

## **ANALISI E ATTIVITÀ DI MITIGAZIONE DEL DISSESTO IDROGEOLOGICO**

**ANALISI DI FENOMENI IDROGEOLOGICI COMPLESSI –  
PROBLEMATICHE E SOLUZIONI**

*Francesco Marchese*  
[f.marchese@itelferr.it](mailto:f.marchese@itelferr.it)

# Sintesi dell'intervento

---

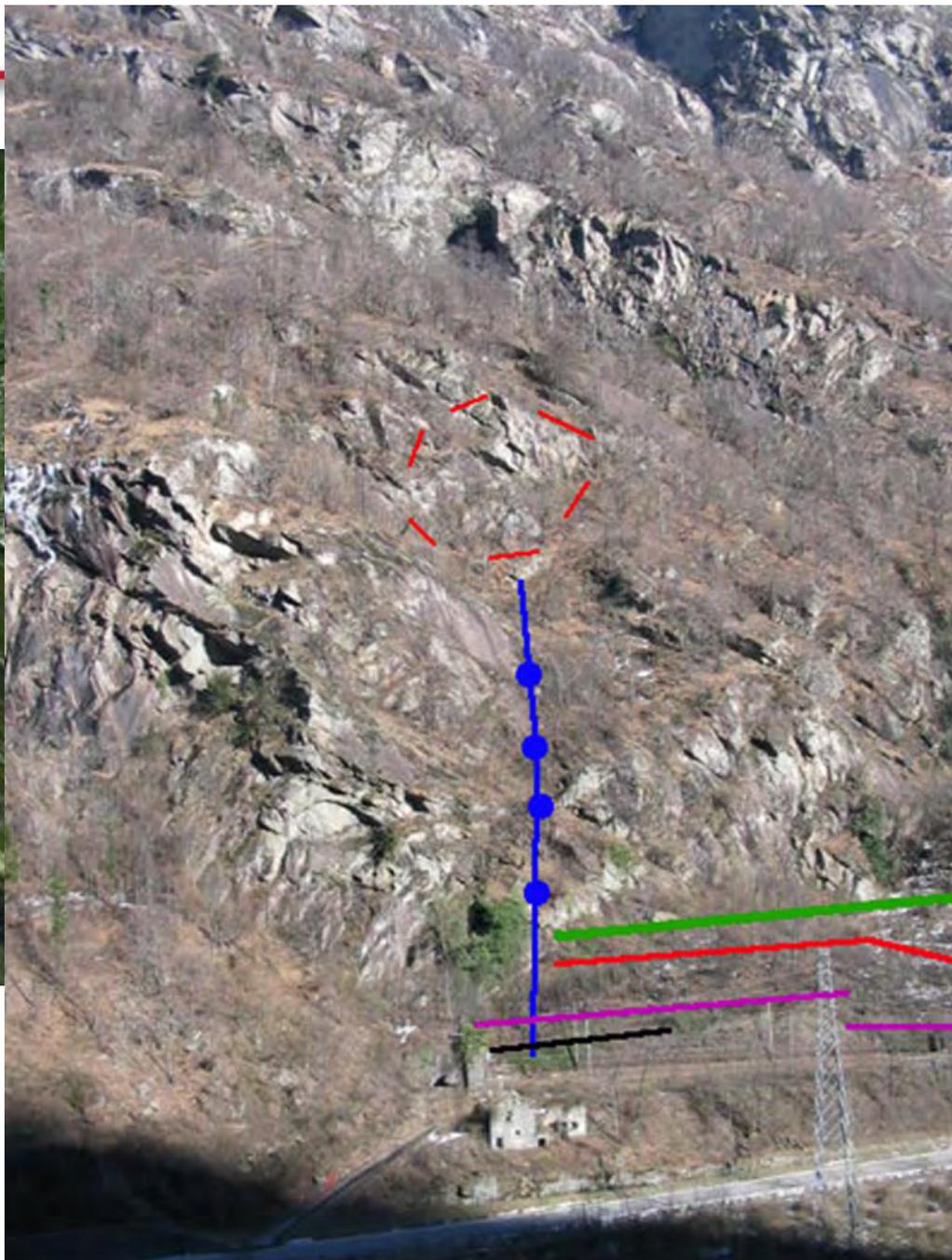
Studio geologico e geomeccanico del versante sovrastante il km 7+800 circa della Linea Domodossola – Iselle

Studio geomorfologico della deformazione gravitativa sul Torrente Fiumicello (*Cilento*, Campania)

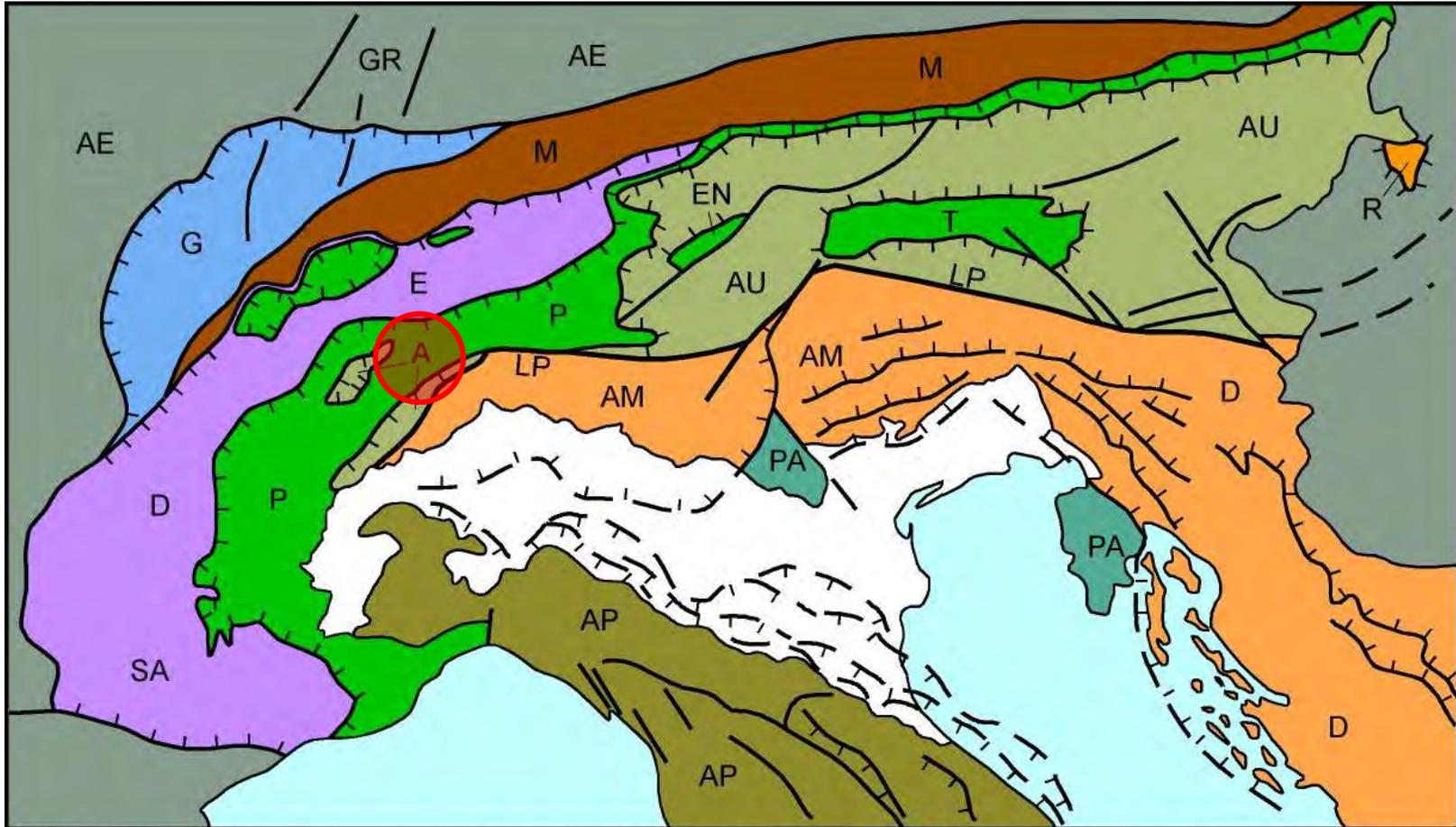
# Domodossola Iselle

---

1. Geologia
2. Geomorfologia
3. Geomeccanica
4. Fotogrammetria digitale terrestre e laser scanning
5. Analisi di stabilità
6. Analisi Runout
7. Tipologie di intervento proposte



