



REGIONE FRIULI VENEZIA-GIULIA  
PROVINCIA PORDENONE  
COMUNE DI TRAMONTI DI SOTTO

**INTERVENTI DI SISTEMAZIONE DEL DISSESTO  
IDROGEOLOGICO LUNGO LA S.R. N° 552 AL KM 34+600**



<b>RELAZIONE GEOLOGICA E RELAZIONE SISMICA</b>									
GEOLOGO :  <b>dott. Francesco CAPRONI</b>    ORDINE DEI GEOLOGI DEL F.V.G. N° 223					Committente:  				
REVISIONI	DATA:	0		1		2		3	
	VERIFICATO:								
	APPROVATO:								

dott. geol. F. CAPRONI Via Piazza D'Armi 64 33100 Udine	Interventi di sistemazione del dissesto idrogeologico lungo la S.R. n° 552 al km 34+600 Comune di Tramonti di Sotto Relazione Geologica	doc. RG_Tra_01 Rev.0- Pagina 3 di 23
---------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------

## SOMMARIO

1. PREMESSA.....	4
2. CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE, PAESAGGISTICHE E GEOLOGICHE ...	6
3. SISMICITA' .....	8
4. IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA .....	9
4.1 METODO DI ANALISI .....	10
CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA.....	12
VERIFICA IDRAULICA.....	13
5. INDAGINI ESEGUITE .....	15
5.1 TOPOGRAFIA.....	15
5.1.1. RILIEVO DA DRONE .....	15
5.1.2. RILIEVO CON STAZIONE GNSS .....	16
6. INDAGINI.....	16
6.1 ANALISI DEI MICROTREMORI .....	19
7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....	21
8. CONCLUSIONI .....	23

dott. geol. F. CAPRONI Via Piazza D'Armi 64 33100 Udine	Interventi di sistemazione del dissesto idrogeologico lungo la S.R. n° 552 al km 34+600 Comune di Tramonti di Sotto Relazione Geologica	doc. RG_Tra_01 Rev.0- Pagina 4 di 23
---------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------

## 1. PREMESSA

Viene redatta la presente relazione tecnica al fine di valutare le caratteristiche geolitologiche, geotecniche ed idrogeologiche del sito al km 34+600 della S.R. n° 552 ove si è verificato un cedimento del tombotto di attraversamento stradale con conseguente interessamento di parte della carreggiata stradale.

L'indagine è stata eseguita in osservanza alla Normativa vigente (NTC 17.1.2018), analizzando i risultati di precedenti studi condotti in aree adiacenti integrati da osservazioni dirette sul terreno.

Si è proceduto quindi ad effettuare :

- un rilievo geologico del versante al fine di definire l'assetto stratigrafico dei luoghi per il dimensionamento delle opere di consolidamento
- rilievi topografici con drone (UAS) e con stazioni GNSS
- una stazione geomeccanica sul substrato calcareo



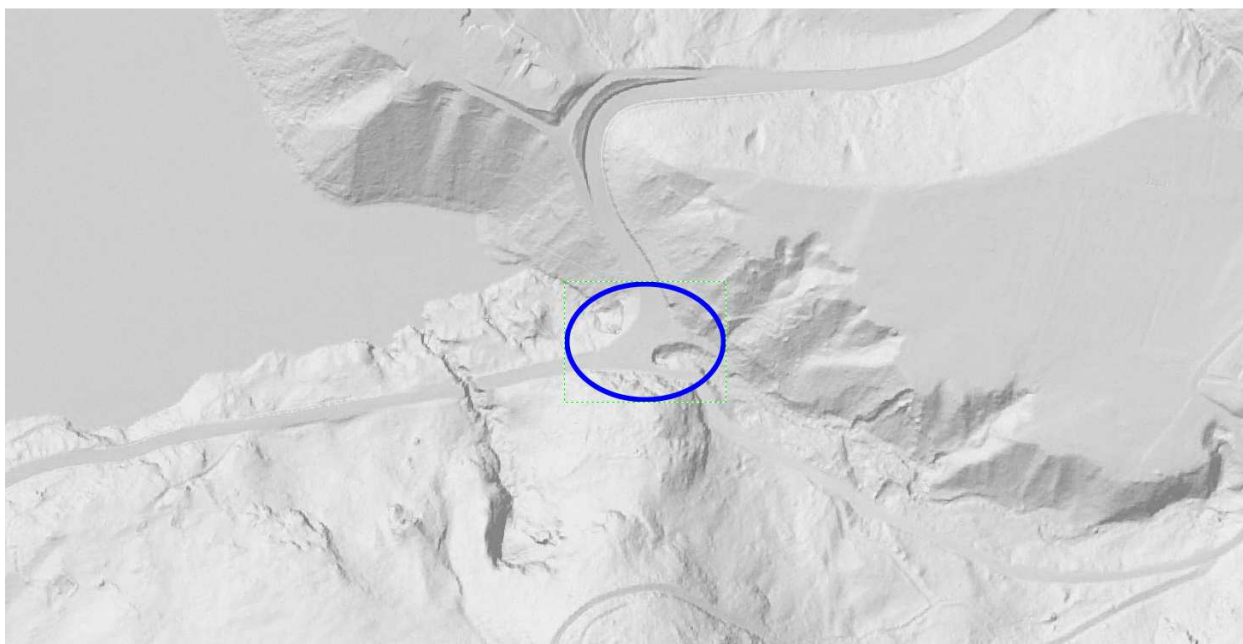
*Ortofoto con ubicazione area di progetto*





## 2. Caratteristiche morfologiche, paesaggistiche e geologiche

L'area di indagine insiste ad una quota di ca 330,0 mslmm lungo la S.R. n° 552 che nel tratto di indagine costeggia le rive orientali del lago di Redona. In particolare il cedimento della carreggiata stradale è avvenuto in corrispondenza del tombotto lungo il quale scorre un rio che nasce a monte in località Ferrara (580,0m slmm)



