		6							
7	12.0	38.9	0.74	0.303	0.40	1.79	4694	1676	7843		7	1.02	0.39	0.42	1.89	9214	3257	18433
8	12.5	39.4	1.17	0.400	0.43	1.95	9131	3184	22996		8							
9	13.3	41.4	1.46	0.577	0.41	2.04	19460	6912	35159		9							
10	**13.6**	**42.9**	**1.62**	**0.568**	**0.43**	**2.08**	**19514**	**6826**	**46081**		**10**							
11	14.0	44.3	1.78	0.554	0.45	2.11	19140	6616	59631		11							
12	14.5	45.4	1.89	0.597	0.44	2.14	22430	7765	67063		12							
13	14.7	46.5	1.95	0.759	0.41	2.15	35611	12626	66080		13							
14	15.1	47.6	1.97	0.812	0.40	2.16	40494	14486	65952		14	1.90	0.78	0.40	2.14	38258	13821	61219
15	**15.6**	**48.4**	**1.89**	**0.867**	**0.37**	**2.14**	**44749**	**16379**	**55667**		**15**							
16	15.9	49.8	2.09	0.962	0.37	2.18	56184	20566	69837		16							
17	16.7	50.3	2.07	0.881	0.39	2.18	47861	17219	72377		17							
18	17.4	51.1	1.95	0.899	0.36	2.15	48351	17717	59479		18							
19	18.2	52.0	1.85	0.911	0.34	2.13	48246	18012	50023		19							
20	**18.8**	**53.5**	**1.87**	**0.886**	**0.36**	**2.13**	**46289**	**17077**	**53304**		**20**							
21	19.2	54.4	1.86	0.833	0.37	2.13	41410	15072	54647		21	1.88	0.87	0.36	2.14	44828	16426	55329
22	19.7	56.0	1.92	0.885	0.37	2.15	46785	17129	58036		22							
23	20.2	56.6	1.93	0.940	0.34	2.15	51990	19339	55604		23							
24	20.7	57.1	1.97	0.989	0.33	2.15	57234	21503	56394		24							
25	**21.3**	**57.7**	**2.05**	**0.996**	**0.35**	**2.17**	**59058**	**21943**	**63798**		**25**	2.05	1.00	0.34	2.17	59437	22106	63784
26	21.9	58.2	2.11	1.017	0.35	2.18	62062	23021	68039		26							
27	22.4	58.8	2.19	1.050	0.35	2.20	66841	24726	75085		27							
28	22.9	59.3	2.48	1.278	0.32	2.25	98939	37493	91329		28							
29	23.5	59.9	2.39	1.199	0.33	2.24	87364	32778	87007		29	2.42	1.22	0.33	2.24	90931	34221	88568
30	**24.1**	**60.5**	**2.39**	**1.192**	**0.34**	**2.24**	**86491**	**32393**	**87369**		**30**							

Legenda dei parametri dinamici

Tp	Tempi onde di compressione	millisecondi	**γ**	Peso di volume	T/m³
Ts	Tempi onde di taglio	millisecondi	**Edin**	Modulo di Elasticità dinamico	Kg/cm²
Vp	Velocità onde di compressione	Km/sec	**Gdin**	Modulo di Taglio dinamico	Kg/cm²
Vs	Velocità onde di taglio	Km/sec	**Kdin**	Modulo di Compressibilità dinamico	Kg/cm²
ν	Coefficiente di Poisson	-			

CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI SUOLI (D.M. 14.9.2005)

$$Vs_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

Vs_{30} = **377** m/sec

G_0 = **2787** Kg/cm²

CATEGORIA SUOLO = **B**

Figura 12 – Estratto risultanza Down-hole S06- Progetto galleria 2008

Dall'indagine è emersa una Vs30 = 377 m/sec concorde con i valori stimati dalle HV.

6.6 Definizione della categoria stratigrafica e topografica

I risultati delle analisi eseguite portano a differenziare le categorie del suolo ai sensi delle NTC, in quanto a monte della collina affiora il substrato roccioso e a valle, lungo la piana del piazzale, sono presenti terreni incoerenti di spessori di 5-6m.

Risulta pertanto che:

a) **i futuri fabbricati della lottizzazione che ricadranno nella piana prossima all'incrocio stradale , vista la presenza di una copertura detritica con spessori di 4-6m, saranno caratterizzati da terreni di categoria E. La categoria topografica risulta T1.**

b) **i futuri fabbricati della lottizzazione che ricadranno in adiacenza al promontorio collinare, dove di fatto affiora il Flysch, al di sotto della sottile coltre detritica eluviale, saranno caratterizzati da terreni di categoria B. La categoria topografica risulta T2.**

CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA - NTC - DM 17 GENNAIO 2018								
SISMICITA' LOCALE E CARATTERIZZAZIONE DEL TERRENO								
Provincia	Belluno		**Comune**	Belluno		**Località**	Col Cavalier	
Coordinate Y				**Coordinate Y**				
Sismcità OPCM 3274/03			2	**ID punto + vicino e + sfavorevole**				9639
CALCOLO DEL TEMPO DI RIFERIMENTO				**VALORI MASSIMI DI ACCELERAZIONE AL SUOLO**				
Periodo di riferimento	anni		50			**Ag**	**Fo**	**Tc***
Vita nominale	anni		50	**Tempo rit**	50	0,845	2,45	0,25
Coefficiente d'uso	-		1		**T1**	**T2**	**T3**	**T4**
Probabilità di superament	num		0,63	**SUOLO A**	2,07025	2,4843	2,4843	2,89835
Tempo di ritorno	anni		50,28905	**SUOLO B**	2,4843	**2,98116**	2,98116	3,47802
Descr. Topograf	Zona con pendenze blande ma orli morfologici vicini			**SUOLO C**	3,105375	3,72645	3,72645	4,347525
				SUOLO D	3,72645	4,47174	4,47174	5,21703
Classe Topografica		**T2**		**SUOLO E**	**3,3124**	3,97488	3,97488	4,63736
Descr. Stratigraf Descr. prove	Differenziazione dalla zona collinare a quella pianeggiante sede dell'attuale piazzale. Nel primo caso Categoria T2-B e nel secondo caso categoria T1-E.						**Classe suolo**	**B**
Coeff. Sism. Oriz Kh primo caso			**0,085176**	**Coeff. Di riduzione Bs**		0,28		
Coeff. Sism. Oriz Kh secondo cas			**0,09464**	**Coeff. Di riduzione Bs**		0,28		

Figura 13 – Caratterizzazione geotecnica sismica del sito.

6.7 Analisi delle frequenze e della pericolosita' sismica

Come ribadito in precedenza, la totale inaccessibilità dei luoghi non ha permesso di eseguire delle indagini sismiche in linea quali MASW e tomografie.

Si sono comunque utilizzati i dati derivati in particolare modo dalla prova HVSR, down-hole.

6.7.1 Frequenze

Si riportano di seguito delle considerazioni sulle frequenze e sulla pericolosità sismica.
Vengono indicati i due valori ricavati dai grafici di picco H/V delle indagini HVRS.

Il valore della frequenza è infatti funzione della profondità del bedrock: i risultati che si possono ottenere da questa tecnica rivelano principalmente la frequenza caratteristica di risonanza del sito. Essa rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nel realizzare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno, al fine di evitare effetti di "doppia risonanza", estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi.

Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremori. La forma di un'onda registrata in un sito da uno strumento dipende:

1. dalla forma dell'onda prodotta dalla sorgente s,
2. dal percorso dell'onda dalla sorgente s al sito x (attenuazioni, riflessioni, rifrazioni, incanalamenti per guide d'onda),
3. dalla risposta dello strumento.

Dalle indagini eseguite è emerso che si ha un valore di frequenza pari a 8 Hz nella zona del piazzale pianeggiante, e 12-14 Hz nella zona a monte collinare.

6.7.2 Pericolosità

Secondo le direttive della Regione del Veneto (DGRV 1572/13), è stata elaborata l'analisi delle pericolosità sismiche locali, che permette di identificare le aree in funzione dei possibili effetti locali.

L'approccio si intende indispensabile per la scelta successiva del grado di approfondimento di secondo e terzo livello, così come indicato dalla tabella della fig.2 del DGRV 1572/13.

L'area di studio è inserita in un contesto morfologico particolare, ovvero nel centro di una forcella in cui i due promontori a nord e sud formano una struttura a **valle larga** (C=0,12 < 0,25).

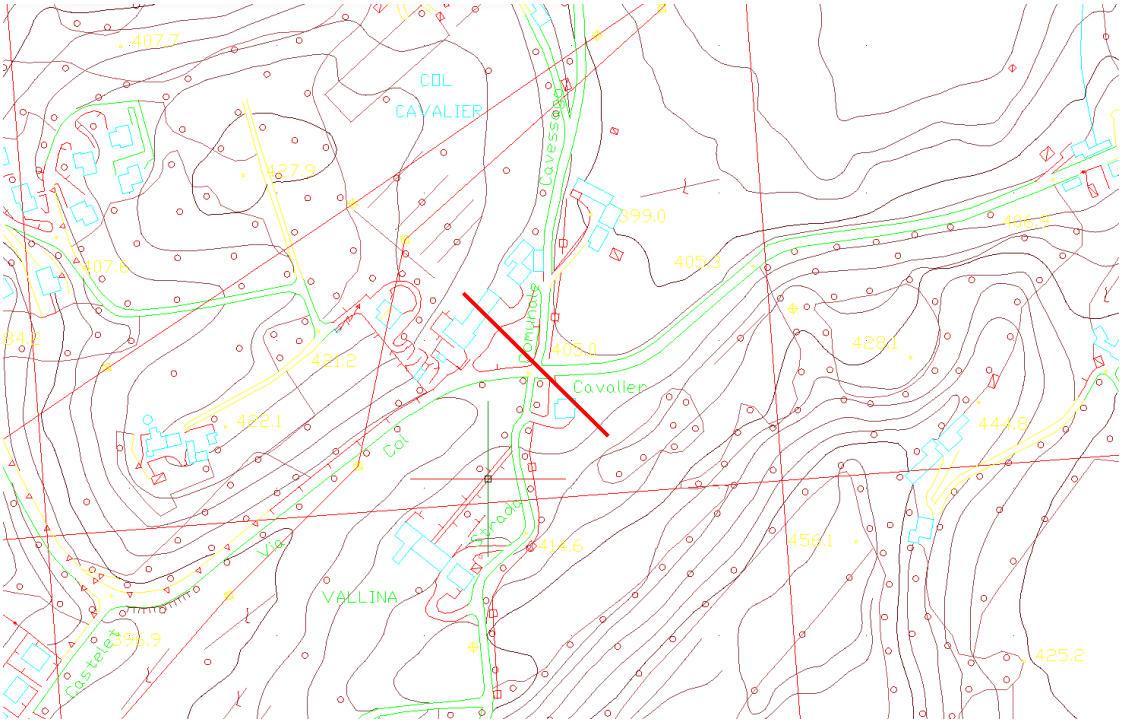


Figura 14 – Valle larga . In rosso la linea l=100m sulla quale è stato calcolato il fattore C=h/l. h è lo spessore della copertura definito dal sondaggio S6 pari a 5m. C=0,12

Alla luce di questa analisi siamo in un contesto si può definire la zona come **Condizione P4a**. Si tratta di materiale alluvionale di fondovalle con forma ampia senza la possibilità di amplificazioni per valle stretta.

Per discriminare la necessità o meno di eseguire l'analisi di terzo livello, deve essere esclusa questa condizione:

$$\frac{h}{l} > \frac{0{,}65}{\sqrt{Cv} - 1}$$

dove :

- h è lo spessore della coltre di copertura ;
- l la sua semiampiezza ;
- Cv rappresenta il rapporto tra la velocità Vs del substrato e la velocità Vs dei terreni di copertura.

Nel caso in esame h=5m, l 100m, Cv definito dalla down-hole = (0,8/0,12)= 6,66. Si evince che h/l=0,06 e il secondo fattore = 0,3. Vengono quindi verificate le possibili amplificazioni stratigrafiche e non morfologiche, escludendo la necessità di ricorrere al terzo livello.

6.8 Analisi della microzonazione sismica

Lo scopo finale dello studio di microzonazione di secondo livello, una volta verificato che per le aree di studio non siano necessarie verifiche di terzo livello, è quello di stilare l'analisi della microzonazione.

Tale cartografia costituisce il documento fondamentale all'interno del quale si ricaveranno i valori numerici oggettivi di amplificazione derivate dalle analisi geofisiche

condotte. In particolare si ricaveranno nei punti di indagine i valori Fa ed Fv dovuti ad effetti litologici.

Si sono utilizzati gli abachi contenuti nella pubblicazione di indirizzi di microzonazione sismica della protezione civile.

La grandezza **Fa** esprime il valore del **fattore di amplificazione** in termini di accelerazione sismica (valore di ancoraggio dello spettro di risposta elastico).

LA DGRV 1572/13 indica che il territorio comunale debba essere mappato secondo 3 casistiche:

aree "stabili", nelle quali non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura (substrato geologico posto a profondità inferiore a 3 metri con morfologia piatta o semipianeggiante);

aree "stabili suscettibili di amplificazioni sismiche", nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale;

aree "suscettibili di instabilità", nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni del territorio (non sono necessariamente esclusi per queste zone anche fenomeni di amplificazione del moto). Le principali cause di instabilità sono: instabilità di versante, liquefazioni, faglie attive, cedimenti differenziali.

Nelle zone di studio, come si vedrà di seguito, saranno contemplate solamente aree stabili suscettibili di amplificazione sismica. Non ci sono scarpate morfologiche e non saranno presenti fattori di amplificazione topografica.

Il fattore di amplificazione, applicando gli abachi dettati dalla regione assumendo:

1 – Vs nei primi 5m pari a 120m/sec

2 – Spessore di 5m

3- Ag = 0,26

Si ricava per il sito omogeneo dal punto di vista della risposta sismica:

Fa=2,21

Fv= 1,12

7 CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

Dalle analisi geologiche, sismiche eseguite in questa fase di piano urbanistico attuativo e dalle considerazioni fatte, si conclude che l'area rispetta la compatibilità geologica, geomorfologia e sismica dettata dalla normativa.

Le verifiche di carattere geotecnico, legate alle strutture, saranno da effettuare puntualmente caso per caso, in termine di definizione delle fondazioni, di analisi di stabilità globale del pendio e di possibilità o meno di cedimenti.

Si raccomanda:

- di seguire tutte le prescrizioni indicate nei capitoli di questa relazione;
- di progettare le strutture direttamente poggianti sul substrato roccioso che si trova ad una profondità molto limitata;
- di verificare direttamente in fase esecutiva di ogni singolo futuro intervento, a scavi aperti, le caratteristiche geotecniche adottate per il terreno al fine di adeguare eventualmente, il dimensionamento delle strutture stesse. Quanto detto è previsto anche dalla nuova normativa sismica che indica il metodo "osservazionale" in fase esecutiva.