Google earth

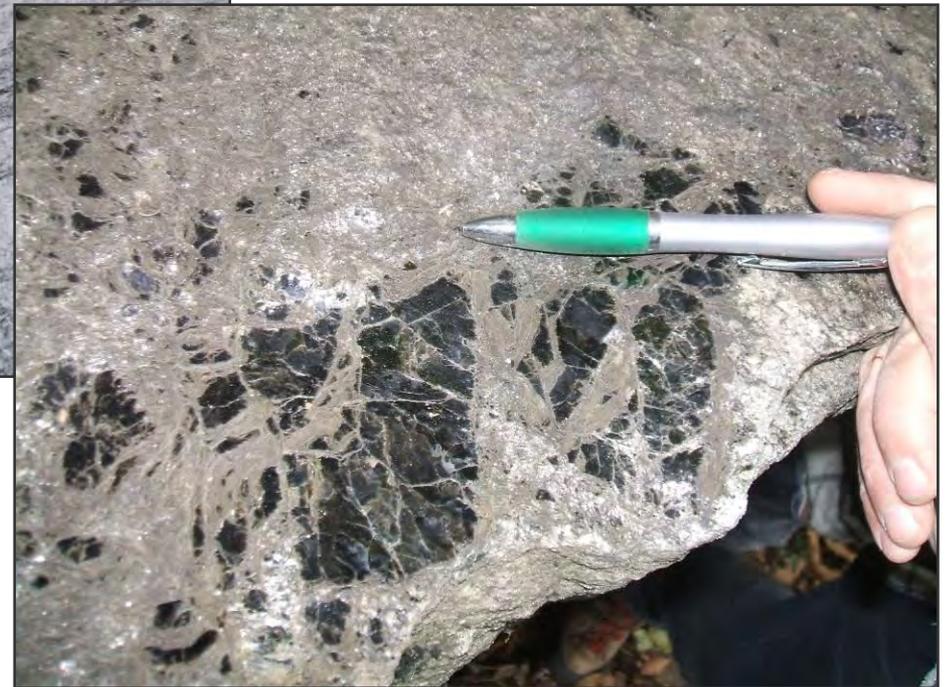


**Catena Europa-vergente:** Austroalpino delle Alpi occidentali (A) e orientali (AU); falde Pennidiche e unitàofiolitiche associate (P); finestra tettonica dell'Engadina (EN), dei Tauri (T) e di Rechnitz (R); sistema esterno Elvetico (E)-Delfinese (D) e catene subalpine (SA); avanfossa, molassa (M); falde di scollamento del Giura (G); avampaese europeo (AE) e graben del Reno (GR).  
**Catena Africa-vergente:** Alpi meridionali indifferenziate (AM). **Altre catene:** Appennino settentrionale (AP); Dinaridi (D); avampaese padano-adriatico (PA). **Principali linee tettoniche:** lineamento Periadriatico (LP).



Composizione mineralogica: Quarzo, K-Feldspato, Plagioclasio (An 25-30%), Biotite, Muscovite ed Allanite

È un ortogneiss a chimismo granitico-granodioritico a tessitura gneissica con cristalli di feldspato compresi tra 0,5 e 2cm

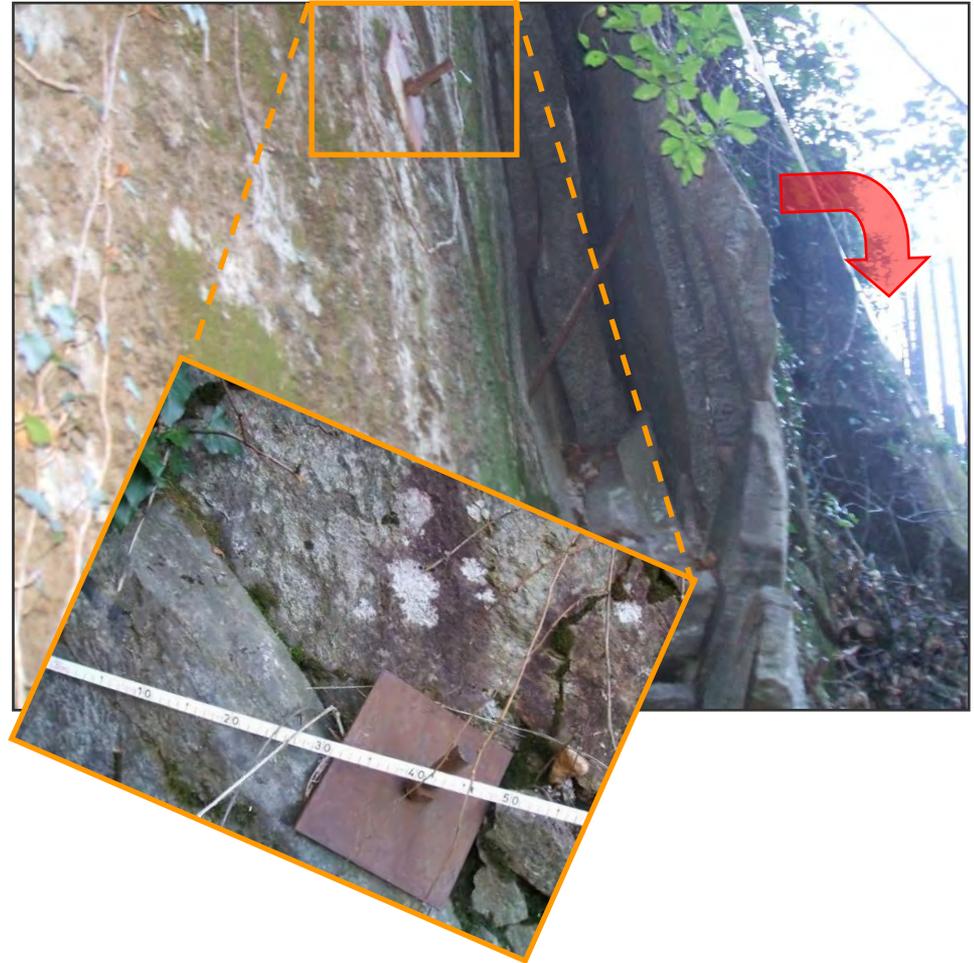


Deriva dal metamorfismo mesoalpino (Eocene-Oligocene) in facies anfibolitica di intrusioni granitiche tardo-paleozoiche