*Elaborazione da rilievo LIDAR*

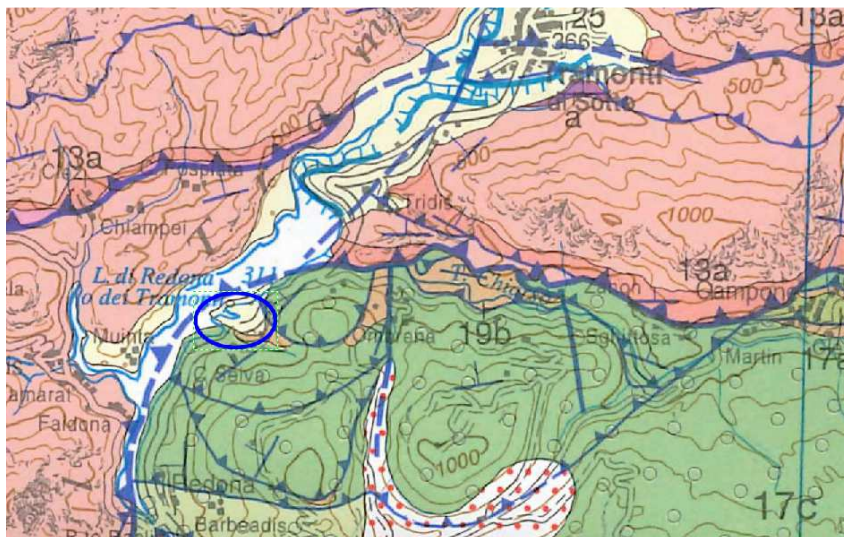


*Panoramica da drone dell'area d'indagine*



dott. geol. F. CAPRONI Via Piazza D'Armi 64 33100 Udine	Interventi di sistemazione del dissesto idrogeologico lungo la S.R. n° 552 al km 34+600 Comune di Tramonti di Sotto Relazione Geologica	doc. RG_Tra_01 Rev.0- Pagina 7 di 23
---------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------

Dal punto di vista geologico le aree sono caratterizzate dalla presenza di affioramenti rocciosi prevalentemente calcarei con copertura detritico alluvionale caratterizzata da ghiaia e ciottoli in matrice limo sabbiosa.



25

Sedimenti alluvionali del settore montano. *Fluvioglacial and alluvial sediments of the mountaines. Pleistocene sup.- Olocene*

17c

Calcarei bioclastici biancastri, massicci con abbondanti rudiste, talora con intercalazioni di calcari micritici (Calcarei di M. Cavallo, Calcareniti del Molassa, Calcari di Aurisina, Fm. dei Calcari del Carso triestino p.p. , Calcari di Monte San Michele); depositi di piattaforma aperta. *Whitish bioclastic limestones, massive, with abundant rudists, sometimes with interbedded micritic limestones; carbonate platform deposits. Cretacico sup.*

*Estratto dalla Carta Geologica del Friuli Venezia Giulia (G.B. Carulli)*



*Particolare del Rio con l'affioramento roccioso e la porzione di piedritto del tombotto che ha ceduto*

dott. geol. F. CAPRONI Via Piazza D'Armi 64 33100 Udine	Interventi di sistemazione del dissesto idrogeologico lungo la S.R. n° 552 al km 34+600 Comune di Tramonti di Sotto Relazione Geologica	doc. RG_Tra_01 Rev.0- Pagina 8 di 23
---------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------

Le aree di progetto non rientrano nell'ambito di superfici considerate a rischio idrogeologico secondo il Piano di Assetto Idrogeologico del bacino del fiume Livenza.



*Estratto dal WebGis della Regione FVG*

### 3. SISMICITA'

Ai sensi della Delibera della Giunta Regionale n. 845 de 6/6/2010 Il comune di Tramonti di Sotto è stato dichiarato sismico ed inserito nell'ambito della zona 2 ad alta sismicità.

Sulla base delle disposizioni previste dalle Norme Tecniche delle Costruzioni (NTC 2018) si definiscono i seguenti parametri generali:

- Vita nominale dell'opera		$V_N = 50$ anni
- Classe d'uso		IV
- Coefficiente d'uso		$C_U = 2$
- Periodo di riferimento per le azioni sismiche strutturali		$V_R = V_N * C_U = 100$ anni
- Stato limite di riferimento		SLV
- Probabilità di superamento dello stato limite considerato		PVR = 10%
Con i parametri sismici:		
- comune : Tramonti di Sotto		
- categoria suolo =		A
- tempo di ritorno	$T_r = -V_R / \ln(1 - P_{VR}) =$	949 anni
- accelerazione massima su suolo $a_g$	=	$3,32 \text{ m/s}^2$
- rapporto tra $a_g$ e accelerazione di gravità $ag(g)$	=	0,339
- massima amplificazione dell'acc. orizz. $F_0$	=	2,406
- coefficiente di amplificazione stratigrafica SS	=	1,0
- categoria topografica	=	T1

dott. geol. F. CAPRONI Via Piazza D'Armi 64 33100 Udine	Interventi di sistemazione del dissesto idrogeologico lungo la S.R. n° 552 al km 34+600 Comune di Tramonti di Sotto Relazione Geologica	doc. RG_Tra_01 Rev.0- Pagina 9 di 23
---------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------

$$\begin{array}{llll}
 \text{- coefficiente di amplificazione topografica} & S_T & = & 1,0 \\
 \text{acc. max attesa in superficie} & a_{MAX} = S_S * S_T * a_g & = & 3,32 \text{ m/s}^2
 \end{array}$$

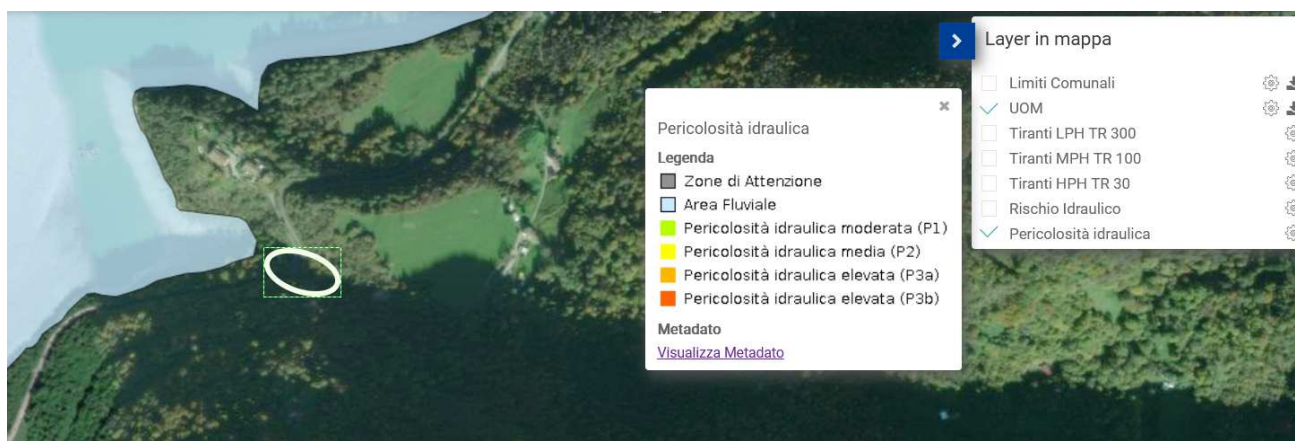
Sulla base dei rilievi eseguiti si ritiene che la curva di dispersione delle  $V_{S,eq}$  ricada nell'ambito della categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione di **tipo A** "Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m".