Belluno, marzo 2020

ALLEGATI

APPENDICE B – INQUADRAMENTO GEOLOGICO – GEOMORFOLOGICO ED IDROLOGICO E INDICAZIONI PER L'AGGIORNAMENTO DELLE NORME TECNICHE DI ATTUAZIONE DEL PRG RELATIVE ALLA ZONA DEL COL CAVALIER

Spett.le

AMMINISTRAZIONE COMUNALE
DI BELLUNO

OGGETTO:

Inquadramento
GEOLOGICO – GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO
e
indicazioni per l'aggiornamento delle
NORME TECNICHE di ATTUAZIONE DEL P.R.G.

RELATIVE ALLA ZONA
DEL COL CAVALIER

Camposampiero, 04 giugno 2013

L'R.T.P. GEO.TEC.
Il capogruppo
Geol. Antonio TOSCANO

Firmato digitalmente da
Antonio Toscano
CN = TSCNTN71L23C129D/7000000822564634.akE2EutOJM3sfhENDZICn9IFERo
O = ArubaPEC S.p.A.
OU = Aruba PEC
SerialNumber = IT:TSCNTN71L23C129D
e-mail = antoniotoscano@fastwebnet.it
C = IT

Via BELLINI n. 21 – 35012 CAMPOSAMPIERO (PD) P. IVA : 03551640653
Tel. & fax 049 7381419 – Cell. 3284260200 E-mail : antoniotoscano@fastwebnet.it

1. PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO

Nell'ambito dell'incarico di cui alla Determinazione numero 616 dell'8 novembre 2012 e successiva richiesta dell'Amministrazione Comunale, abbiamo redatto la presente nota geologica al fine di fornire le necessarie indicazioni tecniche per l'aggiornamento delle **NORME TECNICHE di ATTUAZIONE AL P.R.G.** dell'area del COL CAVALIER in conseguenza dell'entrata in vigore dell'aggiornamento del Piano Stralcio dell'Autorità di Bacino adottato con deliberazione n.3 del 09.11.2012.

2. PIANO DI LAVORO

Il lavoro è stato eseguito in più fasi.

Nella prima fase si è proceduto ad eseguire un rilievo idrogeologico e geomorfologico dell'area interessata ricorrendo anche alla consultazione di testi e carte tematiche fornite dalla letteratura tecnica esistente; nella seconda fase, invece, si è proceduto alla redazione delle indicazioni per la stesura delle Norme Tecniche di Attuazione.

Via BELLINI n. 21 – 35012 CAMPOSAMPIERO (PD) P. IVA : 03551640653
Tel. & fax 049 7381419 – Cell. 3284260200 E-mail : antoniotoscano@fastwebnet.it

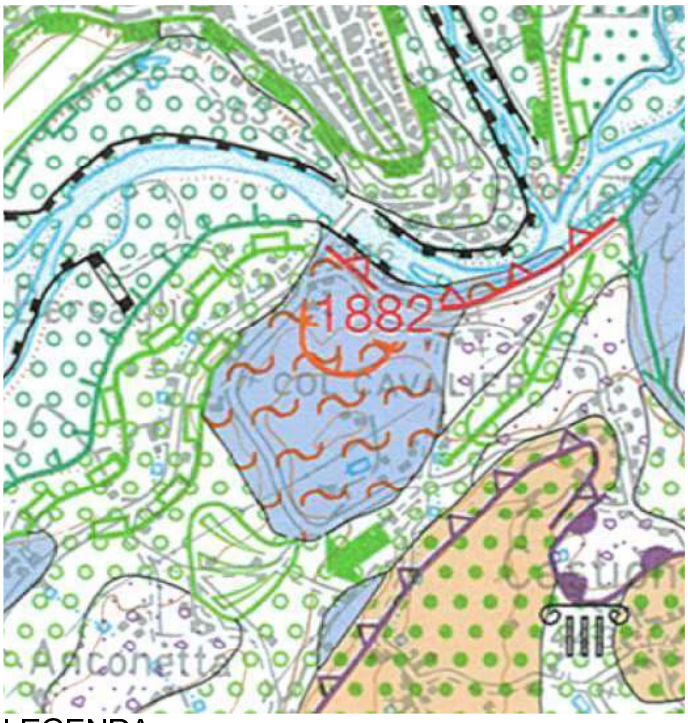
3. INQUADRAMENTO AMMINISTRATIVO e CARTOGRAFICO dell'area

3.1 Carta Geomorfologica d'Italia del Servizio Geologico d'Italia

La carta Geomorfologica d'Italia del Servizio Geologico d'Italia (pubblicata nel 2000) riconosce, nell'area del Col Cavalier, un esteso dissesto definito Dissesto Gravitativo Profondo, che interessa, litologicamente, la formazione del Flysch di Belluno **(vedi Fig.1)**.

Nelle Note Illustrative della Carta Geomorfologica (pag.99), viene evidenziato, che il colle "*si presenta come una anomalia altrimetrica e strutturale, essendo separato dal versante circostante da una faglia e da una profonda trincea larga oltre 50m, attualmente attraversata dalla strada che collega Belluno a Castion. La scarpata che testimonia il distacco è quella di Cavessago. Sul Col Cavalier, ricoperto parzialmente da depositi glaciali, si riconoscono crepe da trincee di tensione.*

L'età di questo vasto cedimento di versante non è definibile. Come minimo è precedente all'ultima fase glaciale, essendo il colle ricoperto da depositi glaciali."



LEGENDA

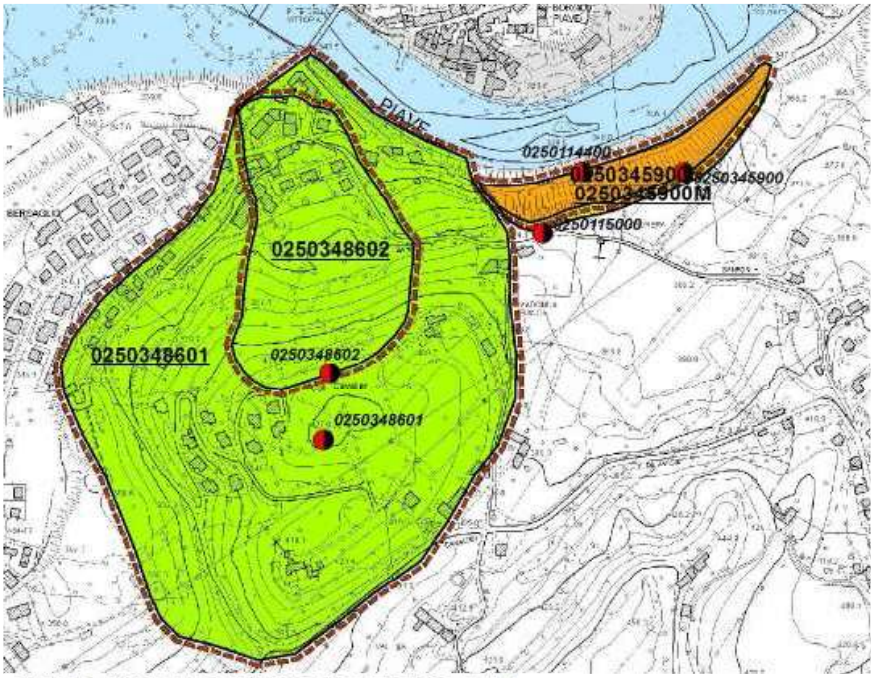
Fig.1

3.2 Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI)

Il territorio comunale di Belluno ricade all'interno del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell' A.D.B. dei Fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave e Brenta-Bacchiglione adottato con delibera n. 1 del 3 marzo 2004 dal Comitato Istituzionale con riferimento al territorio dei corrispondenti bacini idrografici, e successive modifiche ed integrazioni.

Un ulteriore aggiornamento del Piano è stato, infine, adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino con deliberazione n.3 del 09.11.2012; provvedimento pubblicato sulla G.U. della Repubblica Italiana n.280 del 30.11.2012 ed entrato in vigore il giorno successivo.

Il suddetto Piano attribuisce all'area del Col Cavalier un grado di ***pericolosità geologica moderata P1*** (*vedi fig.2),* ma già il precedente Piano aveva classificato l'area come ***"paleofrana e/o frana antica".***



PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO P.A.I.

Perimetrazione e classi di pericolosità geologica

- P1 - Pericolosità geologica moderata
- P2 - Pericolosità geologica media
- P3 - Pericolosità geologica elevata
- P4 - Pericolosità geologica molto elevata

Fig.2

Sull'area del Col Cavalier, pertanto, valgono le prescrizioni delle NORME DI ATTUAZIONE DEL PAI e precisamente:

1. TITOLO II Art.8 *Disposizioni comuni per le aree a pericolosità idraulica, geologica, valanghiva e per le zone di attenzione*;
2. TITOLO II Art.12 *Disciplina degli interventi nelle aree classificate a pericolosità moderata P1.*

3.3 Progetto I.F.F.I. INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI ITALIANI

L'area del *Col Cavalier* è catalogata, dal punto di vista geologico/geomorfologico, una frana di tipo ***"deformazione gravitativa profonda di versante" (DGPV),*** con attività non definita, anche dal **Progetto IFFI - INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI dell'I.S.P.R.A. (Vedi Fig. 3)**.

I dati del progetto IFFI (banca dati inventario fenomeni franosi d'Italia) sono scaricabili dal sito ufficiale http://193.206.192.136/cartanetiffi/carto3.asp?cat=47&lang=IT# riguardanti il comune di Belluno.

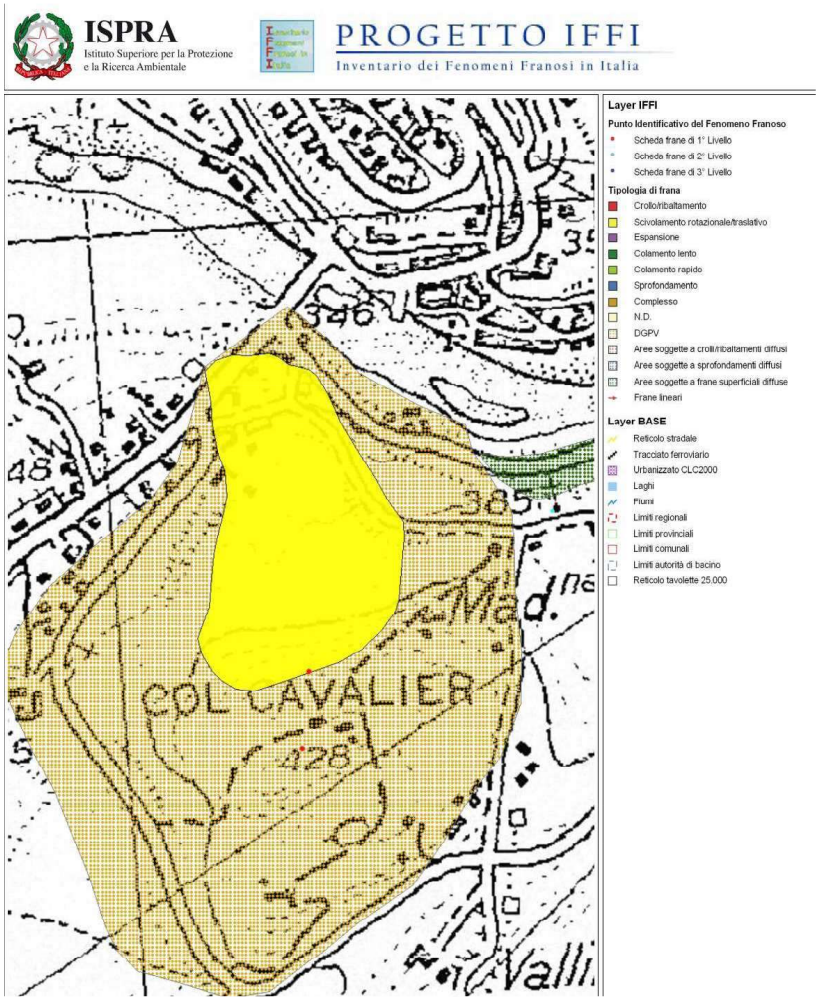


Fig. 3

Si evidenzia che le tre cartografie Ufficiali illustrate in figg. 1-2-3:

1. carta Geomorfologica d'Italia del Servizio Geologico d'Italia (2000);
2. il PROGETTO IFFI dell'I.S.P.R.A. (2004)
3. carta rischio geologico del il P.A.I. dell'A.D.B (2012)

hanno individuato e cartografato, nell'ambito dell'area del Col Cavalier, due frane distinte, una identificata con il n. 0250348601 classificata come *Deformazione Gravitativa Profonda di Versante* (DGPV), corrispondente alla paleo frana e/o frana antica cartografata già nel precedente PAI

dell'ADB, e un'altra, interna alla prima, posta a nord, identificata con il n. 0250348602 e classificata come *"Scivolamento rotazionale/traslativo"*, corrispondente alla frana avvenuta nel 1882.

3.4 P.R.G. Vigente

Il vigente P.R.G. impone, nell'area del Col Cavalier, un vincolo di **massima penalità ai fini edificatori nell'area a Nord del Colle** e precisamente nell'area della frana del 1882 e in due piccole aree a ovest dello stesso **(vedi fig.4 P.R.G. VIGENTE)**.

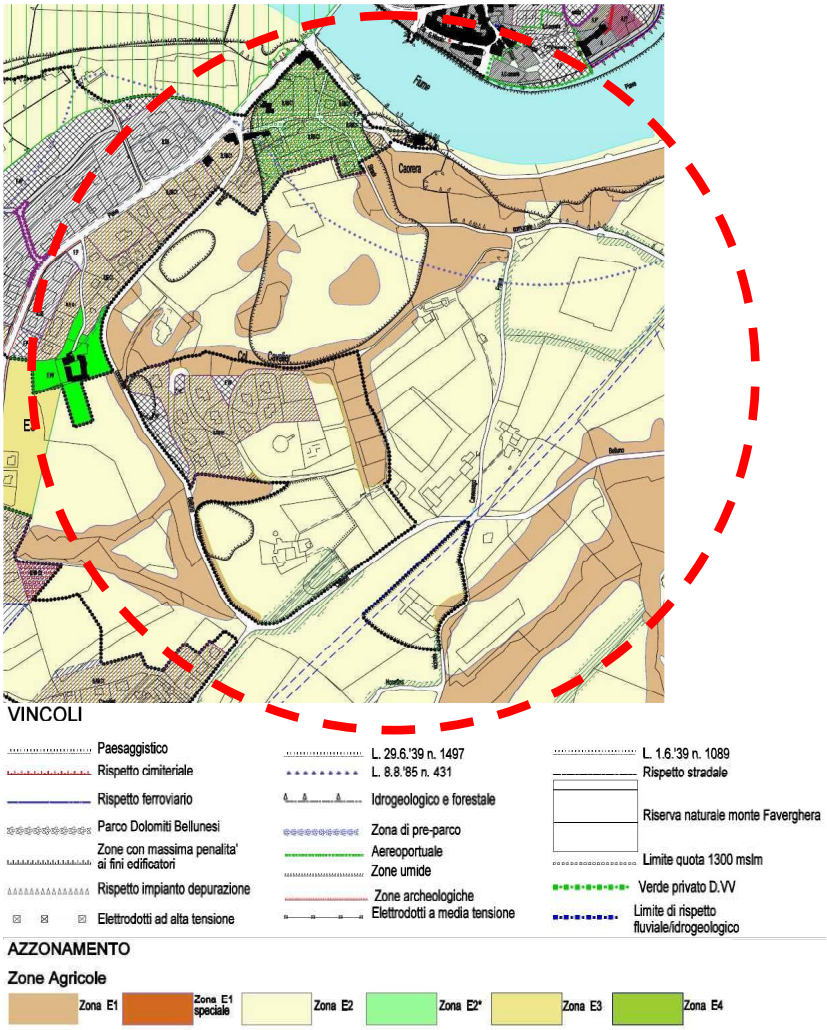


fig.4

4. Cenni sulle Deformazioni Gravitative Profonde di Versante (D.G.P.V.)

Alla luce delle informazioni acquisite dalla cartografia ufficiale, illustriamo di seguito alcune informazioni acquisite dalla letteratura scientifica, in merito ai dissesti rilevati dalle suddette cartografie (DGPV).