## SCORRIMENTO (*sliding*)



## RIBALTAMENTO (*toppling*)



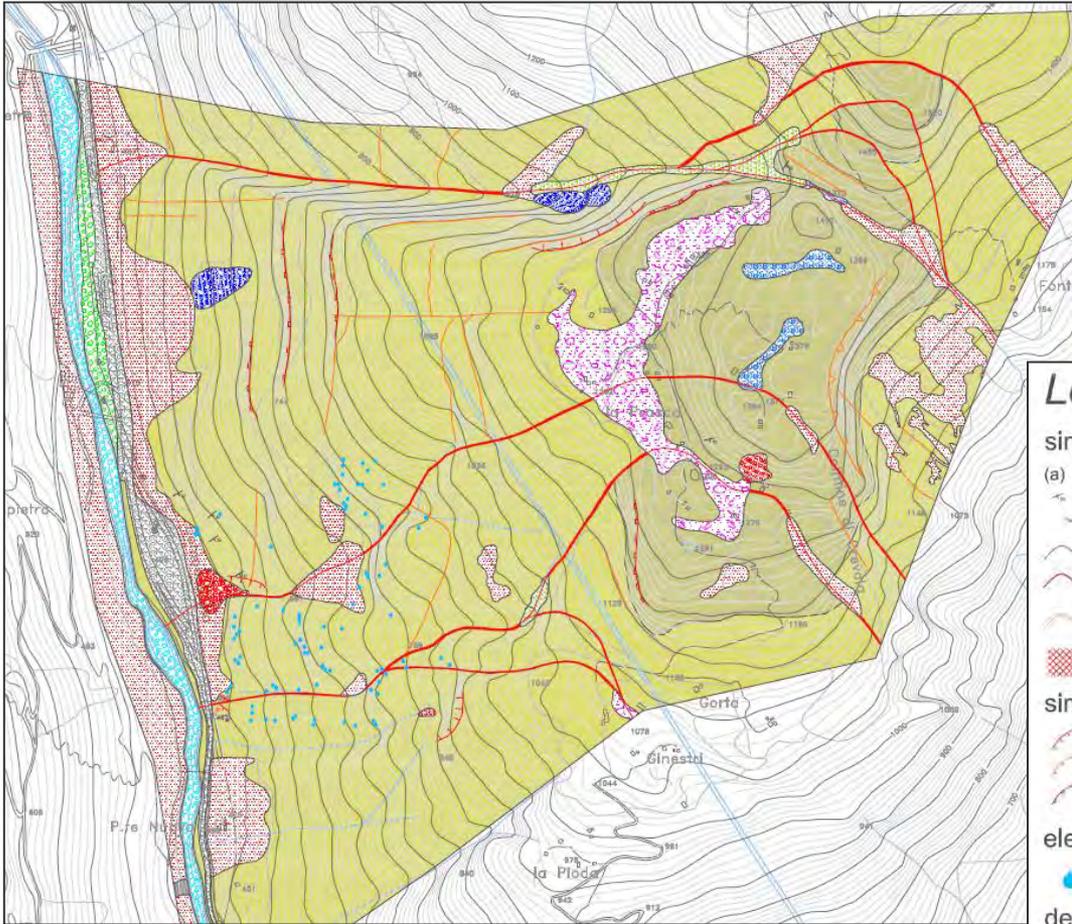
## SCORRIMENTO di blocchi



## FRANE DI CROLLO



# Nuova cartografia geologico-geomorfologica



## Legenda

### simbologia geologico-strutturale

- (a) (b) superficie di scistosità (a) e superficie di faglia (b) con indicazione dell'inclinazione
- specchio di faglia verticale
- contatto primario, limite di copertura faglia o contatto tettonico
- frattura principale, lineamento fragile rilevato da foto aerea
- area cataclastica

### simbologia geomorfologica

- orlo di scarpata di frana
- orlo di scarpata di degradazione
- orlo di scarpata di influenza strutturale

### elementi dell'idrografia superficiale

- sorgente o venuta d'acqua in parete

### depositi olocenici o del Pleistocene superiore lungo i versanti

- deposito glaciale, tilli indifferenziato
- deposito di versante, deposito di falda
- deposito eluvio-colluviale

- deposito da debris flow
- deposito antropico, rilevato stradale o ferroviario
- discarica di cava, ravaneto
- corpo di frana attiva di crollo o ribaltamento
- corpo di frana quiescente di crollo o ribaltamento

### depositi olocenici o del Pleistocene superiore depositi nel fondovalle

- depositi alluvionali recenti, rielaborati in occasione degli eventi di piena eccezionali
- depositi alluvionali degli alvei attuali, rielaborati stagionalmente

### unità metamorfiche del substrato

- GNEISS DI ANTIGORIO**  
gneiss occhiadino a tessitura gneissica, caratterizzato da cristalli di Feldspato di dimensioni comprese tra 0,5 e 2 cm.
- litofacies B**  
gneiss occhiadini con scistosità evidente
- litofacies A**  
gneiss occhiadini con aspetto massiccio

Sistema RMR (*Rock Mass Rating* - Bieniawsky, 1989)

Sistema SMR (*Slope Mass Rating* - Romana, 1985)

Calcolo del parametro Q della Classificazione del Norwegian Geotechnical Institute (*Q-Barton*, 1974)

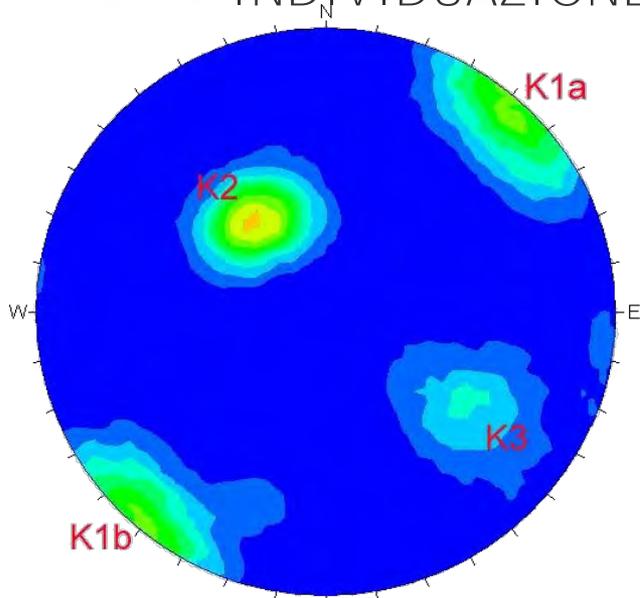
Calcolo dei parametri Coesione (C, KPa), Angolo di attrito ( $\phi^\circ$ ), Modulo di deformazione (E, GPa), *Joint Coefficient Strength* (JCS).

## Parametri misurati

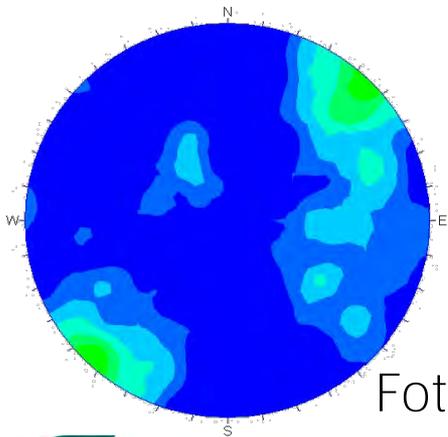
- Tipo di superficie: s = scistosità, f = faglia
- Progressiva lungo lo stendimento
- Direzione di immersione
- Inclinazione
- Spaziatura (cm)
- Persistenza (cm)
- Apertura (cm)
- Tipo di riempimento
- Scabrezza
- Resistenza a compressione
- Condizioni di umidità



# INDIVIDUAZIONE SISTEMI DI DISCONTINUITÀ

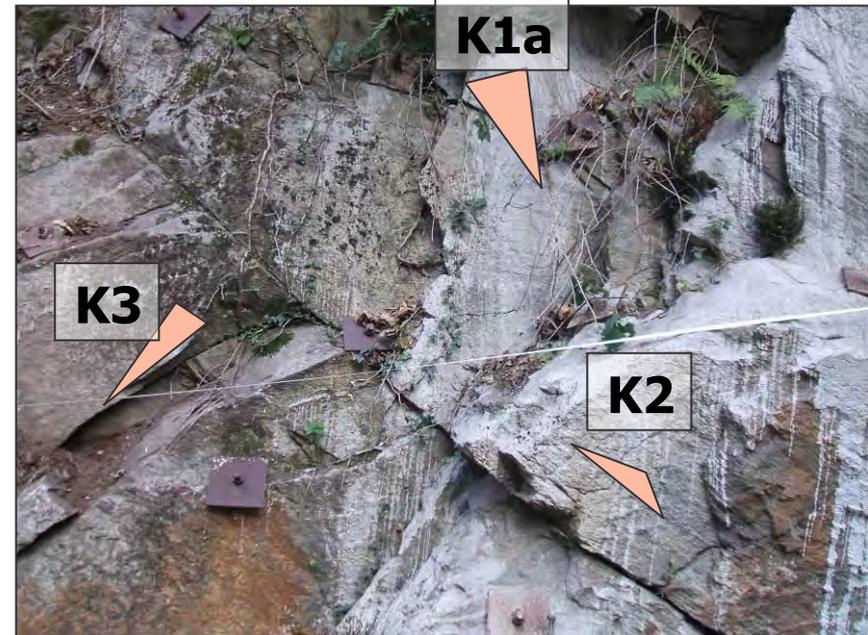


Rilievo Geomeccanico



Fotogrammetria

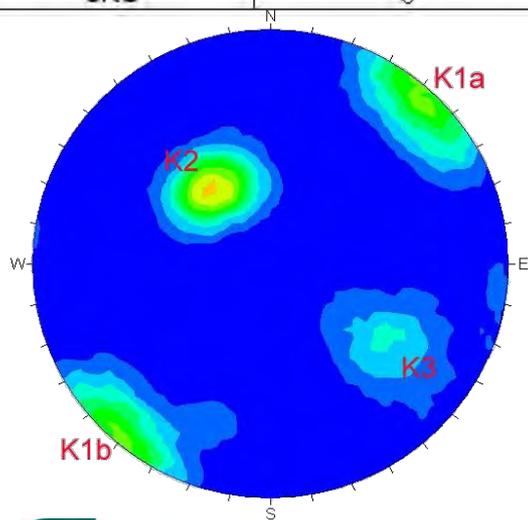
Sistemi	Geomeccanica	Fotogrammetria
K1a	222°/81°	228°/75°
K1b	38°/74°	42°/77°
K2	146°/34°	142°/36°
K3	301°/53°	305°/64°