## 4. IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA

### Idrografia

L'area di progetto è caratterizzata dalla presenza di un Rio che scorre (con portate significative in occasione di eventi meteorici concentrati) lungo un impluvio che nasce ca 250,0m a monte dell'intervento di progetto, per immettersi poi nel lago di Redona.

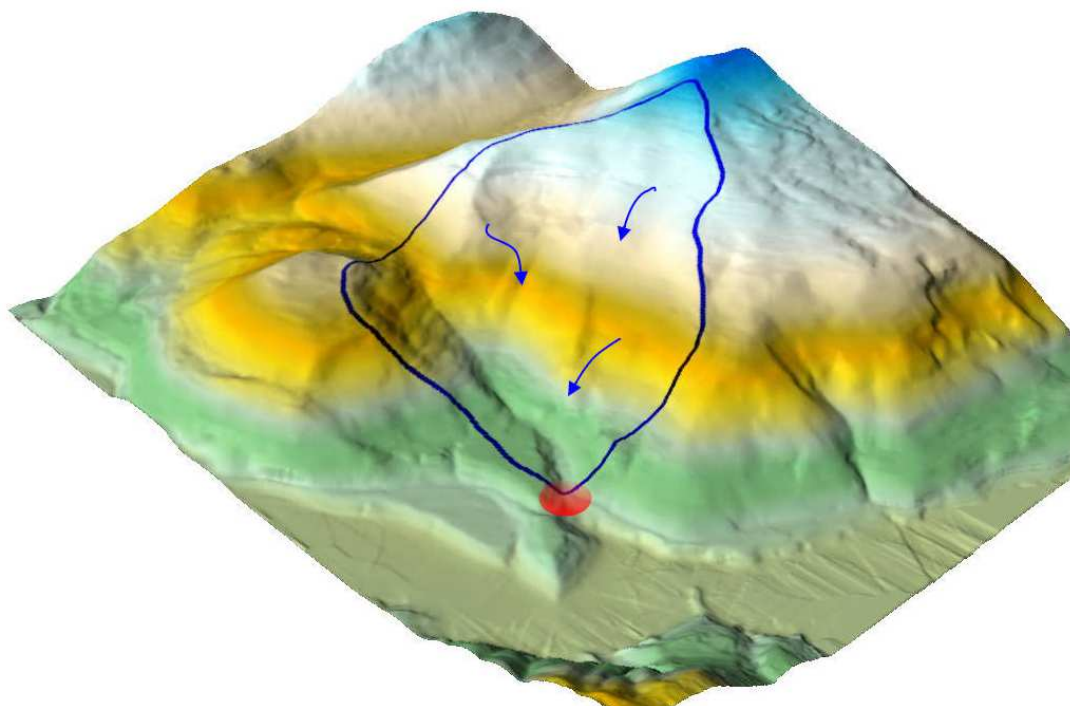
Ai sensi del Piano Generale del Rischio alluvioni (PGRA) l'area non risulta inserita nell'ambito di superfici con pericolosità idraulica



*Estratto dal Sistema Informativo per la Gestione ed il Monitoraggio delle informazioni e dei procedimenti Ambientali della Direttiva Alluvioni*

Il bacino sotteso al tombotto progetto, illustrato in allegato, risulta di ca 0,924kmq





*Modello tridimensionale bacino*

#### 4.1 metodo di analisi

Per la valutazione delle portata massima in corrispondenza della sezione di chiusura considerata coincidente con l'inizio a sud dell'intervento A1, si è ricorsi al *Metodo Cinematico o Razionale* che prevede il calcolo della portata di piena  $Q_{\max}$  mediante la relazione

$$Q_{\max} = \frac{C * h_c * A}{3,6 * t_c} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

Dove :

C = coefficiente adimensionale che tiene conto della riduzione della portata meteorica per effetto dell'infiltrazione

A = estensione del bacino in kmq

$h_c$  = altezza di pioggia che cade in un tempo uguale al tempo di corrivazione

$t_c$  = tempo di corrivazione inteso come il tempo necessario affinché una particella d'acqua, caduta nel punto idraulicamente più lontano dal bacino, faccia sentire il suo effetto nella sezione di studio

Per il calcolo del tempo di corrivazione si è impiegata la formula empirica proposta dal Giandotti (1934) :

$$T_c = \frac{4 * \sqrt{A} + 1.5 * L}{0,8 \sqrt{h_{mr}}}$$

Dove:

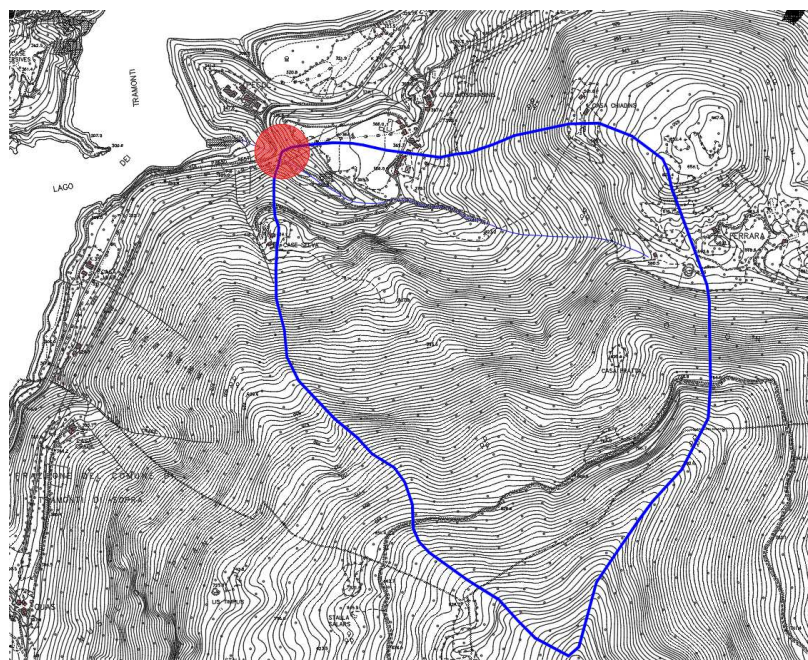
$T_c$  = tempo di corrivazione espresso in ore

A = superficie del bacino in kmq

L = lunghezza dell'asta principale del corso d'acqua , estesa sino allo spartiacque in km

$h_{mr}$  = altezza media del bacino rispetto alla sezione di chiusura ( $h_{mr} = h_m - h_v$ ) in m

Dai rilievi DTM, passo 0,5 m della Regione FVG è stato prodotto un modello tridimensionale dal quale è stato possibile estrapolare con il programma SAGA G.b.R. (Gottingen –2001/2/3) i principali fattori morfometrici dei bacini in oggetto.