4.1 PRINCIPALI CARATTERI DI RICONOSCIMENTO dei D.G.P.V. *(tratto da "FENOMENI DI DISSESTO GEOLOGICO –IDRAILICO SUI VERSANTI - APAT Agenzia per la protezione dell'Ambiente e per i servizi tecnici – MANUALI E LINEE GUIDA 39/2006)*

Le deformazioni gravitative profonde di versante (DGPV) implicano deformazioni plastiche, differenziali e spazialmente continue, con spostamenti estremamente lenti, anche dell'ordine di millimetri annui, lungo superfici di discontinuità, variamente orientate e non necessariamente estese. In tal modo l'ammasso roccioso in movimento viene frazionato in diverse unità, le quali conservano al loro interno una relativa integrità, e subiscono processi di rigonfiamento e piegamento (vedi figura 5).

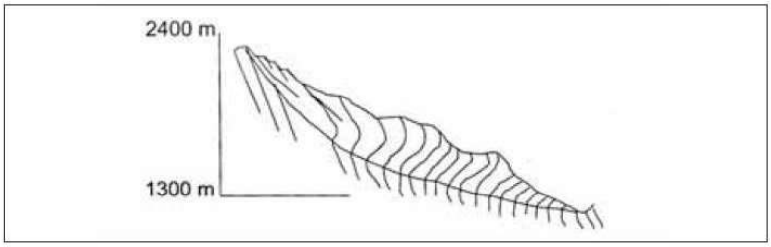


Fig. 5

Questo tipo di fenomeno si distingue soprattutto per fattori di scala, infatti il volume delle masse coinvolte è dell'ordine di centinaia di migliaia fino a parecchie decine di milioni di metri cubi, la profondità della deformazione arriva ad alcune decine o centinaia di metri, le estensioni in lunghezza e larghezza sono dell'ordine di chilometri.

I D.G.P.V. possono avere vistose ripercussioni sull'assetto morfologico dei versanti, infatti si riconoscono essenzialmente per gli effetti che producono in superficie.

Le **evidenze morfologiche** principali sono rappresentate nella parte alta dei versanti dal tipico profilo concavo, per ribassamento della massa rocciosa, da piegamenti, sdoppiamenti di cresta, trincee, depressioni chiuse, scarpate rivolte verso valle, contropendenze; mentre nella parte bassa dei versanti si hanno inarcamenti e rigonfiamenti, che conferiscono al versante un marcato profilo convesso, e piani di taglio a basso angolo.

Tipicamente nelle zone periferiche di versanti interessati da tali deformazioni si verifica l'innesco di fenomeni franosi, generalmente crolli e scorrimenti, che danno origine a depositi detritici.

Negli stadi evolutivi più avanzati i processi deformativi possono portare al collasso dell'intero versante coinvolto o di sue porzioni.

Le D.G.P.V. si collocano in una posizione intermedia tra i movimenti franosi e i fenomeni di tettonica gravitativa (ONIDA, 2001); possono essere descritte come movimenti di massa di grandi dimensioni che si attuano attraverso una deformazione in prevalenza lenta e progressiva della massa coinvolta nello spostamento, senza che si produca necessariamente una ben definita o facilmente individuabile superficie di taglio continua. Il processo deformativo avviene per spostamenti differenziali estremamente lenti, che si sviluppano lungo una serie di micro-piani di discontinuità variamente orientati, o per deformazioni plastiche dell'ammasso roccioso, concentrate lungo fasce di maggior debolezza, localizzate a diversa profondità e aventi differenti spessori.

Le deformazioni plastiche, differenziali e spazialmente continue, comportano spostamenti lenti lungo superfici di discontinuità, non necessariamente estese, che tendono a frazionare la massa rocciosa in diverse unità, le quali conservano al loro interno una relativa integrità, originando così rigonfiamenti e piegamenti nel materiale in movimento, che hanno vistose ripercussioni sull'assetto morfologico del versante.

SORRISO-VALVO (1988) evidenzia la difficoltà **di stabilire i limiti fenomenologici**, prima che dimensionali, entro i quali un movimento di massa debba essere considerato una D.G.P.V. piuttosto che una frana in senso stretto o un fenomeno di tettonica gravitativa. Tuttavia l'Autore sottolinea un generale accordo nel considerare le D.G.P.V. qualunque tipo di deformazione gravitativa in cui l'insorgere o il divenire evidente di forme o processi particolari sono attribuibili a fattori di scala (GOGUEL, 1978).

Le D.G.P.V. sono caratterizzate da una varietà di situazioni diverse, ma accomunate dalle seguenti caratteristiche (ONIDA, 2001):

- il volume della massa coinvolta è dell'ordine di centinaia di migliaia fino a parecchie decine di milioni di metri cubi; la profondità della deformazione è di alcune decine o centinaia di metri; le estensioni in lunghezza e larghezza sono dell'ordine di chilometri;
- la deformazione della massa rocciosa non avviene necessariamente in presenza di una ***superficie o zona di rottura continua***, come avviene nei fenomeni franosi, piuttosto è distribuita in una fascia che può avere anche vaste proporzioni;
- il fenomeno nello stadio iniziale e intermedio è caratterizzato, generalmente, da deformazioni di taglio in evoluzione molto lenta nel tempo, la cui velocità, variabile da pochi millimetri a qualche centimetro all'anno, è controllata principalmente da un comportamento meccanico più o meno plastico della roccia, denominato "*creep* gravitazionale". L'entità della deformazione va crescendo con la plasticità del materiale coinvolto, l'attività e il contenuto d'acqua; inoltre essa è controllata dalle condizioni geologiche e geomorfologiche generali;
- nello stadio finale la velocità della deformazione aumenta raggiungendo molti centimetri al giorno; ciò comporta l'evoluzione da un fenomeno di tipo deformativo, a un fenomeno di rottura progressiva all'interno dell'ammasso roccioso, fino al collasso di settori localizzati o dell'intero volume coinvolto.

4.2 POSSIBILI RIATTIVAZIONI/EFFETTI E TECNICHE DI RILEVAMENTO

L'accelerazione improvvisa del movimento può verificarsi specialmente in seguito ad **eventi meteorici eccezionali** (ad esempio oscillazioni meteo-climatiche a lungo periodo), **a scosse sismiche o a una rapida evoluzione morfologica del versante**.

Le D.G.P.V. possono essere considerate, pertanto, come lo stadio preparatorio di grandi frane generalmente di scorrimento (DRAMIS, 1995), che si sviluppano soltanto nel caso in cui l'ammasso roccioso arrivi a rottura; in tal caso si assiste alla formazione di veri e propri piani di taglio.

Le D.G.P.V. vengono riconosciute e studiate essenzialmente attraverso gli effetti che esse producono in superficie (ONIDA, 2001); DRAMIS (1984) ha evidenziato come la loro individuazione si basi soprattutto su **criteri di ricerca geomorfologica** e **tecniche interferometriche**.

Come già accennato, ribadiamo che le evidenze morfologiche principali, sulla base delle quali si effettua in genere il riconoscimento, sono rappresentate nella parte alta dei versanti da piegamenti, sdoppiamenti di cresta, trincee, depressioni chiuse, piani estensionali ad alto angolo che determinano scarpate rivolte verso valle e contropendenze; mentre nella parte bassa dei versanti si hanno rigonfiamenti, che conferiscono al versante un marcato profilo convesso, e piani di taglio a basso angolo. L'evoluzione dei fenomeni deformativi può produrre, nelle zone periferiche dei versanti, l'innesco di frane, generalmente per crolli e scorrimenti, che danno origine a depositi, anche di notevoli dimensioni.

Gli ammassi rocciosi che tipicamente sono interessati da questo tipo di deformazioni sono costituiti da roccia duttile a grande scala (prevalentemente rocce metamorfiche scistose), da roccia rigida fratturata, da alternanze di litotipi a diverso comportamento meccanico, con presenza di livelli di argille e marne che costituiscono piani preferenziali di scorrimento, da banconi di roccia rigida poggianti su roccia duttile (CAVALLIN *et alii*, 1987).

Le principali cause predisponenti, oltre alle caratteristiche lito-strutturali e geomeccaniche, sono l'elevata energia del rilievo, sollevamenti tettonici associati a rapida erosione fluviale e il rilascio di stress da deglaciazione.

Per alcune D.G.P.V. è stata ipotizzata come causa predisponente la forte riduzione di volume dell'ammasso roccioso in profondità a seguito di processi di dissoluzione di rocce particolarmente solubili come i gessi (Note illustrative del Foglio N. 154 "Susa", della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA, 2002). Alcuni Autori (tra i quali GIARDINO & POLINO, 1997) ritengono esista un legame tra D.G.P.V. ed evoluzione geodinamica (ad es. l'apertura di conche intermontane).

5. AREA DELLA FRANA DEL 1882 a Nord del Col Cavalier

Come chiesto dall'Amministrazione Comunale, abbiamo eseguito, sull'area della frana del 1882, descritta nei paragrafi precedenti e individuata e cartografata dalla Carta Geomorfologica d'Italia, dal PROGETTO IFFI e dal Piano Stralcio dell'A.D.B. **(vedi Figg. 1-2-3)**, un dettagliato sopralluogo geologico e geomorfologico preceduto dalla consultazione della cartografia geologica del P.R.G. e delle relazione geologica del GENIO CIVILE in merito al PARERE alla Variante del P.R.G. del 1996.

5.1 Cartografia del P.R.G.

Nell'area in esame la **Carta Geomorfologica e dei dissesti del P.R.G. (del 1996)**, rileva la presenza di una nicchia di distacco di una frana **(vedi fig. 6)** che corrisponde alla frana avvenuta nel 1882.

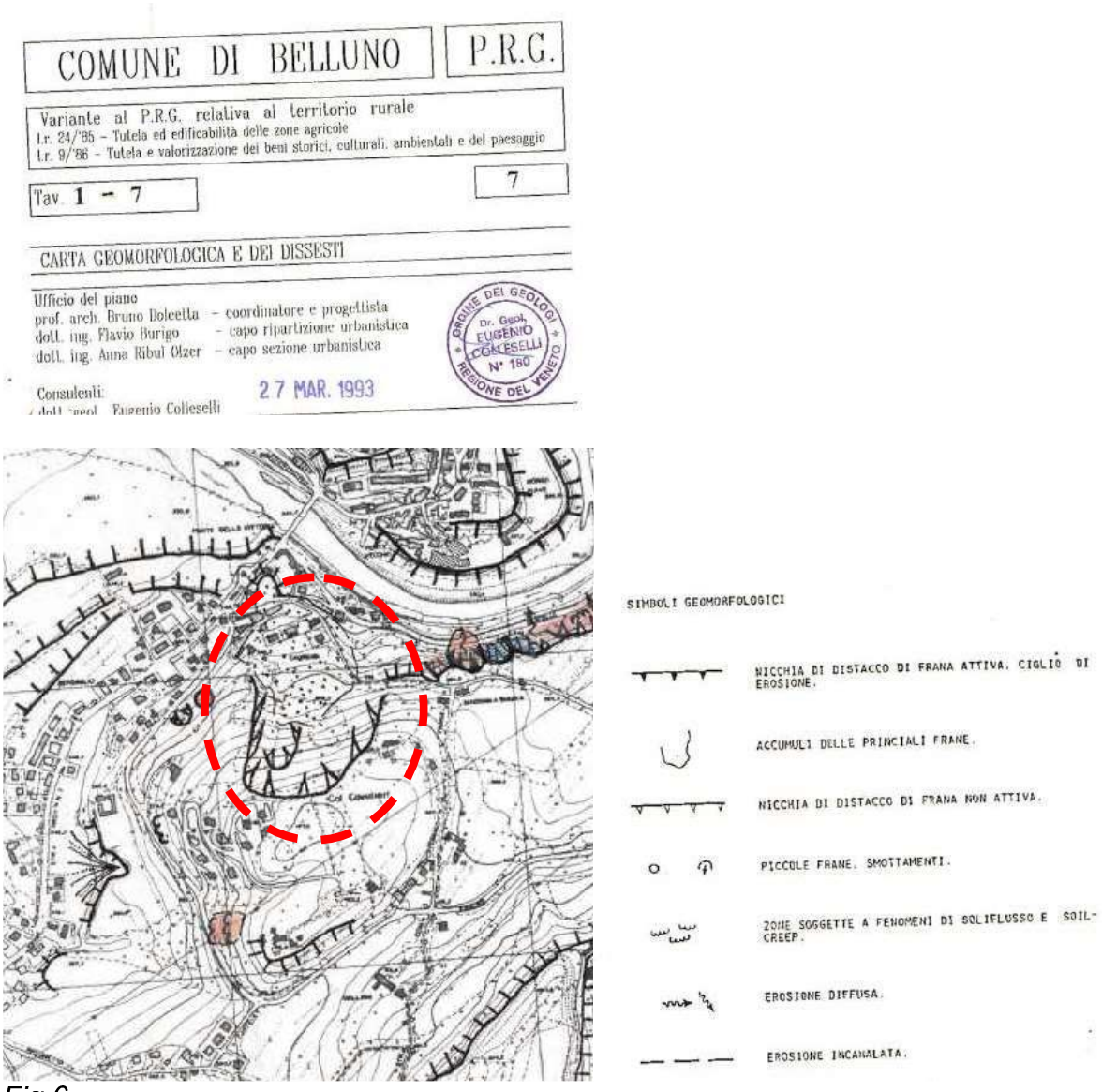


Fig.6

5.2 Relazione della REGIONE VENETO – GENIO CIVILE DI BELLUNO

Il Parere del Genio Civile di Belluno, prot. N. 6049 del 30 luglio 1996, alla "***Variante del PRG relativa alla città, ai centri frazionali e borghi rurali"***, e l'allegata Relazione Geologico-Tecnica del 29 luglio 1996 prot. 6498, sull'area del Col Cavalier interessata dall'alluvione del 1882, illustrano le seguenti considerazioni che assumono parere prescrittivo:

l'area sita in Loc. Caorera ***"è posta su terreni di accumulo di un vasto movimento franoso per scoscendimento la cui nicchia di distacco si estende fin dalla loc. Col Cavalier. Il fenomeno gravitativo attualmente non è attivo, tuttavia, in occasione di eventi sismici ed in considerazione della disomogeneità dei materiali, è possibile ipotizzare condizioni di cedimento anche differenziale e deformazioni del pendio anche in profondità.***

…..per ragioni di acclività e, pertanto, di possibile amplificazione sismica oltre che per le ragioni sopra menzionate, non si ritiene idoneo il suo uso per scopi edificatori."