## Caratteristiche dei sistemi di discontinuità

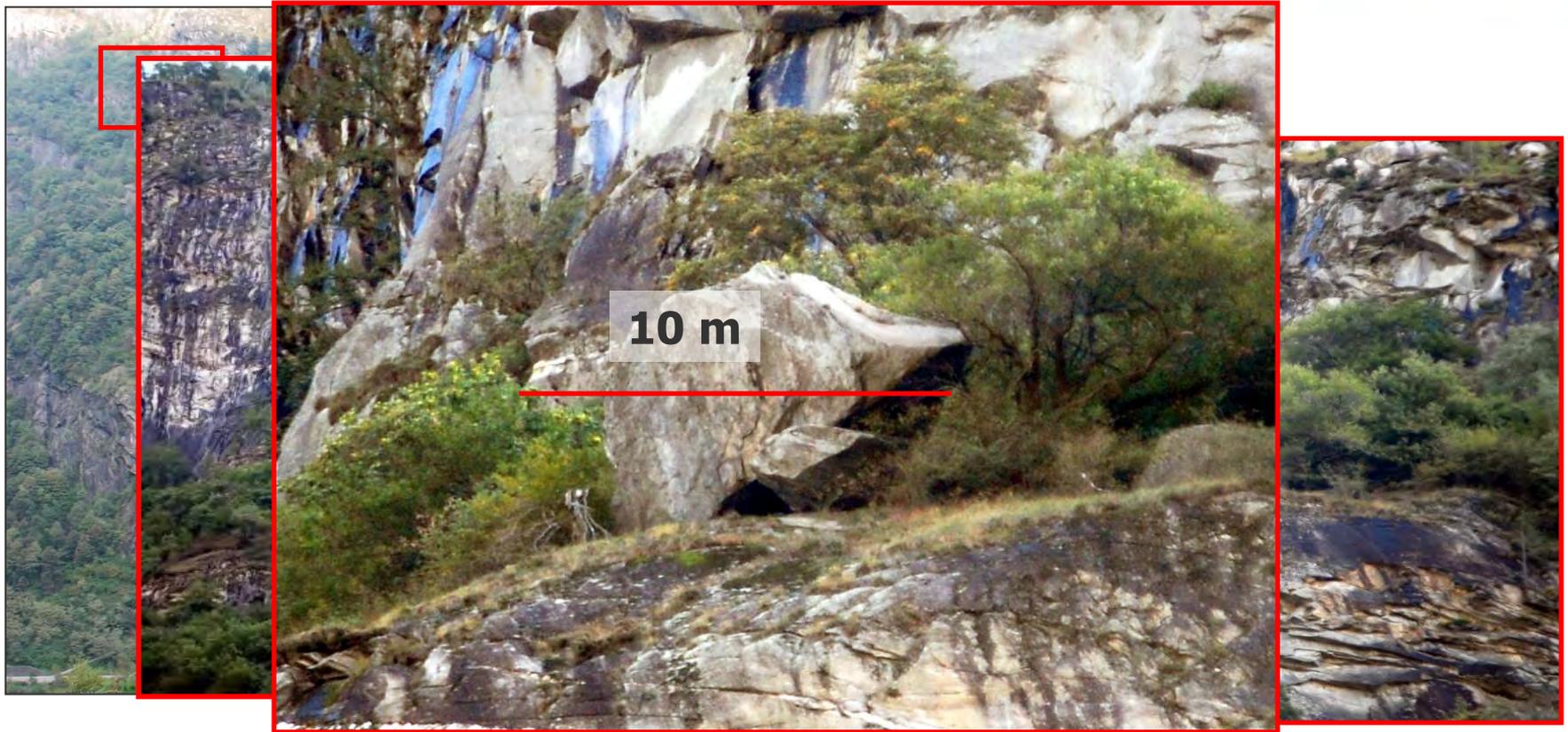
SET	K1_a	K1_b	K2	K3
GIACITURA	222/81	38/74	146/34	301/53
APERTURA(mm)	54	50	54	54
PERSISTENZA(m)	2.5	2.9	2.3	1.8
SPAZIATURA(cm)	42	19	44	71
ALTERAZIONE	Mediamente alterata	Mediamente alterata	Mediamente alterata	Mediamente alterata
RIEMPIMENTO	Assente -Terra molle	Assente -Terra molle	Assente -Terra molle	Assente -Terra m
ONDULAZIONE	Ondulata	Ondulata	Ondulata	Ondulata
RIUGOSITA'	Rugosa	Rugosa	Rugosa	Molto
ACQUA	Asciutta	Asciutta	Asciutta	
JCS(Mpa)	64.60	64.21	59.04	
JRC	9	9	9	11

RMRb ammasso = 59



Parametro		K1_a	K1_b	K2	K3
A1	Resistenza a compressione mono-assiale	5	5	5	5
A2	RQD	15	15	15	15
A3	Spaziature delle discontinuità	9	8	9	12
V1 Persistenza	Condizioni delle discontinuità	4	4	4	4
V2 Apertura		0	0	0	0
V3 Rugosità		5	5	5	6
V4 Alterazione		3	4	4	4
V5 Riempimento		2	2	2	2
A4		14	15	15	16
A5	Condizione dell'acqua di falda	15	15	15	15
RMRb		58	58	59	63

# Fotogrammetria digitale terrestre e laser scanning

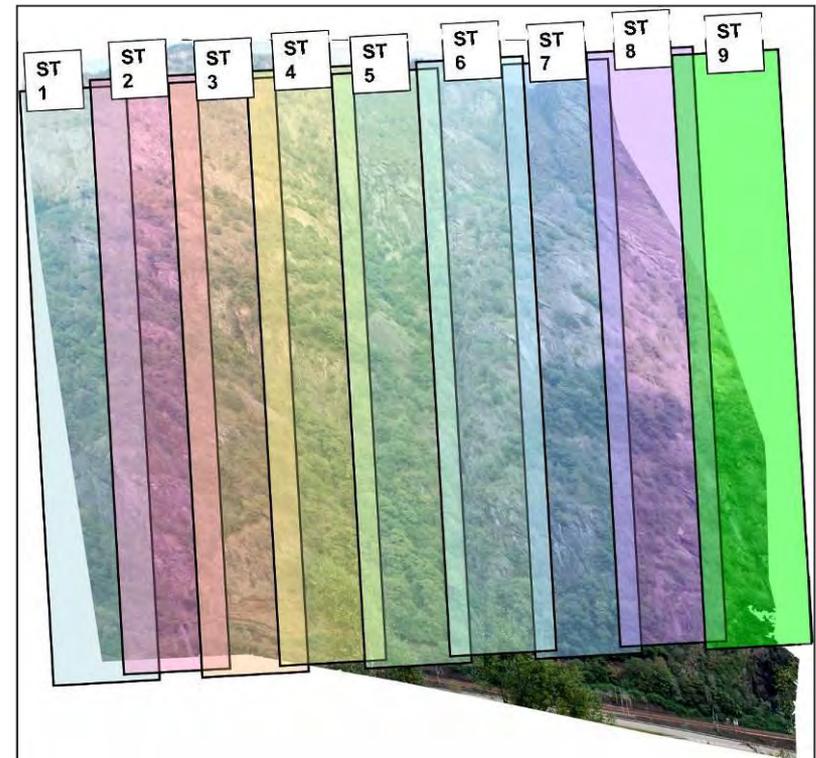


Approccio deterministico nel rilevamento di discontinuità, blocchi e versanti  
Elevata accuratezza nella misura di giaciture, posizioni e volumi  
Maggiore accuratezza nel calcolo dei Fattori di Sicurezza e nel Runout