*Corografia con indicazione limiti bacino Rio*

dott. geol. F. CAPRONI Via Piazza D'Armi 64 33100 Udine	Interventi di sistemazione del dissesto idrogeologico lungo la S.R. n° 552 al km 34+600 Comune di Tramonti di Sotto Relazione Geologica	doc. RG_Tra_01 Rev.0- Pagina 12 di 23
---------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------

Vengono riportate le principali caratteristiche morfometriche del sottobacino sotteso alla sezione di chiusura coincidente con la canaletta drenante:

Altezza massima del bacino	1046,5m
Altezza media del bacino	650,0m
Quota min. – sezione di chiusura	333,0m
Altezza media rispetto alla sezione di chiusura	317,0 m
Superficie bacino	0,924 kmq
L =Lunghezza asta ipotetica sino allo spartiacque	1,4km

E' stato così possibile definire il Tempo di Corrivazione:

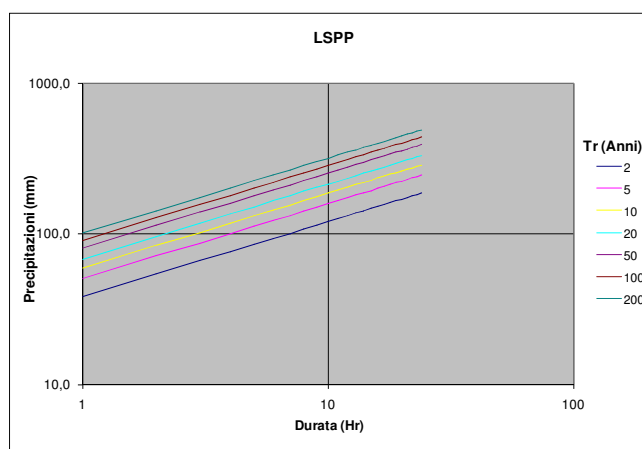
$$T_c = \frac{4\sqrt{0,924} + 1,5 * 1,4}{0,8 \sqrt{650}} = \frac{3,84 + 2,1}{20,39} = 0,291h$$

### Calcolo della portata massima

Quale coefficiente di deflusso C è stato utilizzato un valore unico per tutto il bacino pari a 0,4 in considerazione di un versante che presenta un'importante infiltrazione delle acque di corrivazione.

Per quanto riguarda invece l'altezza critica di pioggia, sulla base dei dati estrapolati dal software RainMap della regione FVG con un ritorno di 100 anni, viene definita una curva di possibilità pluviometrica del tipo:

$$h = 90,4 * t^{0.50}$$



Curva da software "Rainmap" Regione FVG



dott. geol. F. CAPRONI Via Piazza D'Armi 64 33100 Udine	Interventi di sistemazione del dissesto idrogeologico lungo la S.R. n° 552 al km 34+600 Comune di Tramonti di Sotto Relazione Geologica	doc. RG_Tra_01 Rev.0- Pagina 13 di 23
---------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------

Per quanto riguarda invece l'altezza critica di pioggia considerando un tempo di corrivazione di 0,291h viene definito un valore  $h_c$  probabile di 48,76mm.

Si stima dunque una portata massima, per la sezione considerata, di :

$$Q_{\max} = \frac{C * h_c * A}{3.6 * t_c} = \frac{0,4 * 48,76 * 0,924}{3,6 * 0,291} = 17,20 m^3 / s$$

## Verifica idraulica

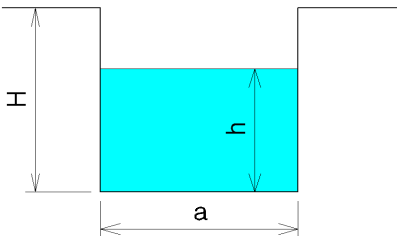
Per la verifica idraulica è stato utilizzato un software che considera sezioni idrauliche in condizioni di moto uniforme a superficie libera. L'applicativo permette di scegliere il coefficiente di scabrezza in funzione del tipo corso d'acqua, utilizzando i coefficienti di Bazin o Kutter.

È possibile impostare come parametro incognito l'altezza della corrente, la portata o la pendenza. Il programma fornisce in uscita tutti i parametri idraulici e geometrici risultanti dal calcolo.

### CALCOLO CAPACITA' DI SMALITIMENTO SEZIONE IDRAULICA DI FORMA RETTANGOLARE

**Descrizione:**

**Punto di sezione:**

CARATTERISTICHE SEZIONE			
DATI NOTI (da inserire)			
H	⇒	3.00	ALTEZZA [m]
a	⇒	3.00	[m]
h	⇒	1.30	[m]
p	⇒	17.00%	Pendenza
m	⇒	2.5	Coeff. di scabrosità di Kutter
			
DATI RISULTANTI			
Contorno bagnato	$Pb = a + 2h$	⇒	5.600 [m]
Area di deflusso	$A = ah$	⇒	3.9000 [m <sup>2</sup> ]
Raggio idraulico	$Ri = \frac{A}{Pb}$	⇒	0.696 [m]

*Particolare sezione canaletta*

**CAPACITA' DI SMALTIMENTO per un'altezza d'acqua  $h = 1.30 \text{ m}$**

FORMULE (moto uniforme)

Portata

$$Q = AV$$

dove

A = Area di deflusso  
V = Velocità di deflusso

Velocità di deflusso

$$V = c\sqrt{R_i p}$$

dove

c = coefficiente di attrito  
R<sub>i</sub> = raggio idraulico  
p = pendenza

Coefficiente di attrito

$$c = \frac{100\sqrt{R_i}}{m + \sqrt{R_i}}$$

dove

m = Coeff. Di scabrosità  
di Kutter

RISULTATI

<b>c</b>	⇒	<b>25.03</b>
<b>V</b>	⇒	<b>8.61 [m/sec]</b>
<b>Q</b>	⇒	<b>33.584 [m<sup>3</sup>/sec]</b>

Considerando dunque la sezione del tombotto di ca 3,0x3,0m è stata calcolata una capacità di smaltimento pari a ca 33,0mc/sec. Il mnaufatto risulta , dunque, su un tempo di ritorno di 100anni, in grado di smaltire le acque di piena.