5.3 Rilievo geologico-geomorfologico e idrogeologico

Sull'area della frana del 1882 abbiamo eseguito un rilievo geologico-geomorfologico dal quale è stato possibile distinguere:

1. una nicchia di distacco con pendenza molto accentuata sulla cresta (vedi foto1);

Foto 1

2. l'area di transito del materiale flyschoide franato;

3. un notevole cumulo di frana alla base della nicchia (vedi foto 2);

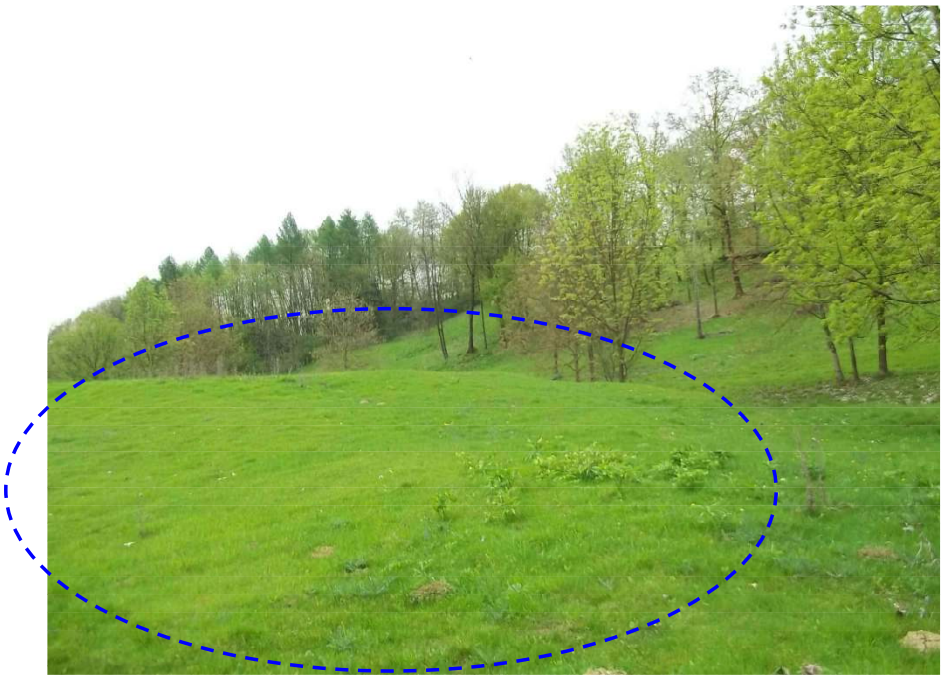


Foto 2

4. una zona di accumulo e ristagno delle acque meteoriche a tergo del cumulo di frana (vedi foto 3).

Foto 3

Abbiamo inoltre rilevato che in quest'area il drenaggio è costituito da un inadeguato impluvio naturale che immette le acque meteoriche in maniera disomogenea nella canaletta della strada comunale a est del cumulo di frana. Queste canalette riducono la loro sezione a valle **(vedi foto 4-5-6-7)**.

Foto 4: convogliamento acque a ovest sulla strada comunale

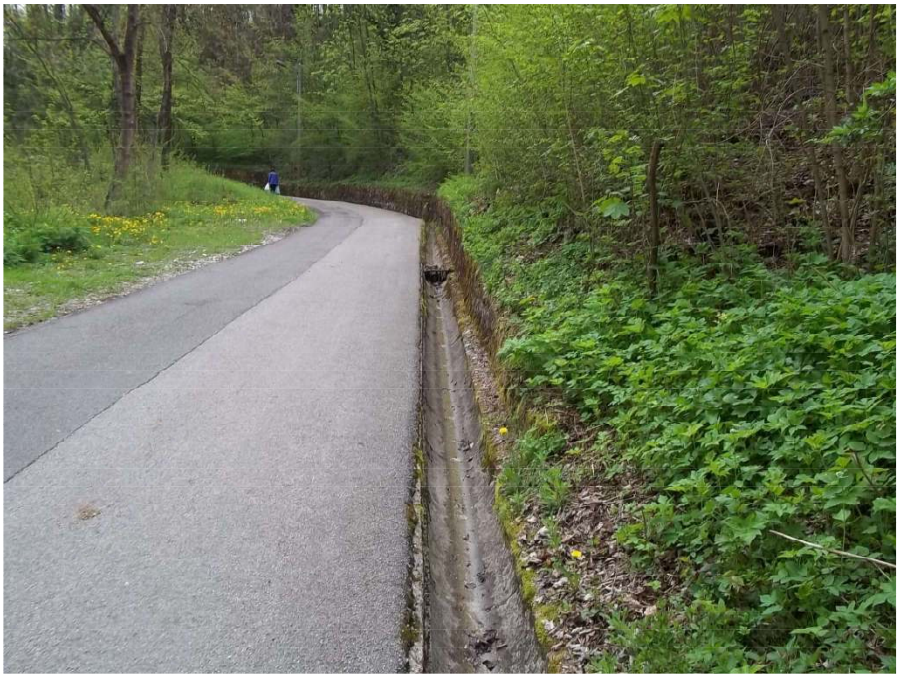


Foto 5: canale a bordo strada a ovest

Foto 6: canale a bordo strada a ovest con riduzione della sezione a valle

Foto 7: particolare con ridotta sezione della tombinatura

Segni di dissesti sono evidenti anche sul muro in pietra a bordo strada e dall'inclinazione di molti alberi **(vedi foto 8-9)**.

Foto 8: muro di con presenza di dissesti

A ovest del cumulo della frana, invece, non è visibile alcun sistema di drenaggio o opera di convogliamento delle acque superficiali **(vedi foto 9)**.

Foto 9: area di convogliamento acque a est e dettaglio alberi inclinati

Come specificato a pag.99 delle Note illustrative della Carta Geomorfologica d'Italia, questa frana è stata **innescata dall'erosione del piede del versante ad opera del Fiume Piave in piena, che all'epoca non presentava opere di difesa spondale.**

6. MICROZONAZIONE SISMICA: Carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica I livello

Vediamo adesso nell'ambito ***dello Studio di Microzonazione Sismica di Primo Livello*** del territorio comunale eseguito in ottemperanza alla Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.4007, come è stata classificata l'area in esame.

Scopo dello studio di MS è stato quello di individuate aree omogenee per caratteristiche litostratigrafiche e geomorfologiche; le microzone sono state rappresentate nella ***Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)*** e ogni zona è stata differenziata in base alle caratteristiche lito-stratigrafiche, correlate a differenti tipologie di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, ecc.).

L'area oggetto della presente nota del Col Cavalier, come si evince dalla carta delle **Microzone omogenee illustrata nella Figura 7**, ricade in un'area **"suscettibile di instabilità per instabilità di versante con attività non definita".**

Ciò significa che in caso di sisma, l'area potrebbe essere soggetta a fenomeni di amplificazione o di riattivazione del fenomeno franoso.

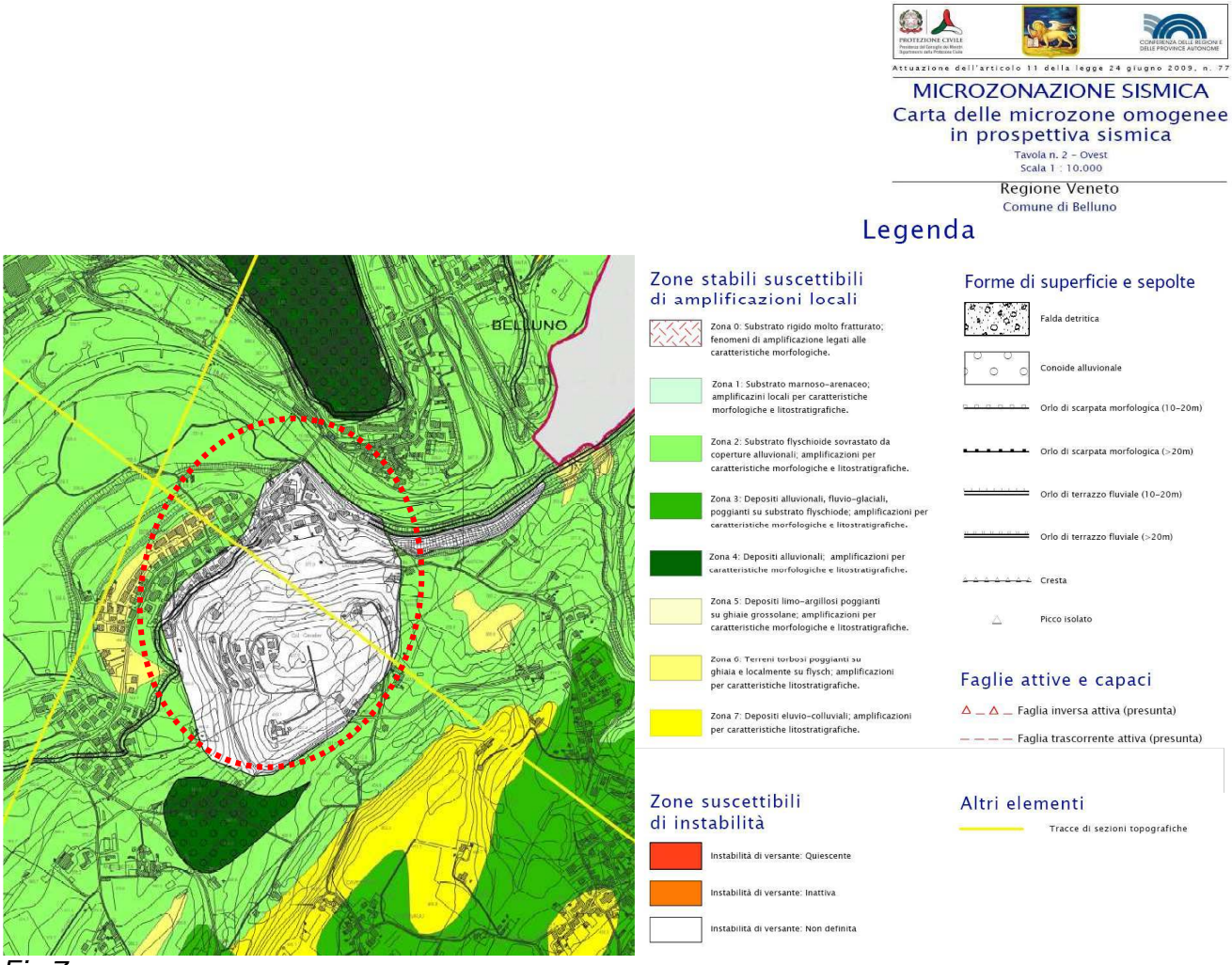


Fig.7

7. Normativa vigente in materia di ASSETTO DEL TERRITORIO, RISCHIO IDROGEOLOGICO e RISCHIO SISMICO

- L. R. 23.04.2004, n. 11, “Norme per il governo del territorio”.
- DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 6 giugno 2001, n. 380 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia. (Testo A)"Art. 89 (L) *Parere sugli strumenti urbanistici (legge 3 febbraio 1974, n. 64, art. 13)*

1. Tutti i comuni nei quali sono applicabili le norme di cui alla presente sezione e quelli di cui all'articolo 61, devono richiedere il parere del competente ufficio tecnico regionale sugli strumenti urbanistici generali e particolareggiati prima della delibera di adozione nonche' sulle lottizzazioni convenzionate prima della delibera di approvazione, e loro varianti ai fini della verifica della compatibilita' delle rispettive previsioni con le condizioni geomorfologiche del territorio.

2. Il competente ufficio tecnico regionale deve pronunciarsi entro sessanta giorni dal ricevimento della richiesta dell'amministrazione comunale.

3. In caso di mancato riscontro entro il termine di cui al comma 2 il parere deve intendersi reso in senso negativo.

- Legge regionale 27 giugno 1985, n. 61 (BUR n. 27/1985) NORME PER L’ASSETTO E L’USO DEL TERRITORIO Art. 9 - (Contenuti del Piano Regolatore Generale).

Relativamente alle problematiche più strettamente geotecniche e sismiche, la normativa di riferimento è la seguente:

- DGR n. 2948 del 6 ottobre 2009 (Allegato A) ”della Regione Veneto (normativa che prevede la redazione di uno Studio di Compatibilità Idraulica necessario per “valutare e certificare la compatibilità delle previsioni urbanistiche”);
- L. 02.02.1974, n. 64, "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";
- D. M. 14.05.1982, "Aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche del Veneto";
- D.M. 11.03.1988, "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- Circ. LL. PP. 24 settembre 1988, n°30483 "Norme tecniche per terreni e fondazioni – Istruzioni applicative";
- Circ. Reg, Veneto 05.04.2000, n. 9, “Indirizzi in materia di prescrizioni tecniche da osservare per la realizzazione di opere pubbliche e private. Obblighi derivanti dalla L. 02.02.1974, n. 64 e dal D.M. 11.03.1988”;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.2003, “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica”;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3431 del 03.05.2005 “Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica»”;
- D.M. 14.09.2005, "Norme tecniche per le costruzioni”;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28.04.2006 “Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la forma zione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”;
- D.M. 14.01.2008, “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”;
- Circolare 02 febbraio 2009 n. 617/C.S.LL.PP.

8. Considerazioni Conclusive

Dalla presente nota geologica possiamo trarre le seguenti considerazioni conclusive:

8.1 Area della Frana del 1882

Nell'area della frana del 1882 a Nord del Col Cavalier, come abbiamo potuto constatare dal sopralluogo, non sono mai state eseguite opere di consolidamento e di sistemazione idrogeologica, in primis opere di regimentazione delle acque meteoriche superficiali.

Tutte le diverse cartografie tematiche ufficiali (Carta Geomorfologica d'Italia, progetto I.F.F.I., carta Geomorfologica e dei dissesti del P.R.G, Relazione geologica della REGIONE VENETO, carta della Microzonazione sismica) individuano nell'area lo stesso tipo di dissesto.

Quindi, alla luce dei dati ad ora disponibili, non risulta possibile determinare le attuali condizioni di **stabilità** e il **tipo di attività** presente nell'area, determinare, cioè, eventuali movimenti evolutivi della frana ancora presenti e l'effettiva geometria della frana nel sottosuolo (superficie di scorrimento).