# ACQUISIZIONE MEDIANTE ELICOTTERO



Strisciate stereoscopiche di sviluppo verticale



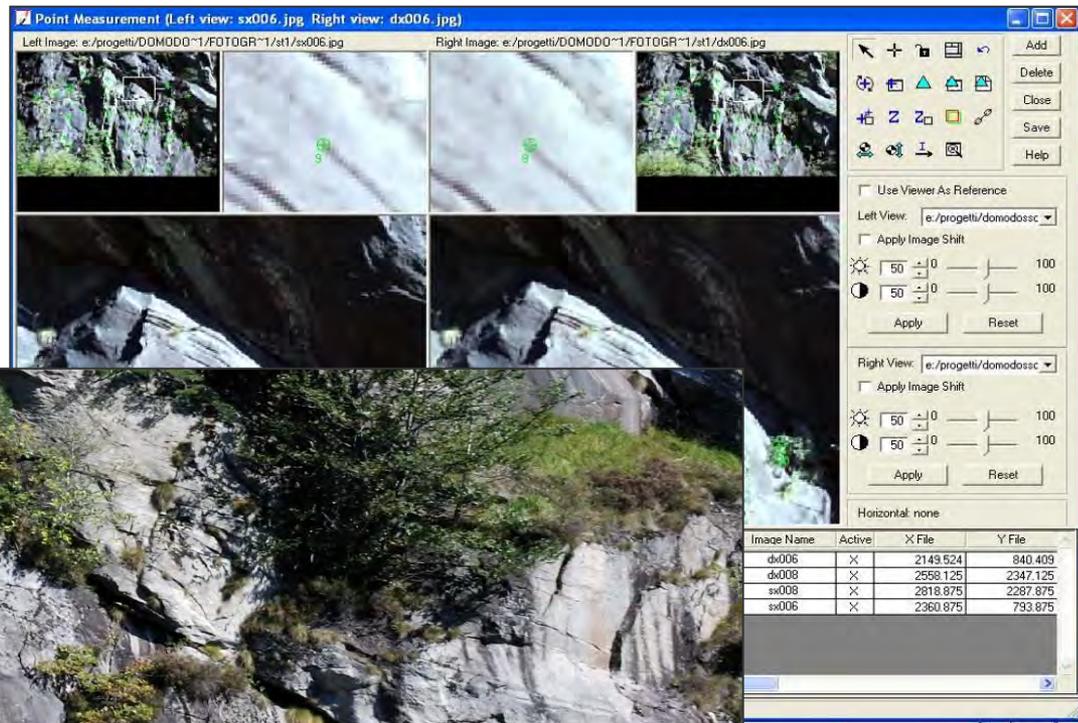
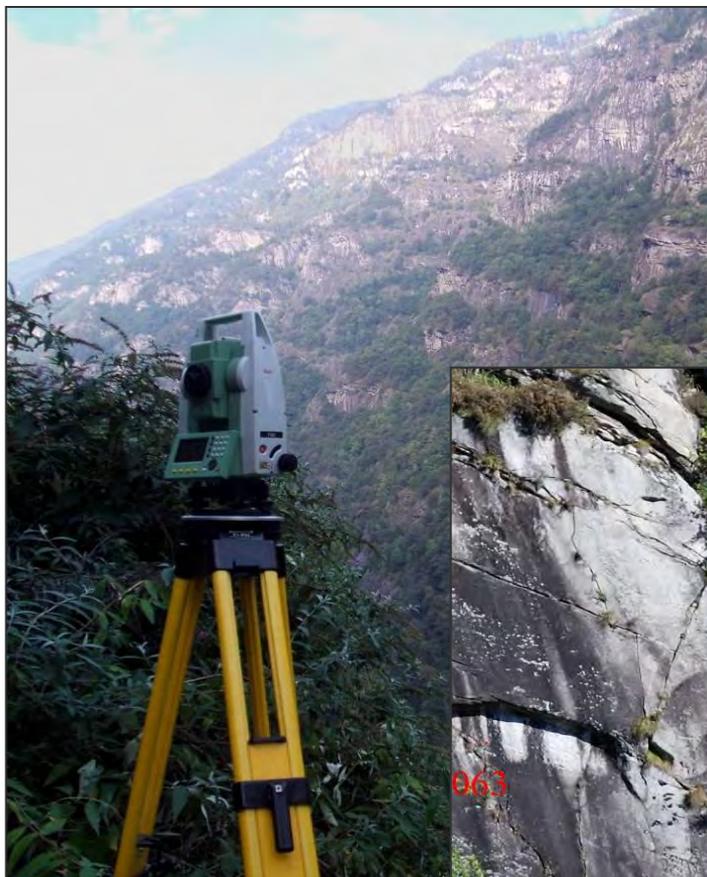
# ATTREZZATURA FOTOGRAMMETRICA

Telaio in alluminio di larghezza 7m portante 2 fotocamere digitali (Nikon D80; 10Mpix). Sistema di scatto per gestire l'acquisizione delle foto direttamente dall'elicottero.

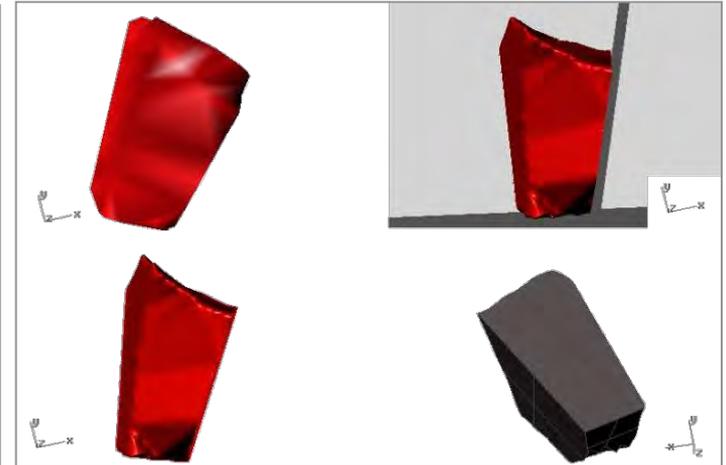
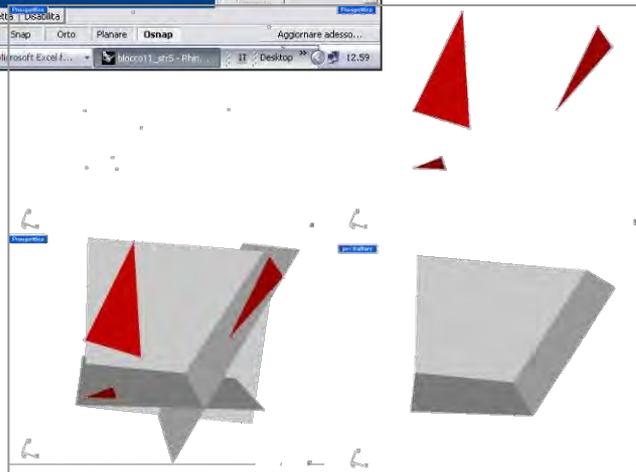
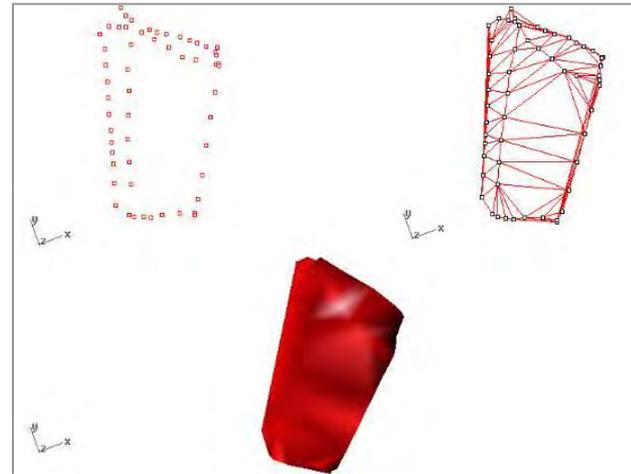
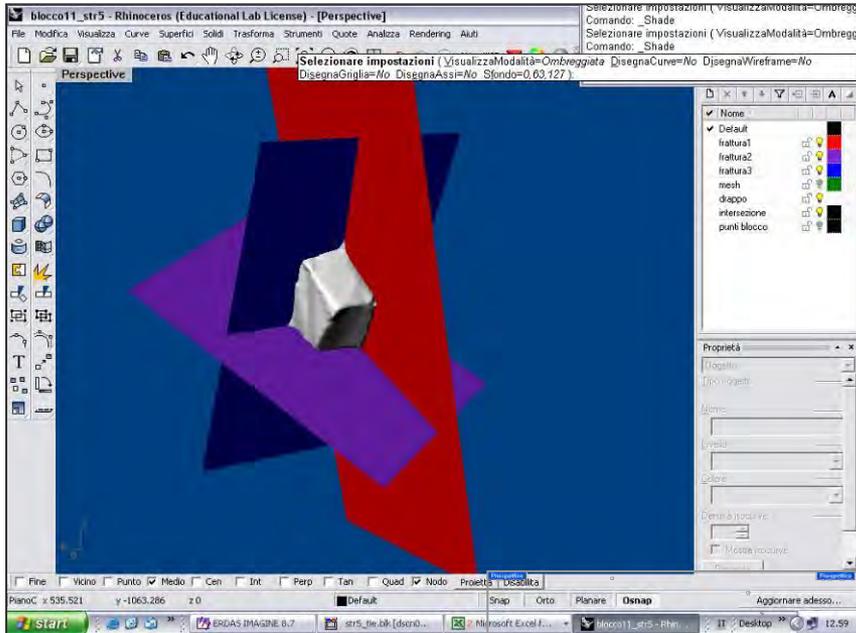