### Note di idrogeologia

Per quanto riguarda l'idrogeologia al piede del versante e/o a monte non sono state evidenziate venute d'acqua. Si ritiene tuttavia che al top della formazione rocciosa possano scorrere in occasione di importanti eventi meteorici livelli freatici.

dott. geol. F. CAPRONI Via Piazza D'Armi 64 33100 Udine	Interventi di sistemazione del dissesto idrogeologico lungo la S.R. n° 552 al km 34+600 Comune di Tramonti di Sotto Relazione Geologica	doc. RG_Tra_01 Rev.0- Pagina 15 di 23
---------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------

## 5. INDAGINI ESEGUITE

### 5.1 Topografia

Quale supporto topografico e fotografico sono stati eseguiti:

- Rilievi fotografici da drone;
- Rilievi topografici con stazione GNSS multicostellazione a doppia frequenza;

#### 5.1.1. Rilievo da drone

Per l'esecuzione delle fotografie aeree nadirali è stato utilizzato un drone provvisto di apparato di stabilizzazione elettronica in grado di mantenere la fotocamera in posizione costantemente nadirali. Le immagini vengono realizzate con un camere digitali ad altissima risoluzione e sensibilità, in grado quindi di garantire ottimi scatti anche in condizioni di luminosità imperfetta. I fotogrammi sono stati processati con le più avanzate tecniche di fotogrammetria basate sulla computer vision, quali *structure from motion* e *image-based modeling*. Tramite l'allineamento delle immagini ottenuto dal riconoscimento automatico di migliaia di punti omologhi, si è dunque in grado di generare modelli digitali tridimensionali delle superfici con elevata precisione e dettaglio. Per il sito in oggetto è stato predisposto un piano di volo secondo dei Way Point geo riferiti. Sul terreno sono stati collocati alcuni bersagli (target) che sono stati successivamente rilevati con stazione multi costellazione GNSS.



*Modello digitale area d'indagine*



dott. geol. F. CAPRONI Via Piazza D'Armi 64 33100 Udine	Interventi di sistemazione del dissesto idrogeologico lungo la S.R. n° 552 al km 34+600 Comune di Tramonti di Sotto Relazione Geologica	doc. RG_Tra_01 Rev.0- Pagina 16 di 23
---------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------

Dal rilievo aereo è stata dunque prodotta una nuvola punti dalla quale è stato ricavato un modello numerico della morfologia dei siti di indagine. Il dato planoaltimetrico è stato poi confrontato accuratamente con la cartografia numerica della regione FVG Laser Scan, con passo di acquisizione di 0,5m.

E' stato così possibile definire un modello numerico del terreno dal quale sono state estratte le sezioni per le verifiche di scivolamento massi e le sezioni litostratigrafiche.

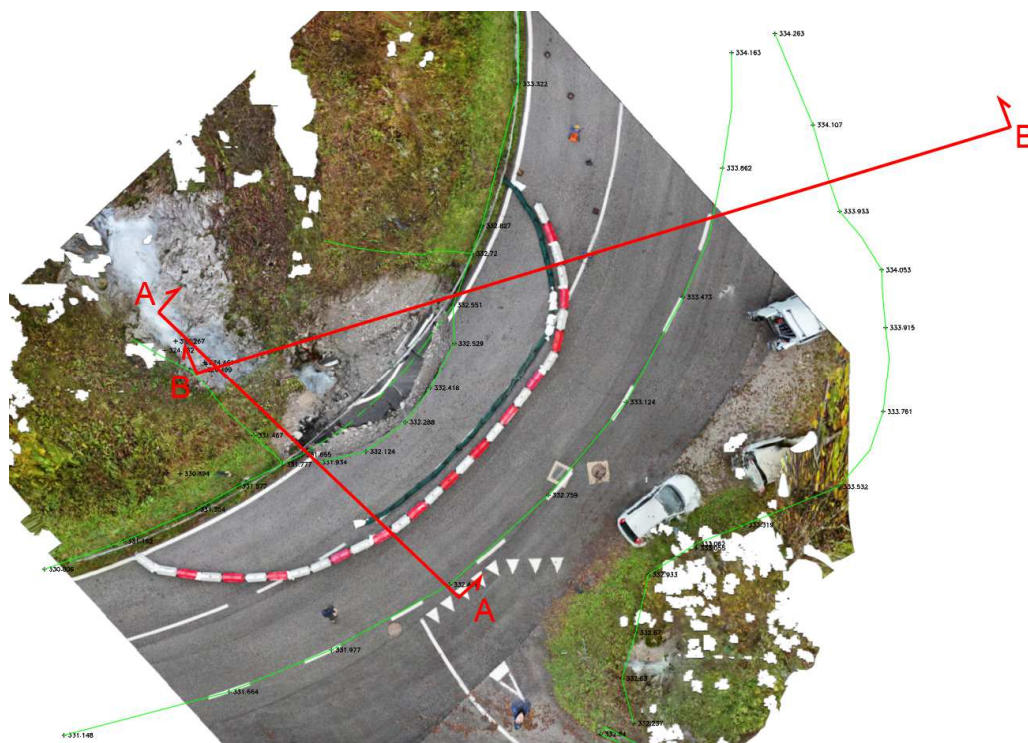
### 5.1.2. Rilievo con stazione GNSS

Per definire la quota planoaltimetrica del posizionamento delle indagini condotte e per integrare i dati da rilievo Laserscan della Regione è stata utilizzata una stazione Sinding GNSS multicostellazione a doppia frequenza.