Solo attraverso un adeguato studio geologico-geomorfologico di dettaglio, supportato da specifiche indagini geognostiche-geotecniche e da un monitoraggio inclinometrico, si potrà valutare la stabilità del versante e definire la geometria ed il grado di attività di eventuali dissesti.

Sino alla disponibilità delle indagini suddette, si consiglia di fare persistere, il ***vincolo di massima penalità ai fini edificatori,*** già presente nell'area, nelle Norme del P.R.G. Vigente, rammentando l'opportunità di eseguire lavori di sistemazione idrogeologica e regimentazione delle acque meteoriche superficiali a tergo le cumulo di frana, vista la presenza di edificato nell'area interessata.

8.2 Area del Col Cavalier classificata come D.G.P.V.

Anche per quanto riguarda tutta l'area del Col Cavalier, presente nell'intorno della frana del 1882, le diverse cartografie tematiche ufficiali (carta Geomorfologica d'Italia del Servizio Geologico d'Italia, PROGETTO IFFI dell'I.S.P.R.A., carta rischio geologico del il P.A.I. dell'A.D.B) classificano l'area con lo stesso elemento di dissesto franoso e precisamente evidenziano la presenza di un Dissesto Gravitativo Profondo di Versante (D.G.P.V.).

Solo specifici studi di carattere geotecnico-sismico e controlli/monitoraggi di tipo inclinometrico e tecniche interferometriche, **da svolgere in un arco di tempo sufficientemente lungo e adeguato al tipo di movimento franoso classificato**, potranno accertare l'effettiva forma e geometria della frana/dissesto compresa la superficie di scorrimento.

Questi studi specifici potranno chiarire, quindi, anche se il dissesto/frana si può ritenere oramai estinto/inattivo oppure esistono dei movimenti che possano fare intuire una possibile attivazione.

Si ricorda (come specificato nelle note illustrative della carta geomorfologica d'Italia pag.99) che anche in occasione dell'alluvione del 1966 tutta l'area del Col Cavalier fu interessata da ***"ampi franamenti superficiali".***

9. INDICAZIONI ALLE NORME TECNICHE di ATTUAZIONE del PRG

Alla luce delle caratteristiche Geologico-Techiche e Geomorfologiche e della Normativa Vigente, ad esclusione dell'area della frana del 1882 in cui si consiglia di far persistere il vincolo di massima penalità ai fini edificatori, vengono esposte le seguenti indicazioni ai fini dell'aggiornamento delle Norme Tecniche di Attuazione del P.R.G. sull'area del Col Cavalier, in conseguenza dell'aggiornamento del P.A.I. vigente dal 01.12.2012.

1. L'intero territorio del Comune di Belluno è classificato "Zona sismica 2", ai sensi della D.G.R. 96/CR del 07 Agosto 2006, in applicazione dell'O.P.C.M. 3274/2003 e successiva ordinanza 3519/2006. I progetti di opere da realizzarsi devono essere redatti secondo la normativa tecnica vigente per le zone sismiche.

2. Nell'area in esame si dovranno rispettare la disciplina del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'A.D.B. e le relative Norme di Salvaguardia. Potranno essere assentiti solo gli interventi compatibili con le Norme di Attuazione del PAI suddetto, secondo la classe di pericolosità P1 e con le Norme di Salvaguardia stabilite dalla competente Autorità di Bacino in particolare:

- TITOLO II Art.8 *Disposizioni comuni per le aree a pericolosità idraulica, geologica, valanghiva e per le zone di attenzione*;
- TITOLO II Art.12 *Disciplina degli interventi nelle aree classificate a pericolosità moderata P1.*

3. Qualsiasi intervento deve essere eseguito a condizione delle seguenti disposizioni:

a. **studio geologico e geomorfologico per un adeguato intorno morfologico** ai sensi del D.M. 11.03.1988 e D.M. 14.01.2008;

b. **verifica di stabilità del versante** in condizioni naturali e in relazione agli interventi previsti; la traccia (o sezione) della suddetta verifica dovrà estendersi almeno dalla cima alla base del colle, il tutto ai sensi del D.M. 11.03.1988;

c. **accurata progettazione degli interventi di sostegno** delle scarpate;

d. **interventi di sistemazione e bonifica idrogeologica e idraulica** tramite drenaggi e opportune opere di convogliamento e allontanamento delle acque superficiali;

e. **non è consentito lo smaltimento al suolo delle acque reflue e meteoriche e quindi qualsiasi intervento che favorisca l'infiltrazione delle stesse nel sottosuolo;**

f. **le acque reflue e meteoriche devono essere smaltite nelle reti di recapito previe verifiche idrauliche delle stesse ed eventualmente eseguire opportuni adeguamenti;**

g. possono essere consentite le attività di movimentazione e/o trasporti di materiali **solo** finalizzate alla messa in sicurezza dei siti medesimi previo apposito progetto;

h. manutenzione attiva dei terrazzamenti;

i. tutte le opere di cui al punto ***c***, ***d***, ***f*** devono prevedere un Piano di Manutenzione.

Camposampiero, 04 giugno 2013

L'R.T.P. GEO.TEC.

Geol. Antonio TOSCANO

Firmato digitalmente da

Antonio Toscano

CN = TSCNTN71L23C129D/7000000822564634.akE2EutOJM3sfhENDZICn9IFERo=
O = ArubaPEC S.p.A.
OU = Aruba PEC
SerialNumber = IT:TSCNTN71L23C129D
e-mail = antoniotoscano@fastwebnet.it
C = IT

APPENDICE C – RAPPORTO DI PROVA MISURE INCLINOMETRICHE SVOLTE NEL PRESENTE LAVORO

Allegato 1

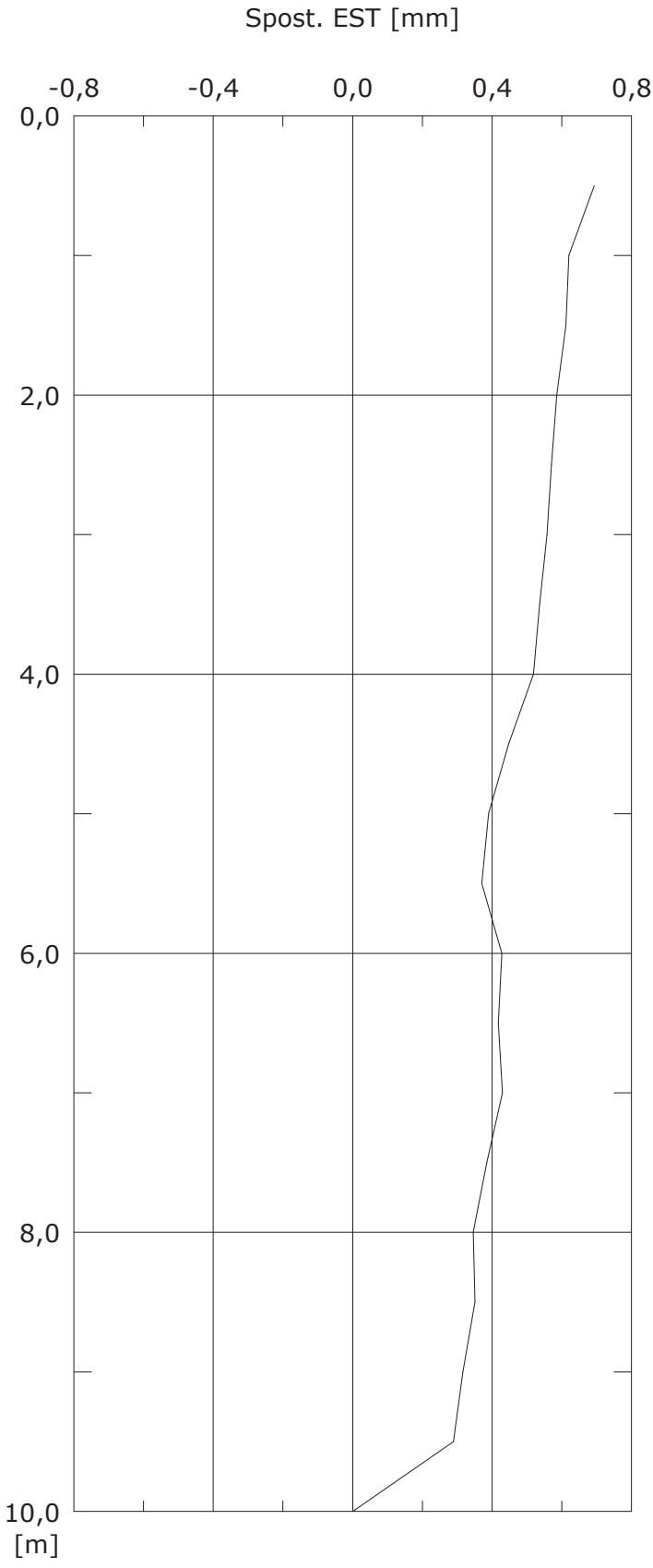
Grafici letture inclinometriche Col Cavalier - BL