**DGPS**

# RILIEVO TOPOGRAFICO E TRIANGOLAZIONE AEREA

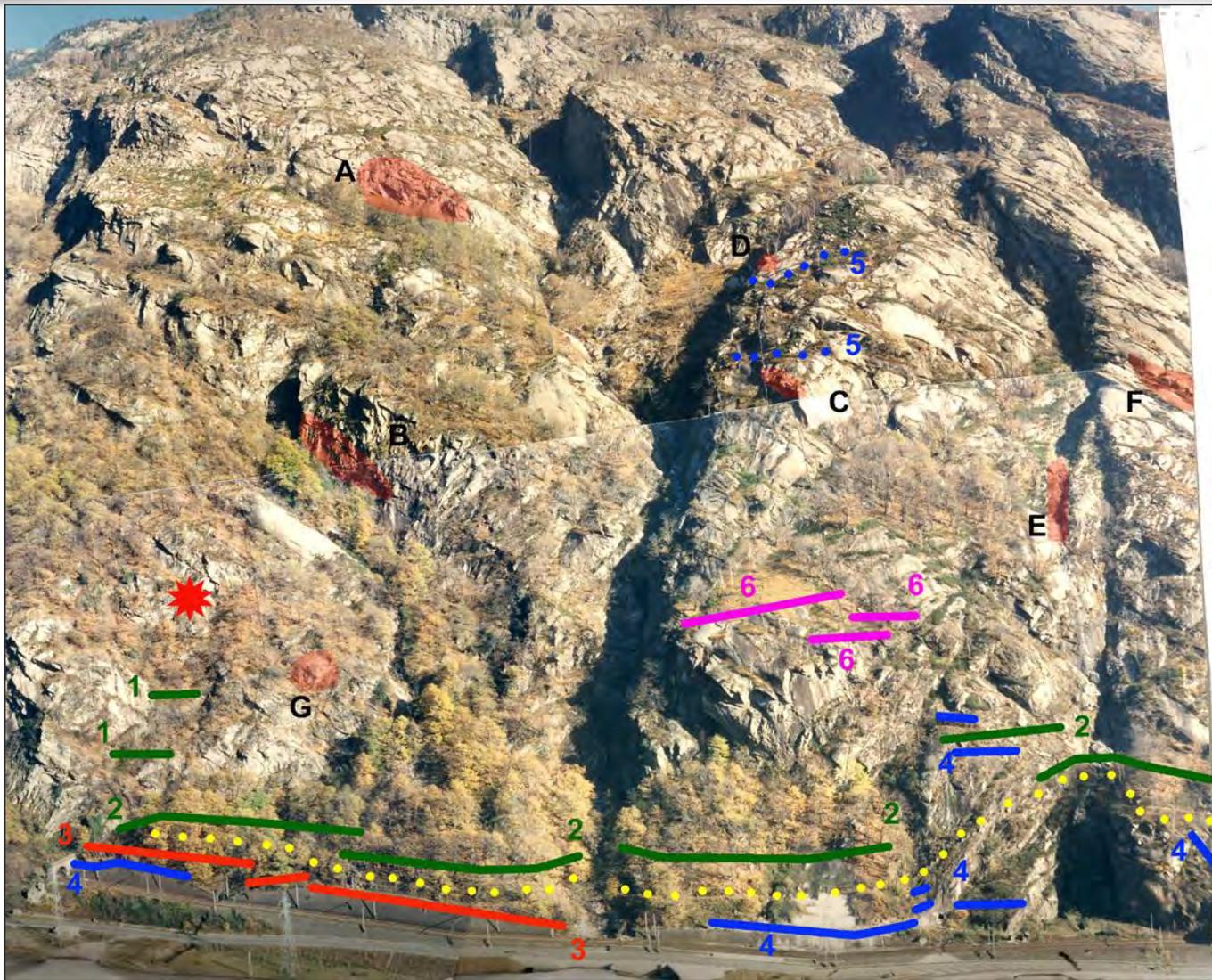


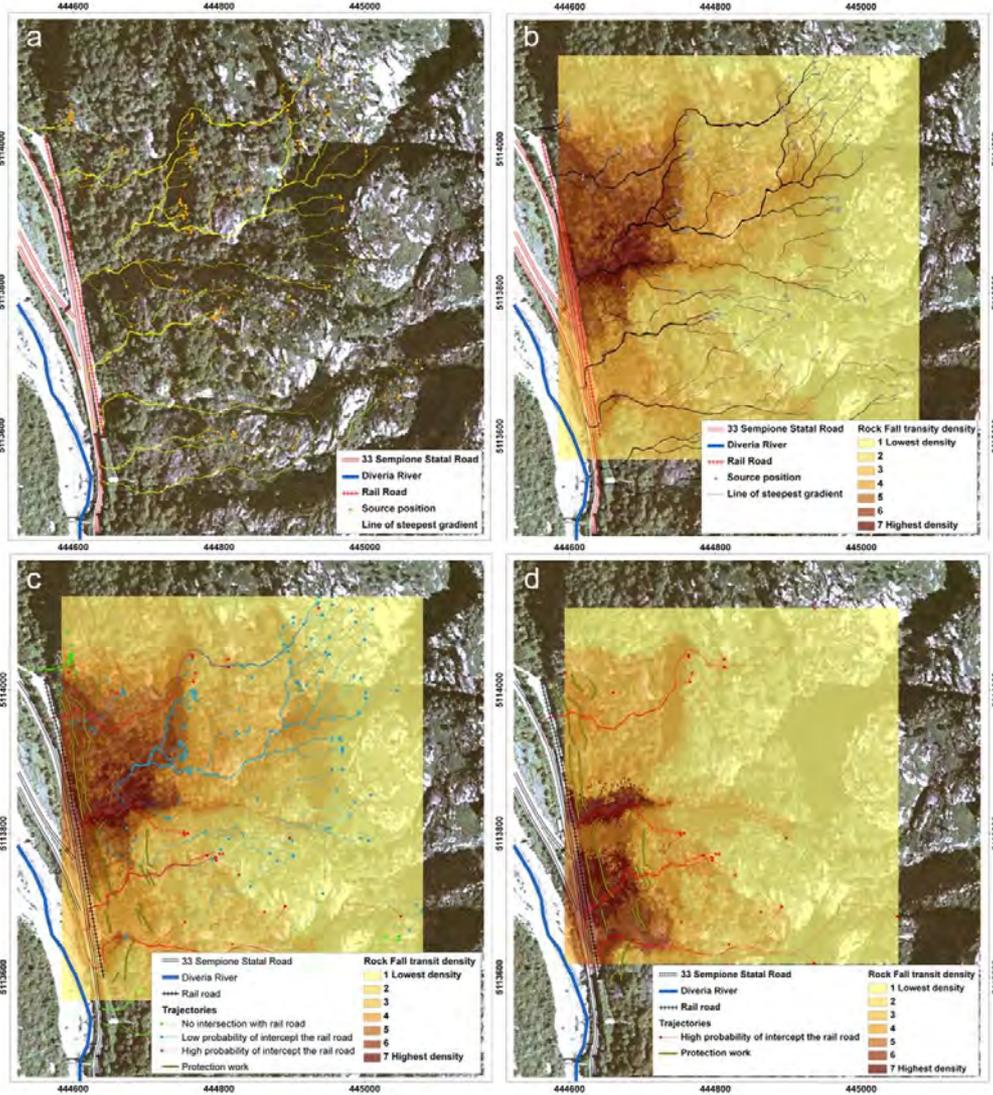
# MODELLAZIONE 3D DEI BLOCCHI



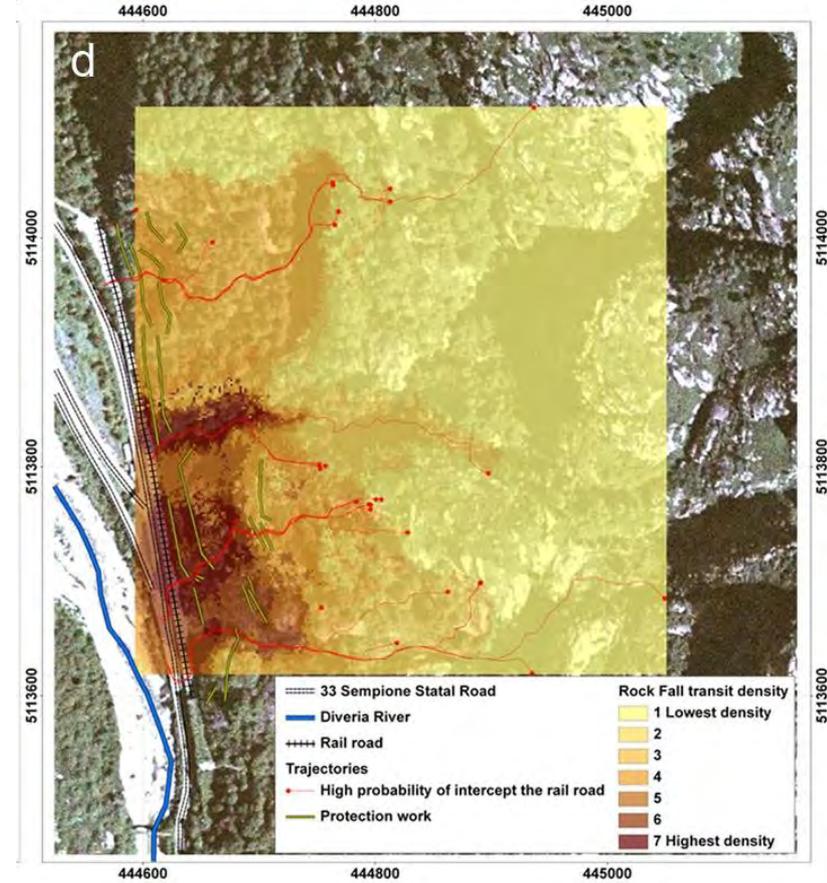
# GEODATABASE

1	Tin	Direzione relativa	Inclinazione relativa	Direzione	Inclinazione	Strisciata	Focale	Blocco	Volume [m3]	Superficie [m2]	Quota da piazzale strumento [m]
2	5	41.13	36.34	272.13	36.34	1	300	1			
3	23	250	7.39	121	7.39	1	300	1			
4	Versante3	201.7	75	72.7	75	1	300	1	14.36	49.3	97.80
5	15	183.52	10.12	54.52	10.12	1	300	2			
6	Versante4	249.24	84.92	120.24	84.92	1	300	2	1.88	16.98	94.82
7	2	256.43	43.56	127.43	43.56	1	300	3			
8	21	280.47	59.319	151.47	59.319	1	300	3			
9	Versante2	218.45	77.6	89.45	77.6	1	300	3	6.38	30.65	104.47
10	3	356.088	48.34	227.088	48.34	1	300	4			
11	8	275.65	67.971	146.65	67.971	1	300	4			
12	Versante5	55.38	87.452	286.38	87.452	1	300	4	1.15	9.43	99.77
13	9	95.19	27.68	326.19	27.68	1	300	5			
14	Versante7	192.97	62.142	63.97	62.142	1	300	5	0.11	0.63	92.94
15	4	334.47	61.58	205.47	61.58	1	300	6			
16	10	81.93	67.82	312.93	67.82	1	300	6			
17	16	227.03	21.99	98.03	21.99	1	300	6			
18	Versante9	37.022	80.41	268.022	80.41	1	300	6	0.97	9.86	91.32
19	9	95.19	27.68	326.19	27.68	1	300	7			
20	Versante7	192.97	62.14	63.97	62.14	1	300	7	1.99	19.17	93.88