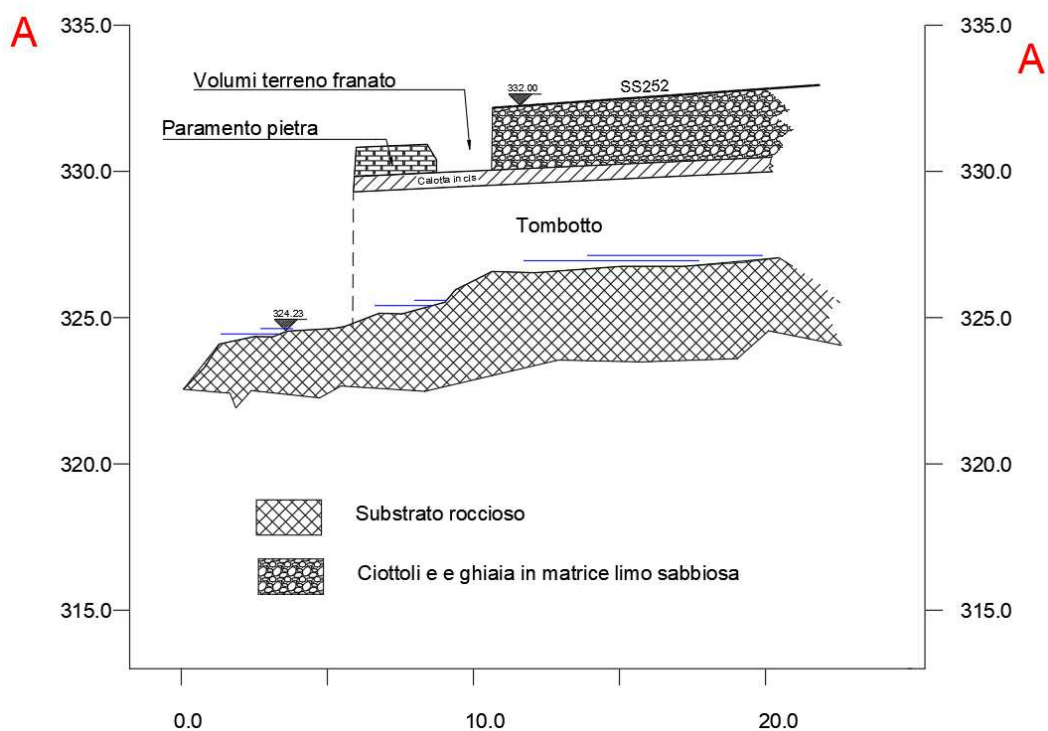
I punti quotati sono poi stati agganciati a quelli della CTRN al fine di definire un modello del terreno (DTM).

## 6. INDAGINI

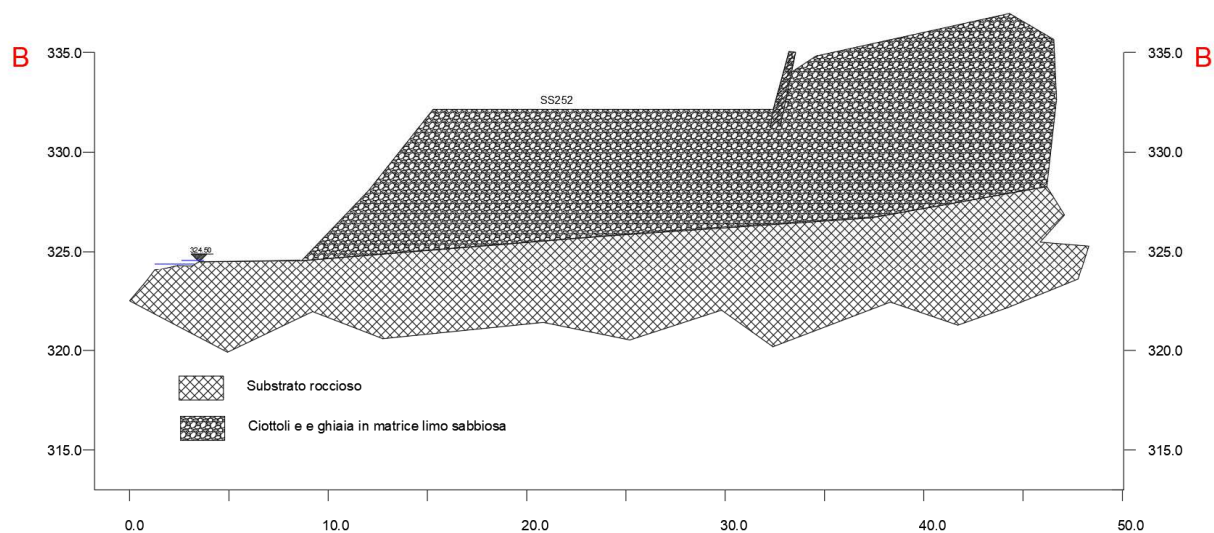
Sulla base dei rilievi topografici eseguiti è stato ricostruito un modello numerico dell'area di studio dal quale sono state ricavate alcune sezioni topografiche sulle quali è stato poi possibile ricostruire la stratigrafia del sito d'indagine.



*Ortofoto da rilievo drone con topografia GNSS*



Sezione stratigrafica AA



Sezione stratigrafica BB

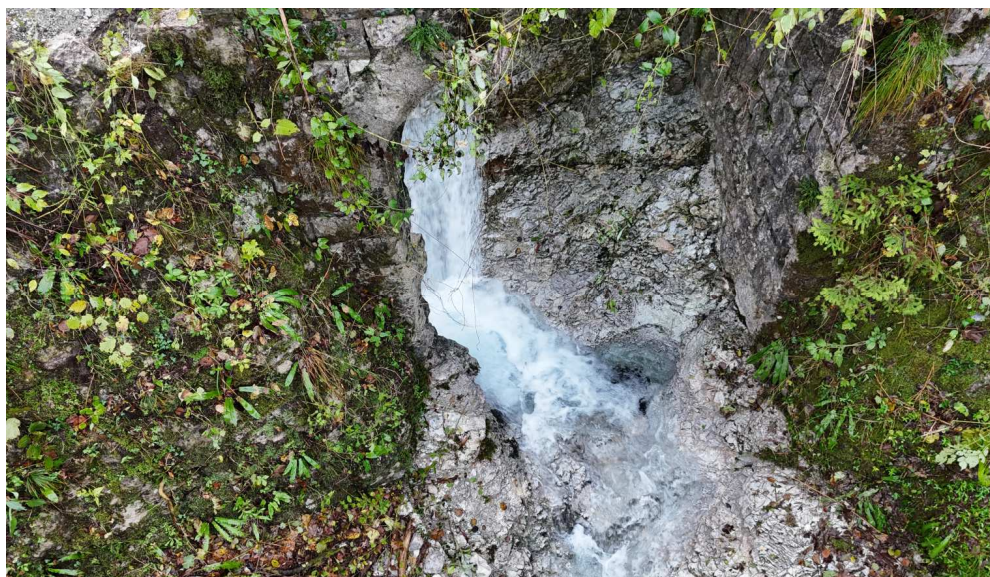


Come si può evincere dalle sezioni allegate la stratigrafia dell'area di indagine è contraddistinta da un substrato roccioso affiorante lungo l'alveo del Rio ed in sinistra idrografica lungo una strada comunale che conduce alla località Moschiasinis.