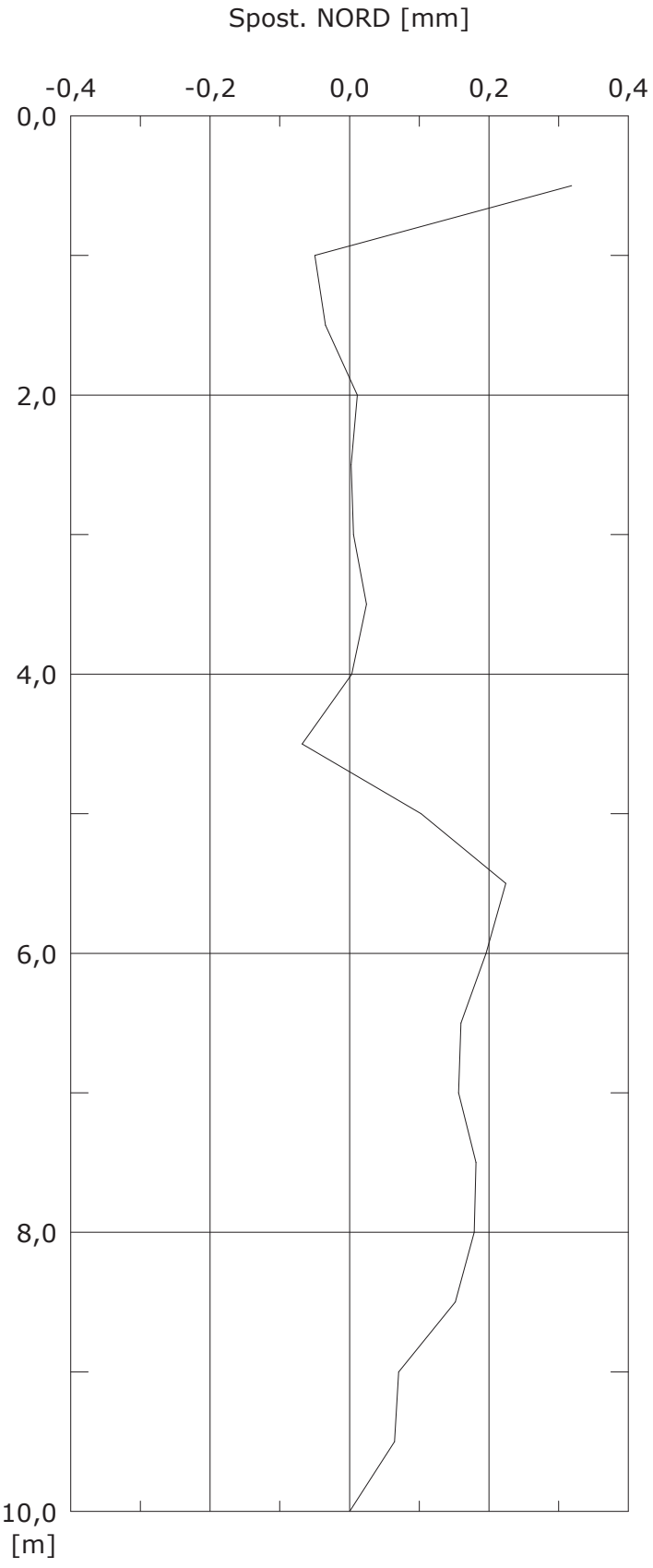
Tubo inclino metrico S- 1

Sito: CCavalier Tubo: S-1

Elaborazione differenziale integrale dal basso

Riferimento 001:26/09/2013



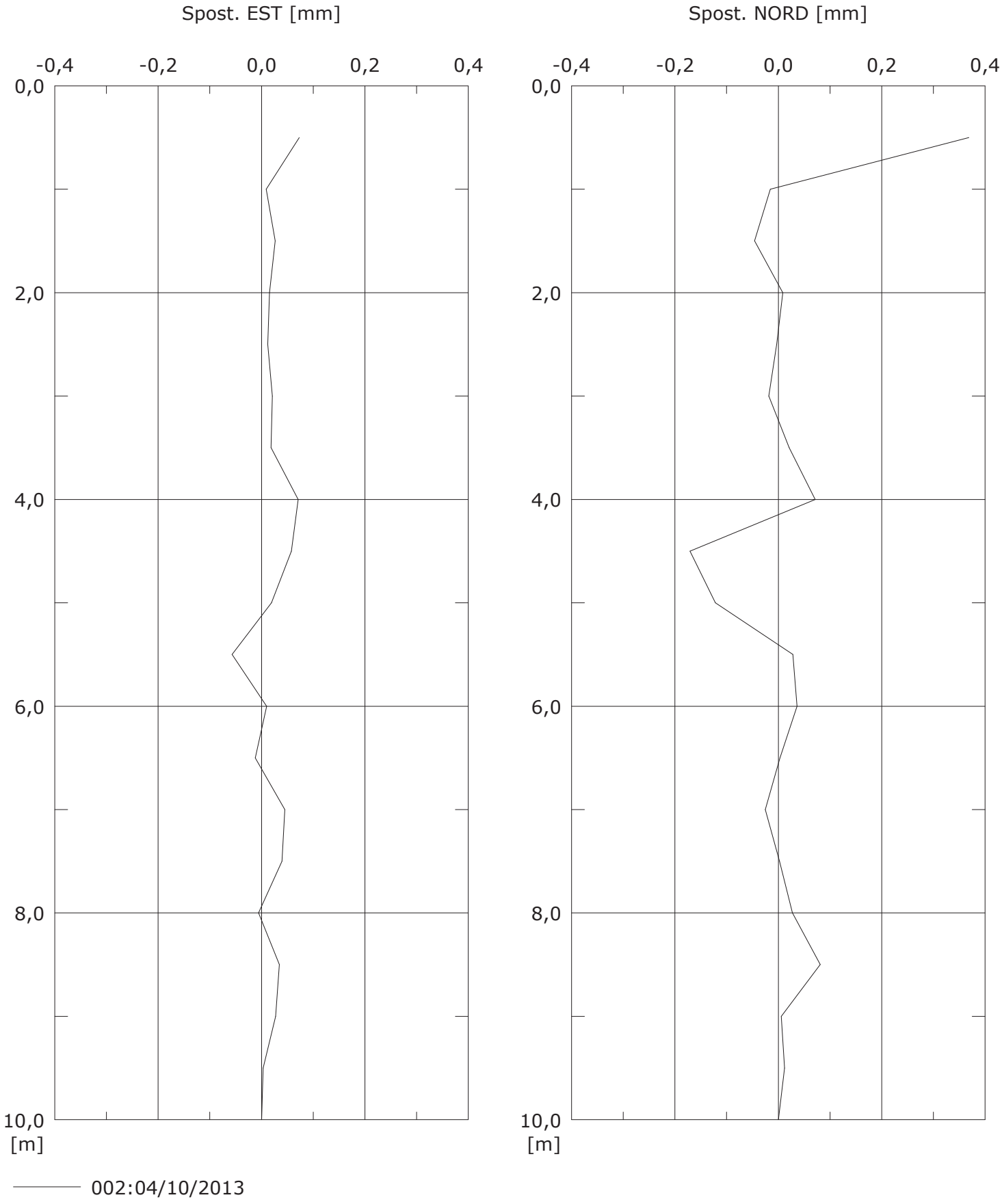


002:04/10/2013

Sito: CCavalier Tubo: S-1

Elaborazione differenziale locale dal basso

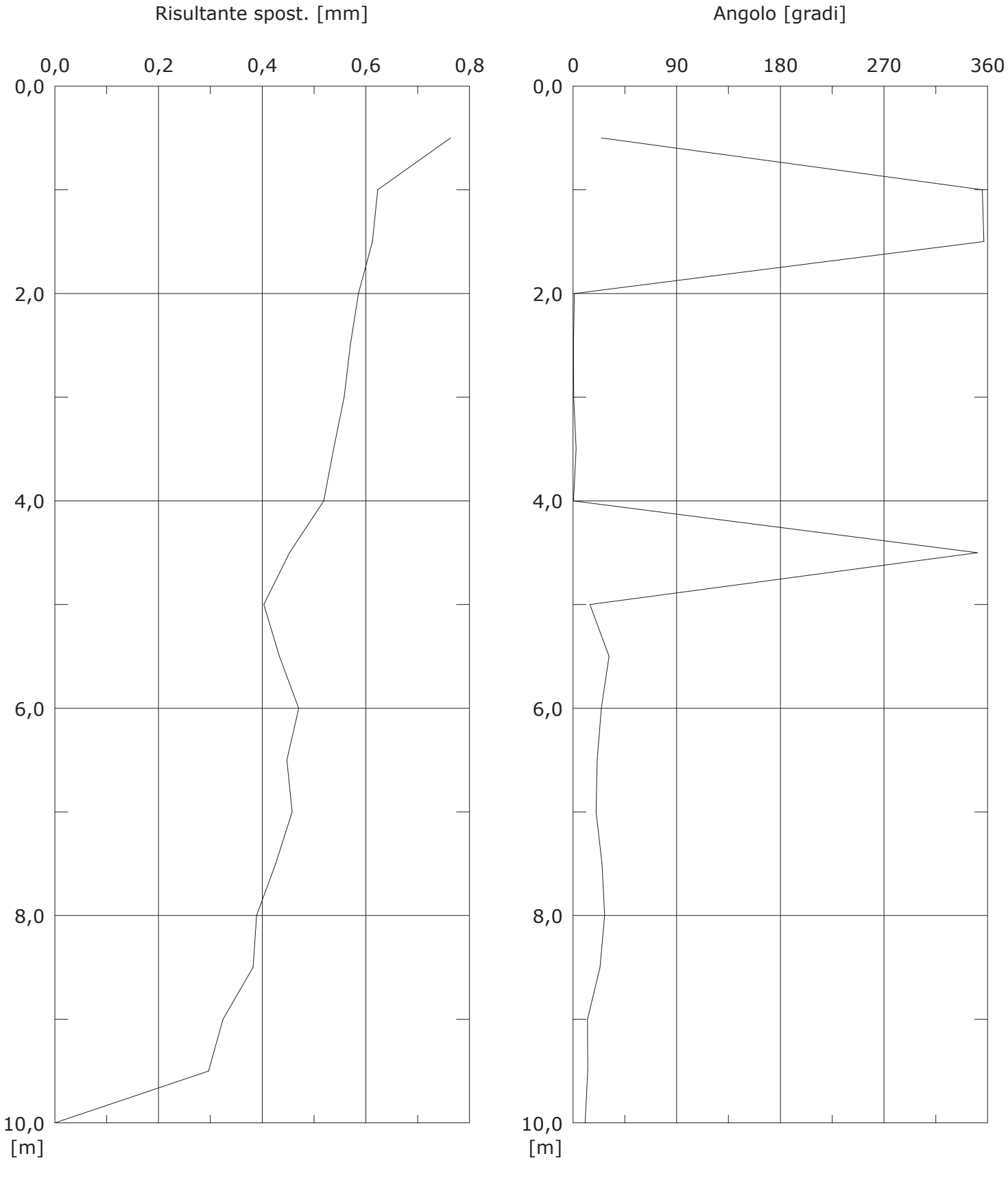
Riferimento 001:26/09/2013



Sito: CCavalier Tubo: S-1

Elaborazione differenziale integrale dal basso

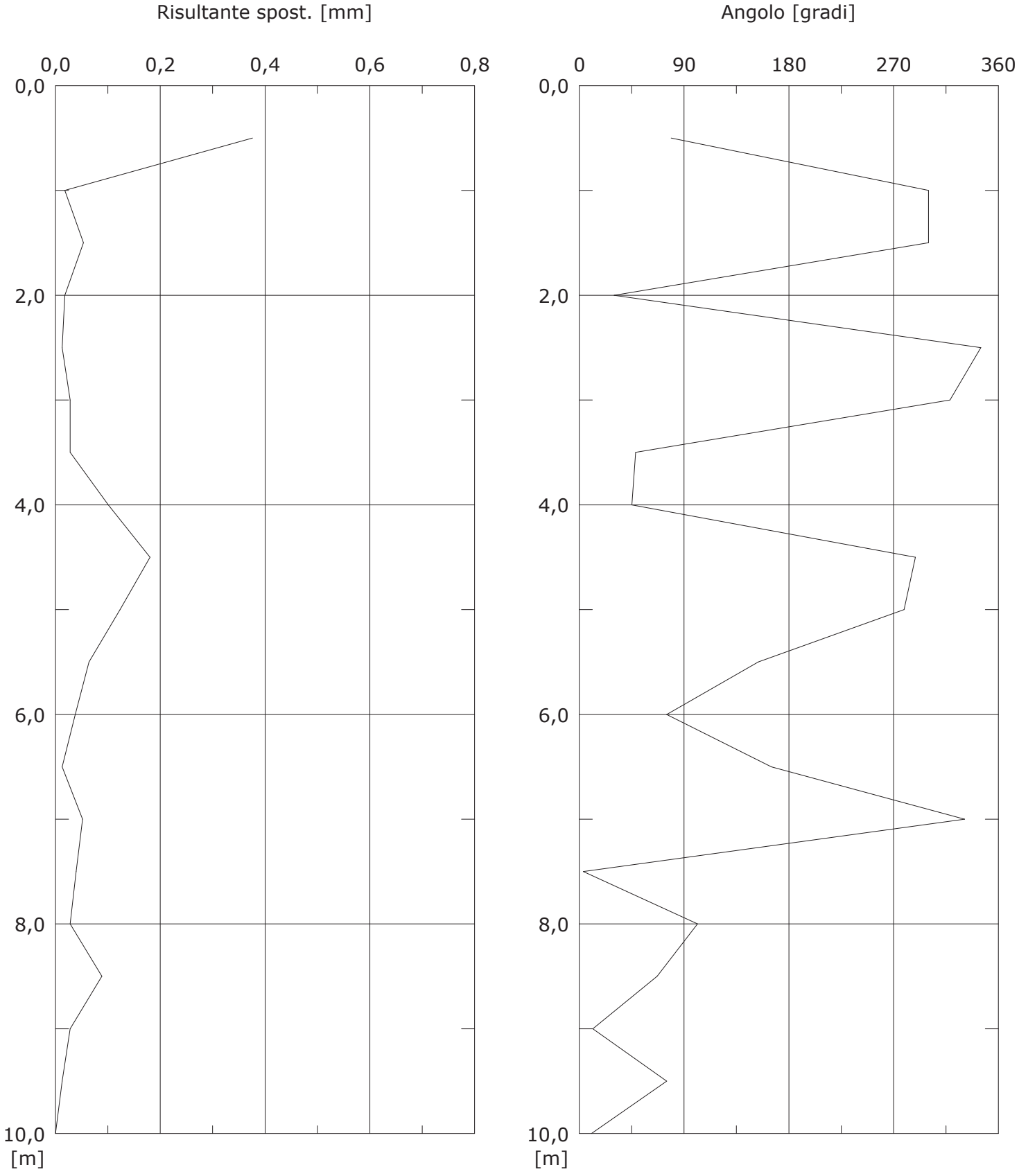
Riferimento 001:26/09/2013



Sito: CCavalier Tubo: S-1

Elaborazione differenziale locale dal basso

Riferimento 001:26/09/2013



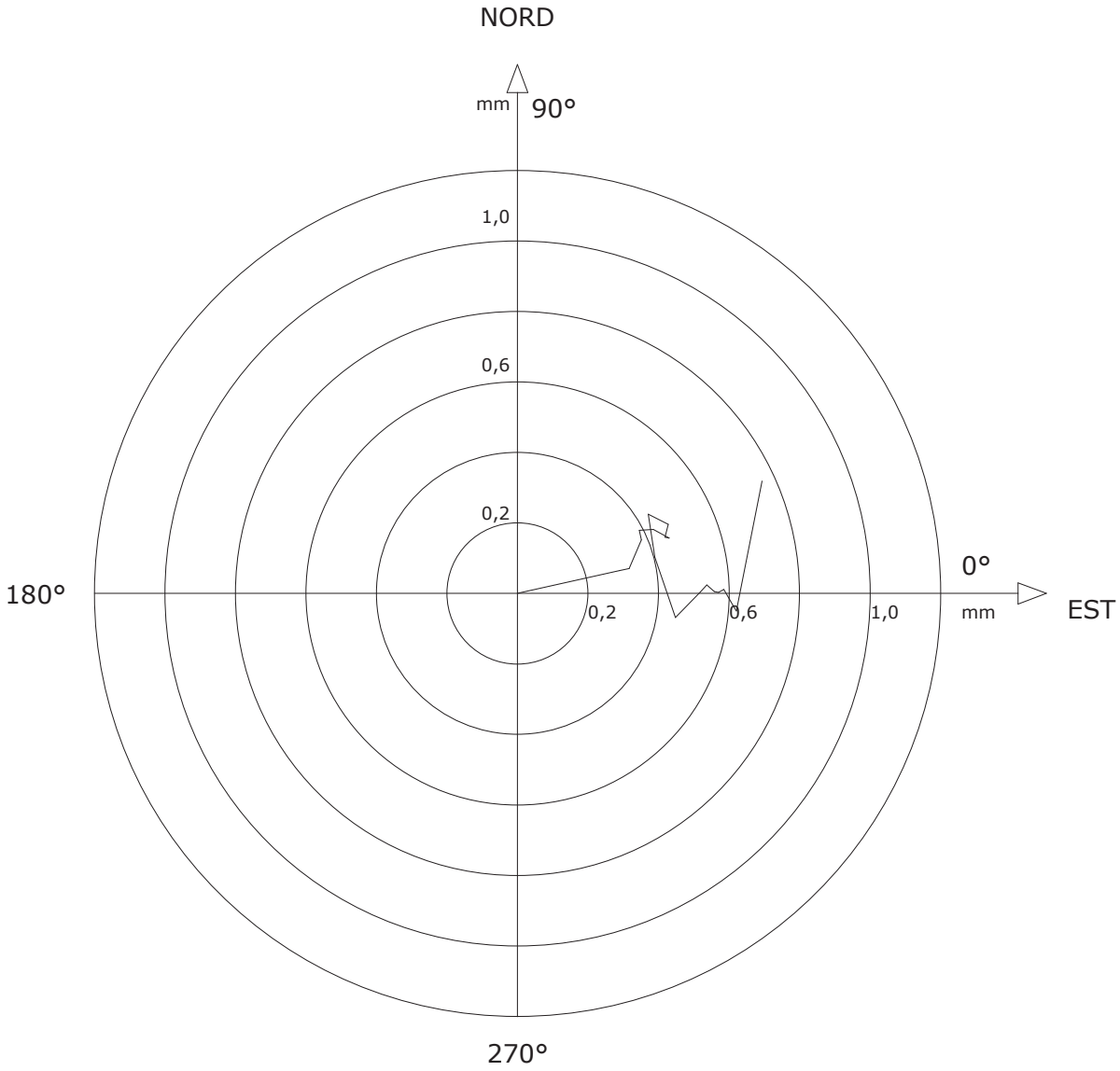
002:04/10/2013

Sito: CCavalier Tubo: S-1

Elaborazione differenziale integrale dal basso

Riferimento 001:26/09/2013

Diagramma polare della deviazione



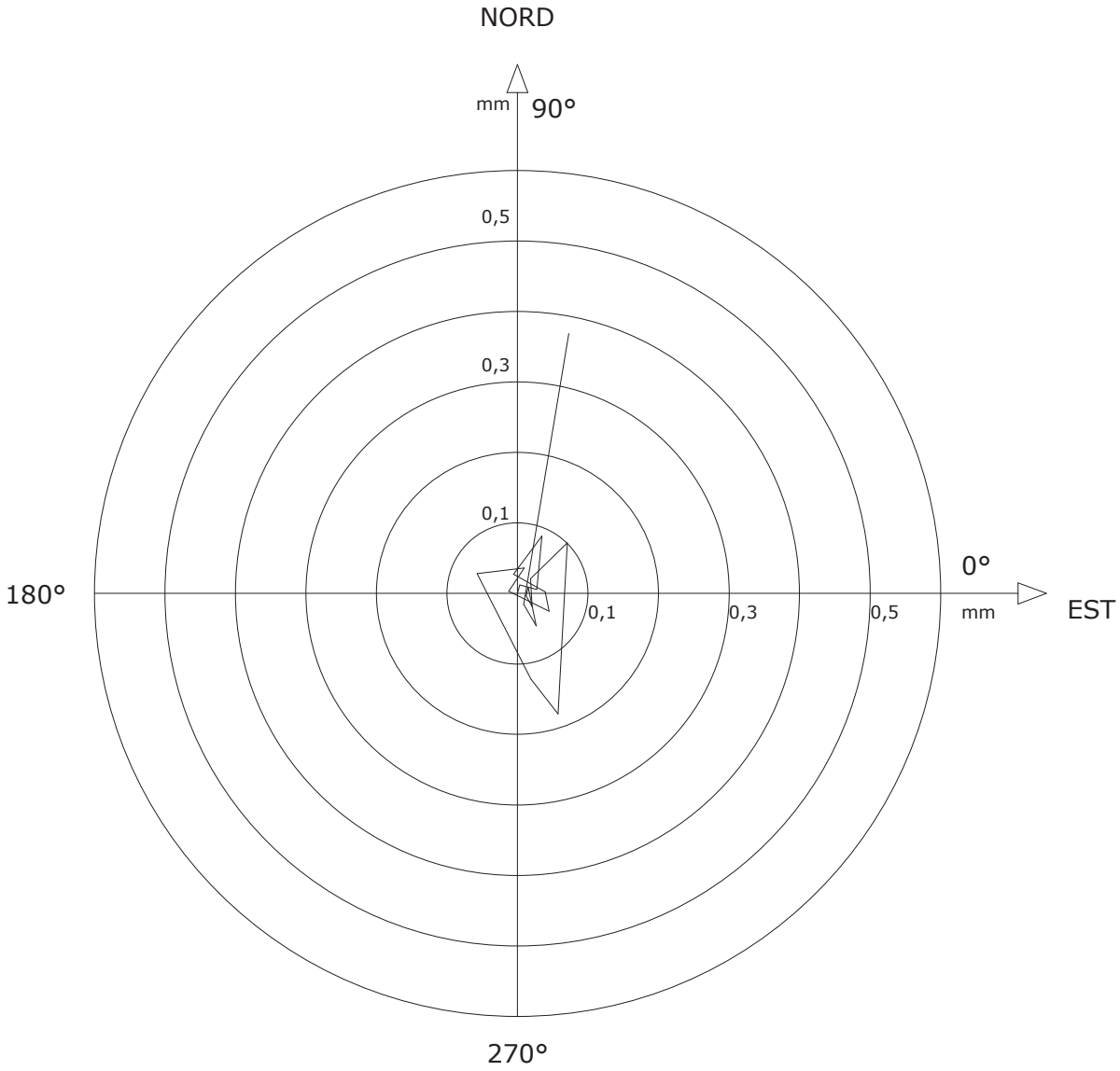
002:04/10/2013

Sito: CCavalier Tubo: S-1

Elaborazione differenziale locale dal basso

Riferimento 001:26/09/2013

Diagramma polare della deviazione



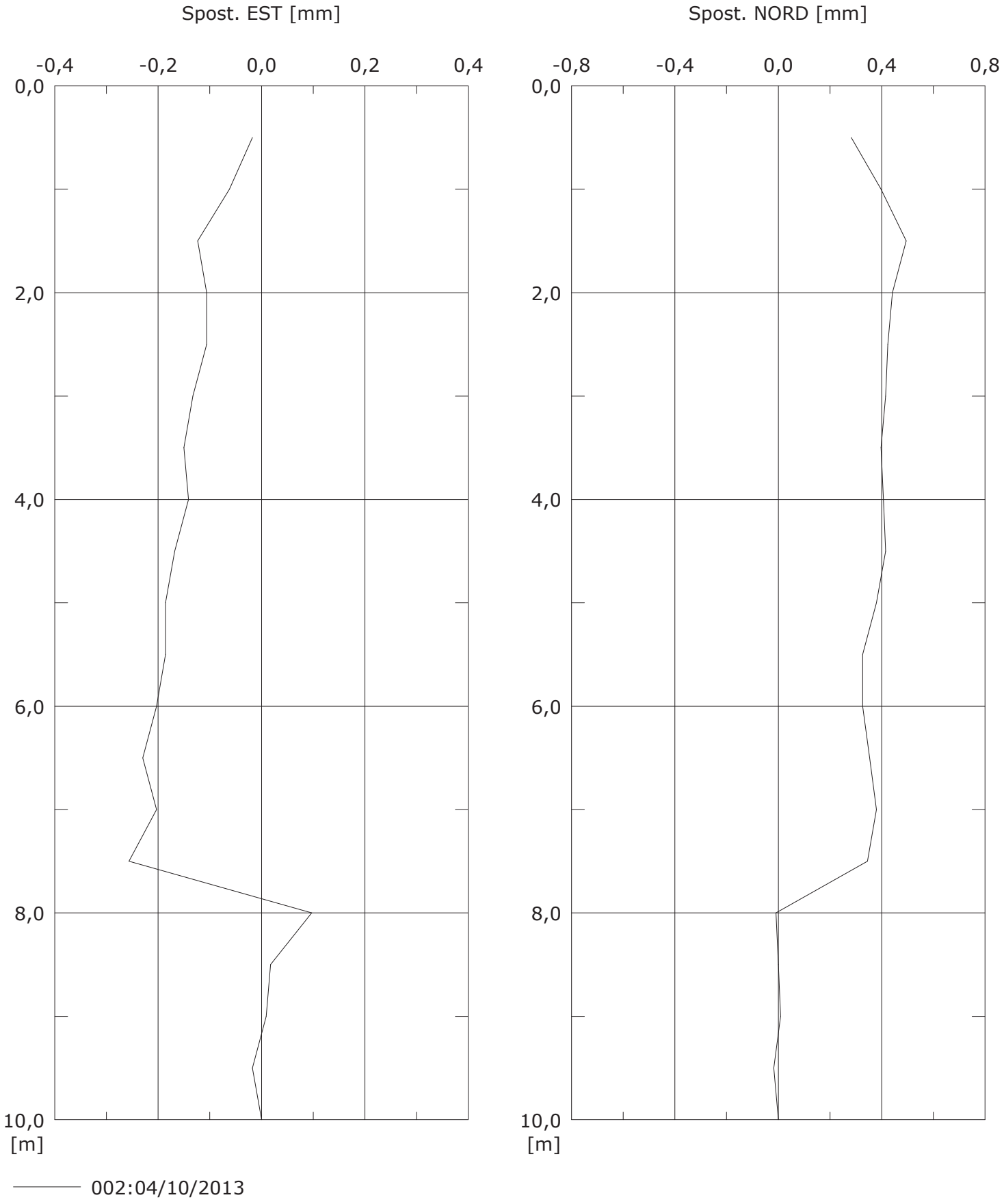
002:04/10/2013

Tubo inclino metrico S- 2

Sito: CCavalier Tubo: S-2

Elaborazione differenziale integrale dal basso

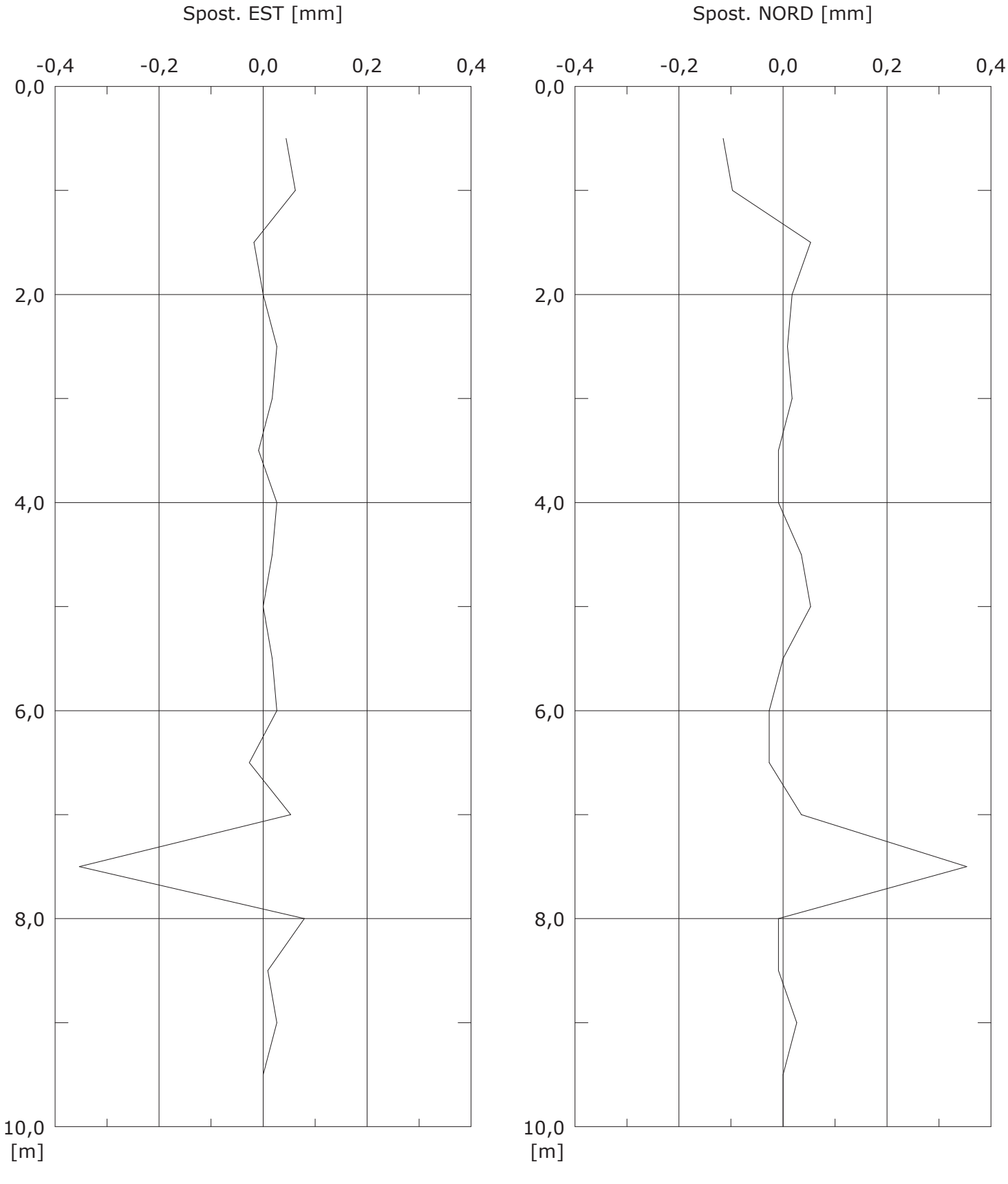
Riferimento 001:26/09/2013