21	12	94.77	66.43	325.77	66.43	1	300	8			
22	13	94.34	70.59	325.34	70.59	1	300	8			
23	14	22.85	59.29	253.85	66.43	1	300	8			
24	Versante6	223.17	70.69	94.17	70.69	1	300	8	0.63	6.48	95.20
25	6	74.5	65.93	305.5	65.93	1	300	9			
26	7	220.67	33.37	91.67	33.37	1	300	9			
27	11	283.58	88.9	154.58	88.9	1	300	9			
28	Versante1	37.92	65.95	268.92	65.95	1	300	9	2.92	14.39	110.14
29	18	93.15	35.1	324.15	35.1	1	300	10			
30	Versante8	188.76	70.17	59.76	70.17	1	300	10	0.33	4.86	90.87
31	24	275.26	60.31	146.26	60.31	1	300	11			
32	25	81.317	19.08	312.317	19.08	1	300	11			
33	Versante10	64.91	80.74	295.91	80.74	1	300	11	6.36	17.57	89.48
34	19	19.74	65.02	250.74	65.02	1	300	12			
35	20	283.56	62.16	514.56	62.16	1	300	12			
36	22	3.42	83.35	234.42	83.35	1	300	12			
37	Versante2	218.45	77.6	89.45	77.6	1	300	12	9.45	42.3	107.03
38	6	74.5	65.93	305.5	65.93	1	300	13			
39	17	280.133	86.57	151.133	86.57	1	300	13			
40	Versante1	37.92	65.95	268.92	65.95	1	300	13	0.75	7	112.48





## Mappa delle densità



444600

444800

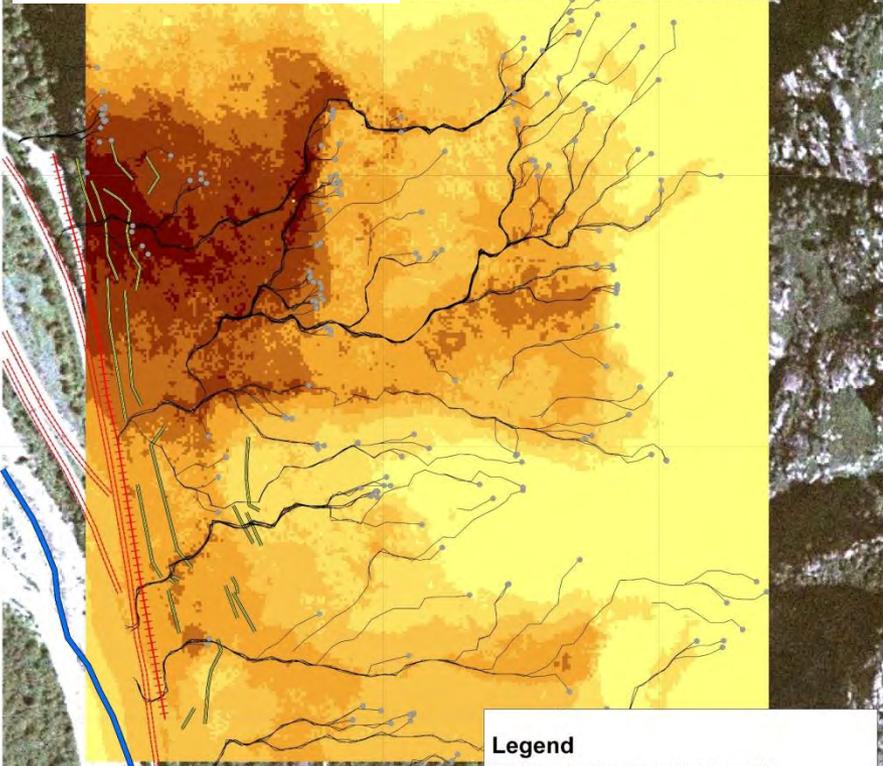
445000

# Energia Cinetica (KJ)

5114000

5113800

5113600



**Legend**

33 Sempione Statal Road	Kinetic Energy (KJ)
Diveria River	1 Lowest Kinetic Energy
Rail Road	2
Trajectories	3
Line of steepest gradient	4
Protection work	5
	6
	7 Highest Kinetic Energy