Il materiale detritico alluvionale risulta caratterizzato da ciottoli e ghiaie in matrice limo sabbiosa.



*Particolare dei depositi ghiaiosi e ciottolosi in sponda dx del Rio*

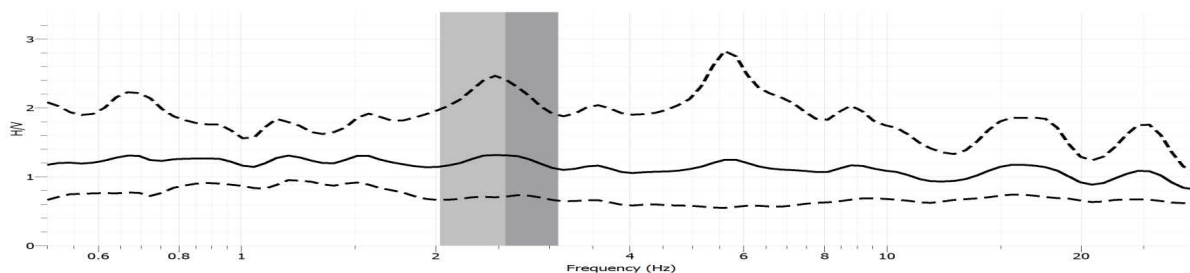


*Affioramento roccioso in alveo Rio*



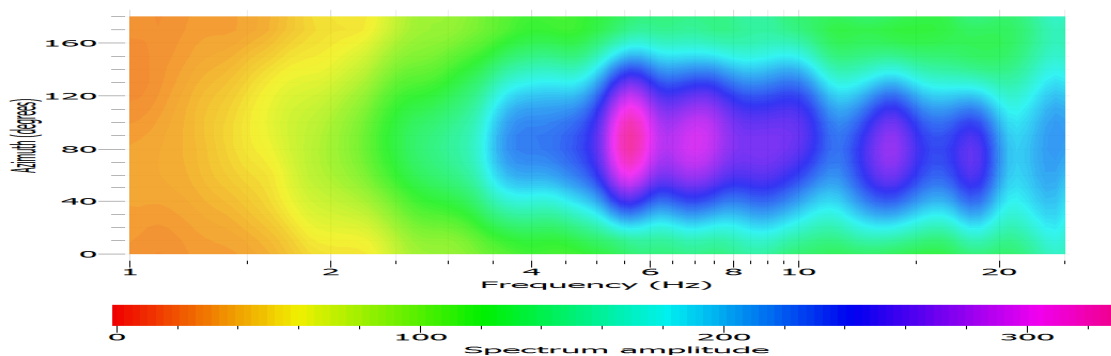
## 6.1 ANALISI DEI MICROTREMORI

Di seguito viene riportata una curva HVSR eseguita dallo scrivente poco distante dal sito di indagine ma soprattutto nelle medesime condizioni stratigrafiche



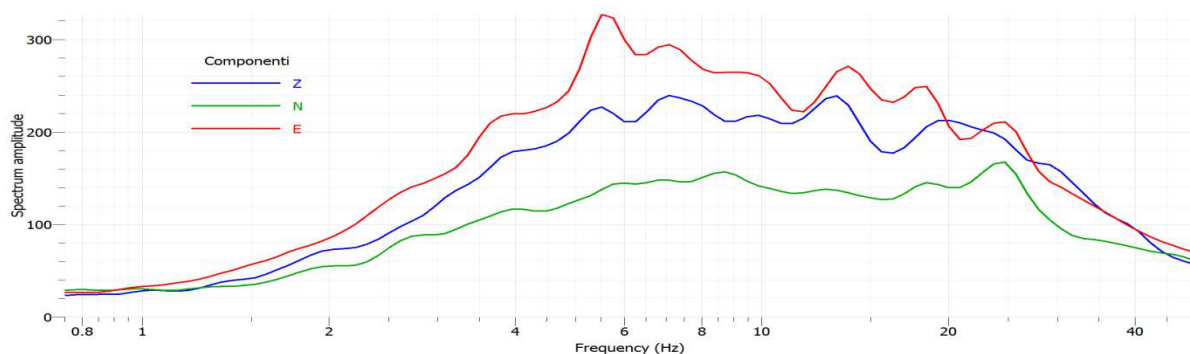
*La curva HVSR*

Si osserva in generale una bassa amplificazione mentre sono presenti alcuni picchi in frequenza.



*Spettro del segnale*

Dall'analisi dello spettro del segnale alle frequenze si possono evidenziare alcuni segnali di tipo direzionali di probabile origine antropica che verranno dunque scartati nella modellazione del segnale per l'inversione dei dati.

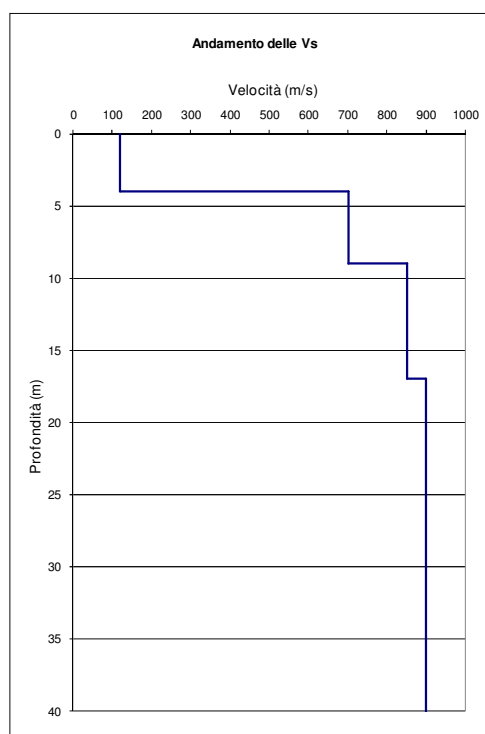


*Lo spettro di ampiezza delle componenti Z, N ed E.*

Per ricavare l'andamento del valore delle velocità delle onde di taglio è stato applicato il metodo SPAC (Aki, 1957; Chavez-Garcia, 2005), basato sull'ipotesi di stazionarietà spazio-temporale del segnale sismico, alle componenti verticali dei segnali registrati in superficie.