Sito: CCavalier Tubo: S-2

Elaborazione differenziale locale dal basso

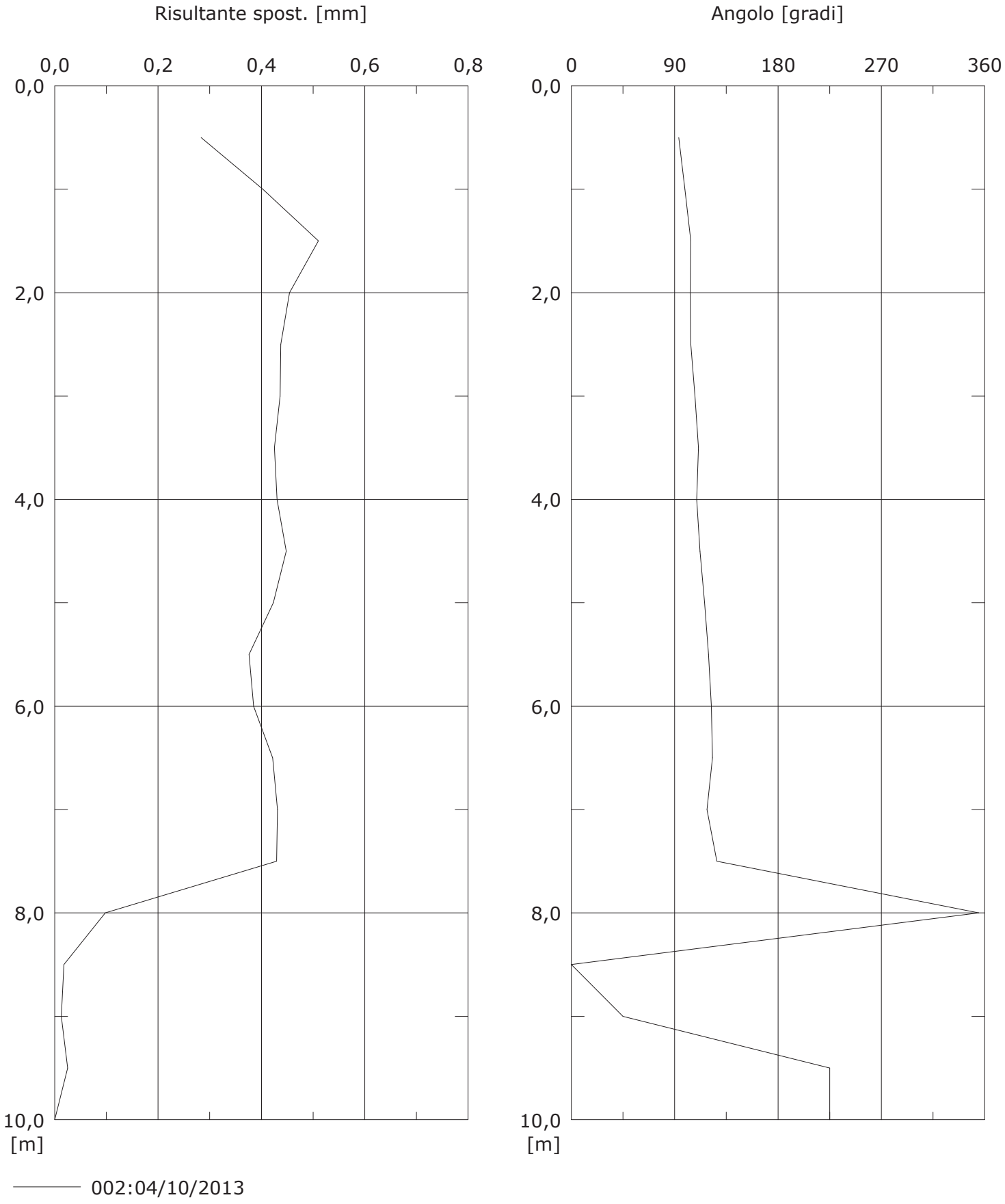
Riferimento 001:26/09/2013



Sito: CCavalier Tubo: S-2

Elaborazione differenziale integrale dal basso

Riferimento 001:26/09/2013

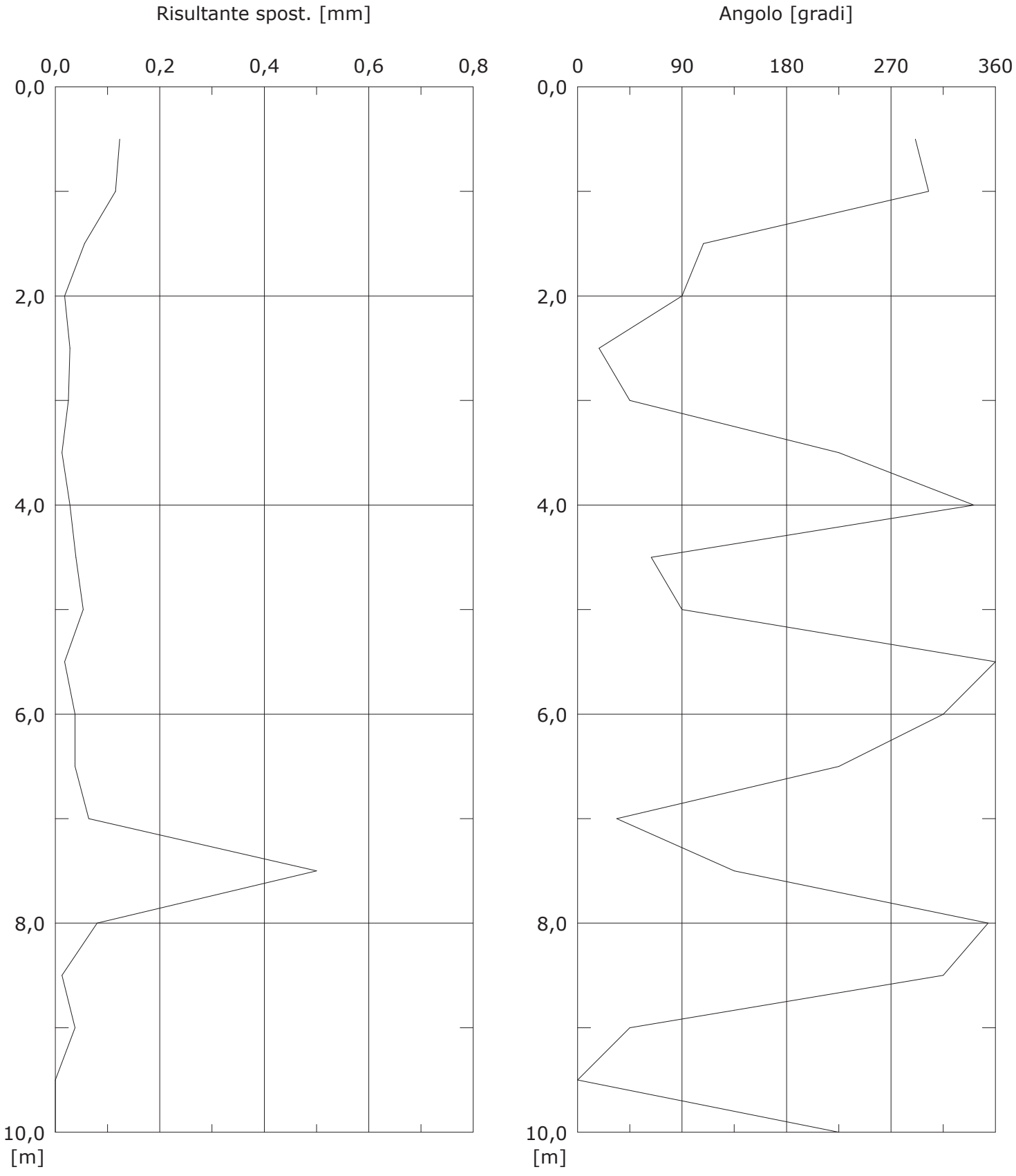


002:04/10/2013

Sito: CCavalier Tubo: S-2

Elaborazione differenziale locale dal basso

Riferimento 001:26/09/2013

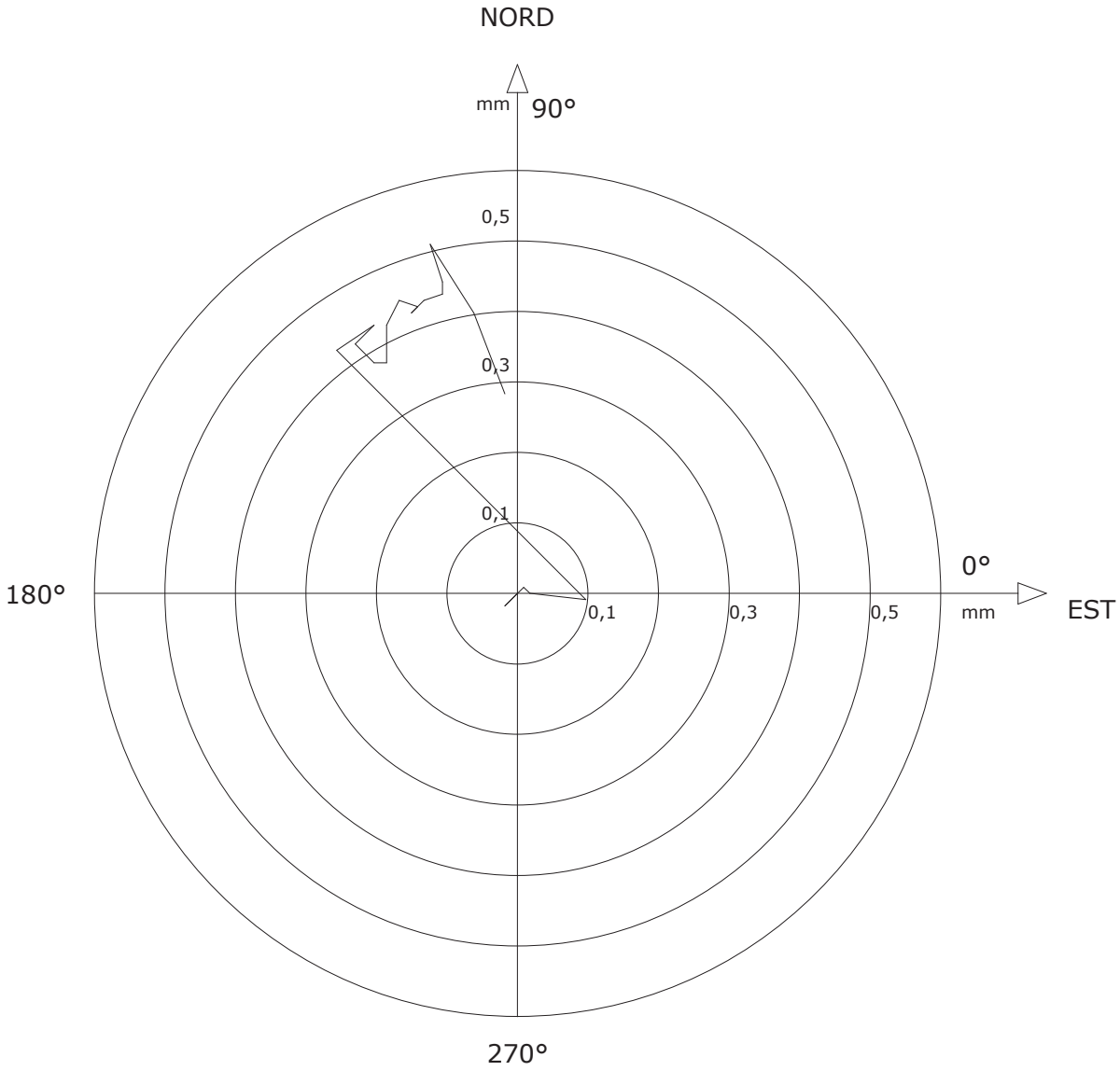


Sito: CCavalier Tubo: S-2

Elaborazione differenziale integrale dal basso

Riferimento 001:26/09/2013

Diagramma polare della deviazione



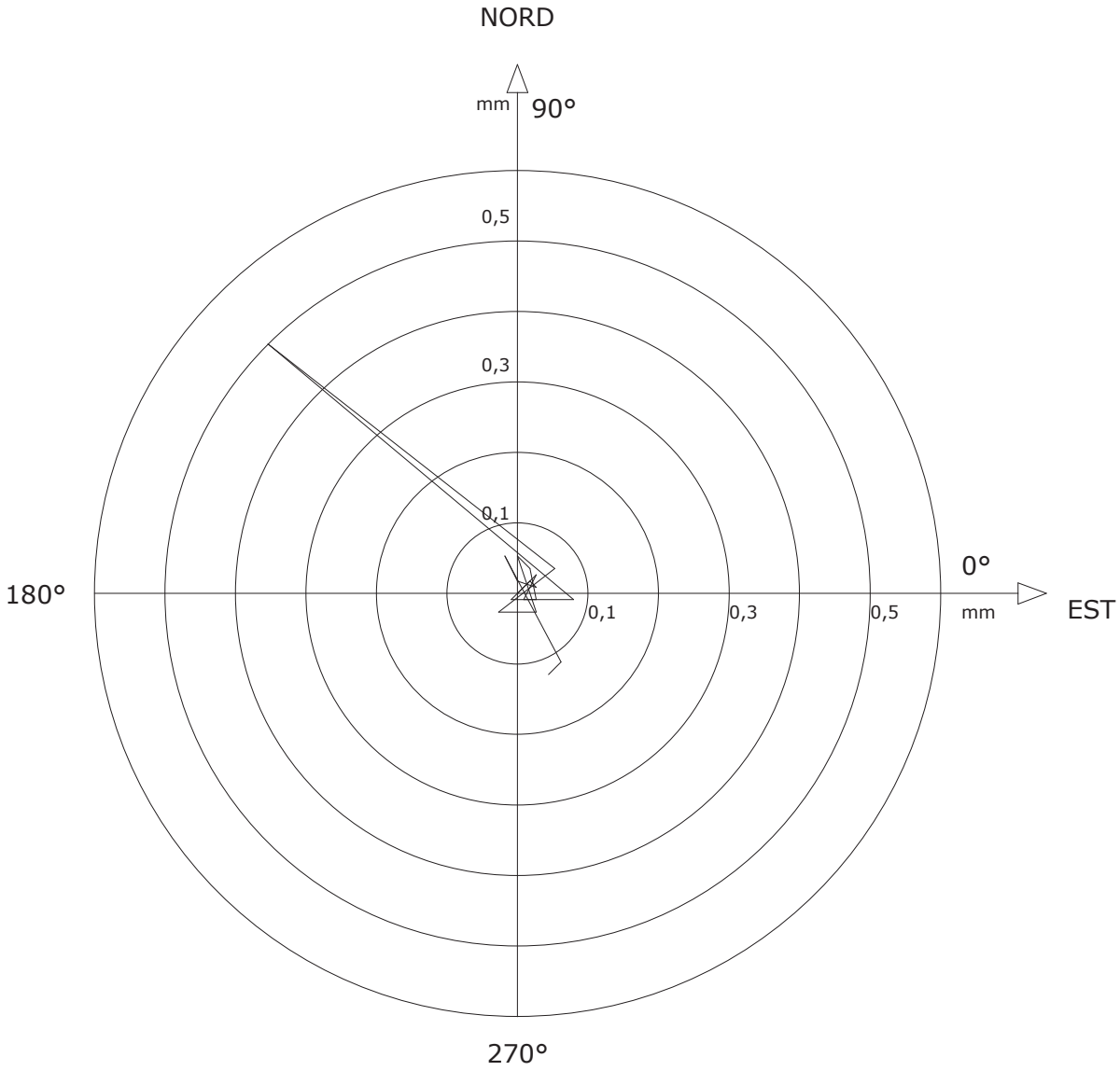
002:04/10/2013

Sito: CCavalier Tubo: S-2

Elaborazione differenziale locale dal basso

Riferimento 001:26/09/2013

Diagramma polare della deviazione



002:04/10/2013

RAPPORTO DI PROVA NR 37

COMMITTENTE: IMPRESA OLIVOTTO S.R.L

Oggetto: Letture inclinometriche

Cantiere: Col Cavalier – Belluno (BL)

Data cantiere: dal 04/10/2013 al 04/10/2013 Inclinometri : S-1; S-2

TIPO DI PROVE:

Lettura inclinometrica

DIRETTORE DEL LABORATORIO

Monografia Sito

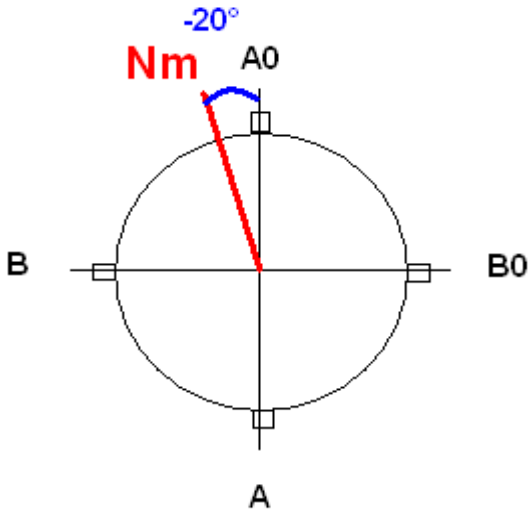
CARATTERISTICHE GENERALI DEL SITO:

Sigle inclinometri	Direzione	Profondità da P.C