Dal confronto tra la funzione teorica e la curva sperimentale, si è potuto ricavare la funzione di dispersione per il modo fondamentale delle onde di Rayleigh, la cui conoscenza consente di risalire al modello di velocità del mezzo, attraverso un procedimento di inversione. A tal fine è necessario disporre di un modello del sottosuolo da assumere come modello iniziale, consistente in un insieme di strati piano-paralleli sovrastanti un semispazio, ciascuno caratterizzato da quattro parametri: spessore, velocità delle onde S, rapporto di Poisson, densità ( $h$ ,  $V_s$ ,  $\nu$ ,  $\rho$ ).

L'inversione dei dati tramite codice di calcolo DINVER (<http://www.geopsy.org/>) è stata eseguita attraverso 50 iterazioni che hanno prodotto 2500 modelli.



*Modello di velocità finale*

Sulla base dei rilievi eseguiti si ritiene che la curva di dispersione delle  $V_{S,eq}$  ricada nell'ambito della categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione di **tipo A** "Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m".

dott. geol. F. CAPRONI Via Piazza D'Armi 64 33100 Udine	Interventi di sistemazione del dissesto idrogeologico lungo la S.R. n° 552 al km 34+600 Comune di Tramonti di Sotto Relazione Geologica	doc. RG_Tra_01 Rev.0- Pagina 21 di 23
---------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------

## 7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Ai livelli ghiaiosi sovrastanti il substrato calcareo lungo la carreggiata stradale si ritiene di poter attribuire, sulla base di valori di indagini SPT realizzate su compagini simili, in aree vicine, i seguenti valori geotecnici

Litotipo	Parametro	Definizione	Valore
Ghiaia con ciottoli in matrice limo sabbiosa		Angolo d'attrito interno in condizioni statiche (°)	33
	C	Coesione (kPa)	0
		Peso di volume (kN/mc)	19

Quale tensione di aderenza tau per il detrito si può utilizzare un valore a rottura di 0,20 MPa sulla base di prove reperite in letteratura e/o eseguite dallo scrivente su compagini litologiche simili.

La tessitura prevalentemente massiva dell'ammasso roccioso non ha permesso di evidenziare famiglie a giaciture preferenziali. Si è quindi scelto di classificare l'ammasso roccioso col metodo GSI (Geological Strength Index) e determinando quindi i parametri di resistenza col criterio di Hoek-Brown, considerando il sistema come continuo equivalente.



*Panoramica con in evidenza l'affioramento calcareo*



La determinazione del GSI è avvenuta secondo la proposta di Ulusay e Sonmez (1999) ed esso è risultato all'interno dell'intervallo  $42 \div 50$ . In ottica cautelativa si è deciso l'uso del risultato peggiore. Sempre in questa prospettiva si è deciso di utilizzare il valore di resistenza alla compressione monoassiale  $\sigma_c$  minimo ottenuto dalle analisi sclerometriche, pari a 30 MPa

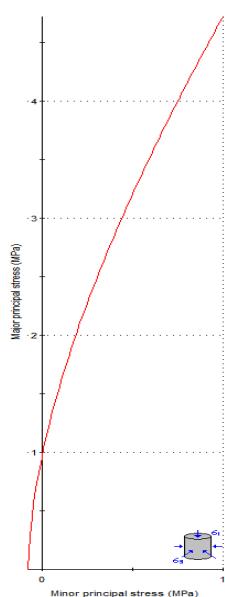
Il peso di volume usato è stato quello medio ottenuto con le pesate idrostatiche ed risultato pari a 25kN/mc.

Di seguito vengono indicati i parametri scelti :

GSI	SIGMA	mi	D	MR
42	30	4	0	400

Seguono i valori calcolati con il software Roclab della Rockscience :

$\alpha$ (°)	c (Mpa)
<b>35</b>	<b>0.30</b>



#### Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (sigci) = 30 MPa  
GSI = 40 mi = 4 Disturbance factor (D) = 0  
intact modulus (Ei) = 12000 MPa  
modulus ratio (MR) = 400

#### Hoek-Brown Criterion

mb = 0.469 s = 0.0013 a = 0.511

#### Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.305 MPa friction angle = 35.60 deg

#### Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.081 MPa  
uniaxial compressive strength = 0.992 MPa  
global strength = 2.684 MPa  
deformation modulus = 1915.83 MPa

Litotipo	Parametro	Definizione	Valore
Roccia calcarea	$\phi$	Angolo d'attrito interno in condizioni statiche	<b>35°</b>
	C	Coesione (Mpa)	<b>0,30</b>
	$\gamma$	Peso di volume (kN/mc)	<b>25</b>

dott. geol. F. CAPRONI Via Piazza D'Armi 64 33100 Udine	Interventi di sistemazione del dissesto idrogeologico lungo la S.R. n° 552 al km 34+600 Comune di Tramonti di Sotto Relazione Geologica	doc. RG_Tra_01 Rev.0- Pagina 23 di 23
---------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------

**Quale tensione di aderenza tau (Mpa) si può utilizzare un valore di 0,5 sulla base di prove reperite in letteratura e/o eseguite dallo scrivente su compagini litologiche simili.**

## 8. Conclusioni

Sulla base di tutte le informazioni ricavate nel presente studio è possibile formulare le seguenti conclusioni:

- L' area non rientra nell'ambito di superfici considerate a rischio idrogeologico secondo il Piano di Assetto Idrogeologico del bacino del fiume Livenza
- l'area non risulta inserita nell'ambito di superfici idrauliche ai sensi del PGRA Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (Distretto delle Alpi).
- La stratigrafia dei luoghi è caratterizzata da una copertura ghiaiosa e ciottolosa in matrice limo sabbiosa sovrastante il substrato calcareo che affiora in alveo Rio.
- non si ritiene che l'area possa essere interessata da fenomeni significativi di liquefazione delle sabbie
- ai sensi delle Norme Tecniche delle Costruzioni (NTC 2018) si ritiene che i terreni in oggetto appartengano alla categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione di tipo A con un'accelerazione massima su suolo prevista, per un tempo di ritorno di 949 anni, di  $3,32\text{m/s}^2$ .

Udine, novembre 2023

dott. geol. Francesco CAPRONI