S-1 S-2	20° N 330° N	- 10 m - 10 m

Lettura di zero eseguita il 26/09/2013

PANORAMICA GENERALE SITO:

MONOGRAFIA S-1



CONVENZIONI E RIFERIMENTI

A0:Guida di riferimento

Nm:Nord magnetico

Azimut di A0 da Nm = 0°

Partenza misura = -10 m

Ultima misura = - 0.5 m

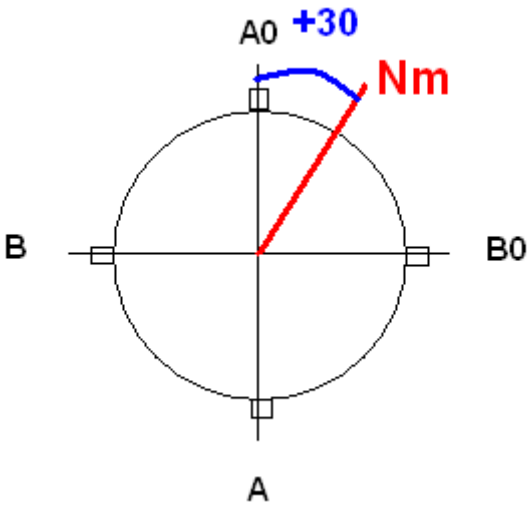
Intervallo tra le misure = -0.5 m

Quota sommità tubo = -+0.20m da P.C

Quota di riferimento misure = -0.10 m

Profondità effettiva = 10 m

MONOGRAFIA S-2



CONVENZIONI E RIFERIMENTI

A0:Guida di riferimento

Nm:Nord magnetico

Azimut di A0 da Nm = 330°

Partenza misura = -10 m

Ultima misura = - 0.5 m

Intervallo tra le misure = -0.5 m

Quota sommità tubo = -+0.20m da P.C

Quota di riferimento misure = -0.10 m

Profondità effettiva = 10 m

Note Finali:

Nel tubo S-1 rispetto alla lettura effettuata in data 26/09/2013 , non si sono registrati spostamenti significativi, come dimostrato dal grafico “risultante spostamento”, dove si può notare che sono inferiori al decimo di millimetro .

Nel tubo S-2 rispetto alla lettura effettuata in data 26/09/2013 , non si sono registrati spostamenti significativi, come dimostrato dal grafico “risultante spostamento”, dove si può notare che sono inferiori al decimo di millimetro .