444600

444800

445000

444600

444800

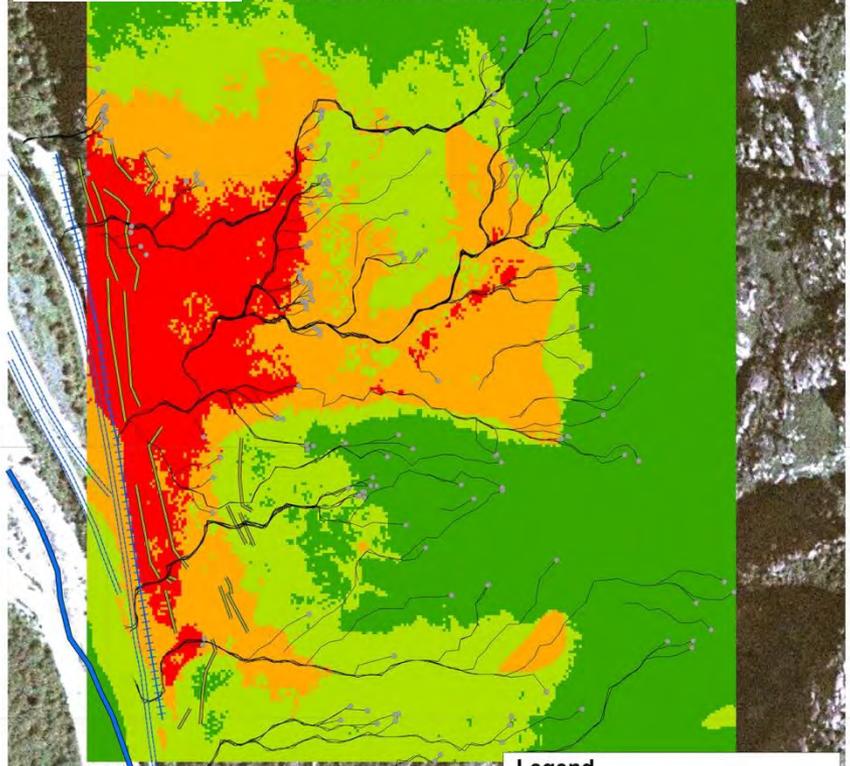
445000

# Pericolosità

5114000

5113800

5113600



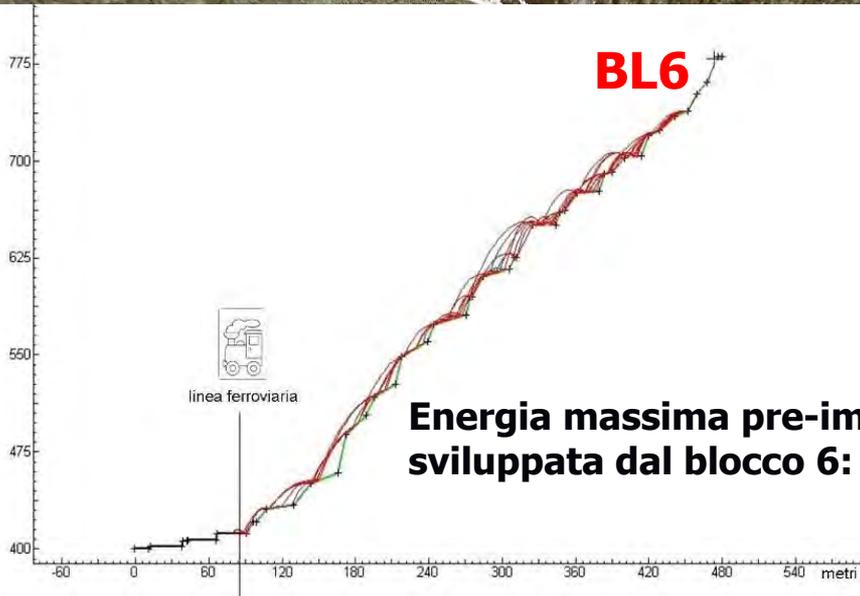
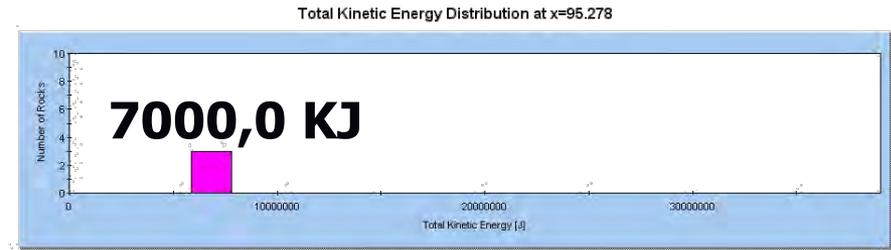
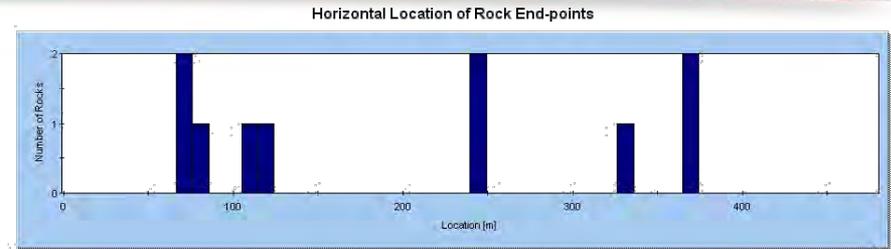
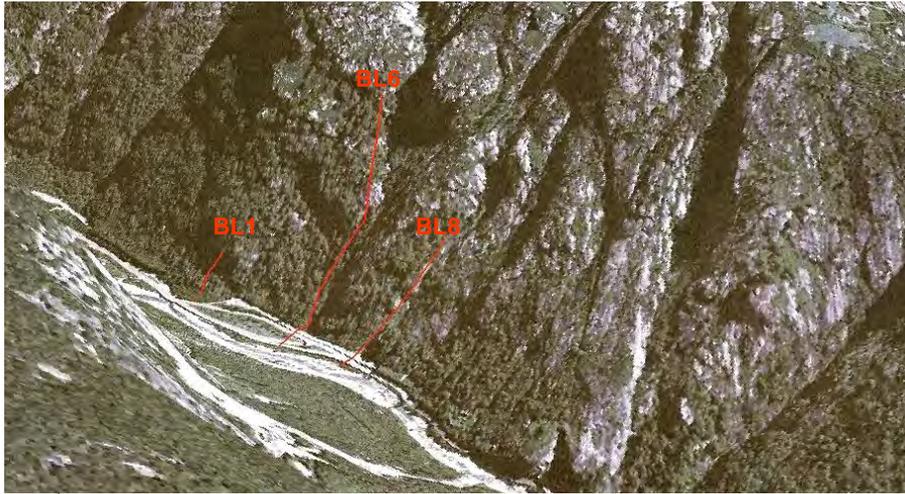
**Legend**

33 Sempione Statal Road	Hazard
Diveria River	1 Lowest
Rail Road	2
Trajectories	3
Line of steepest gradient	4 Highest
Protection work	

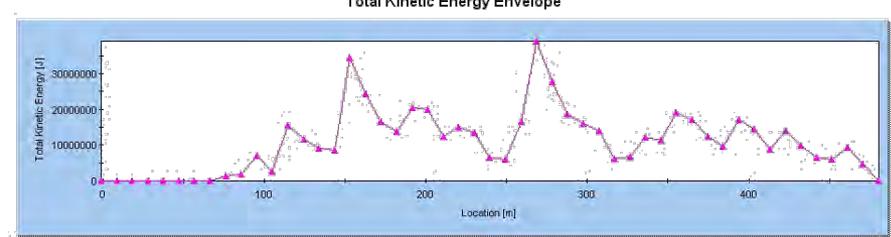
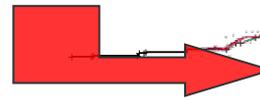
444600

444800

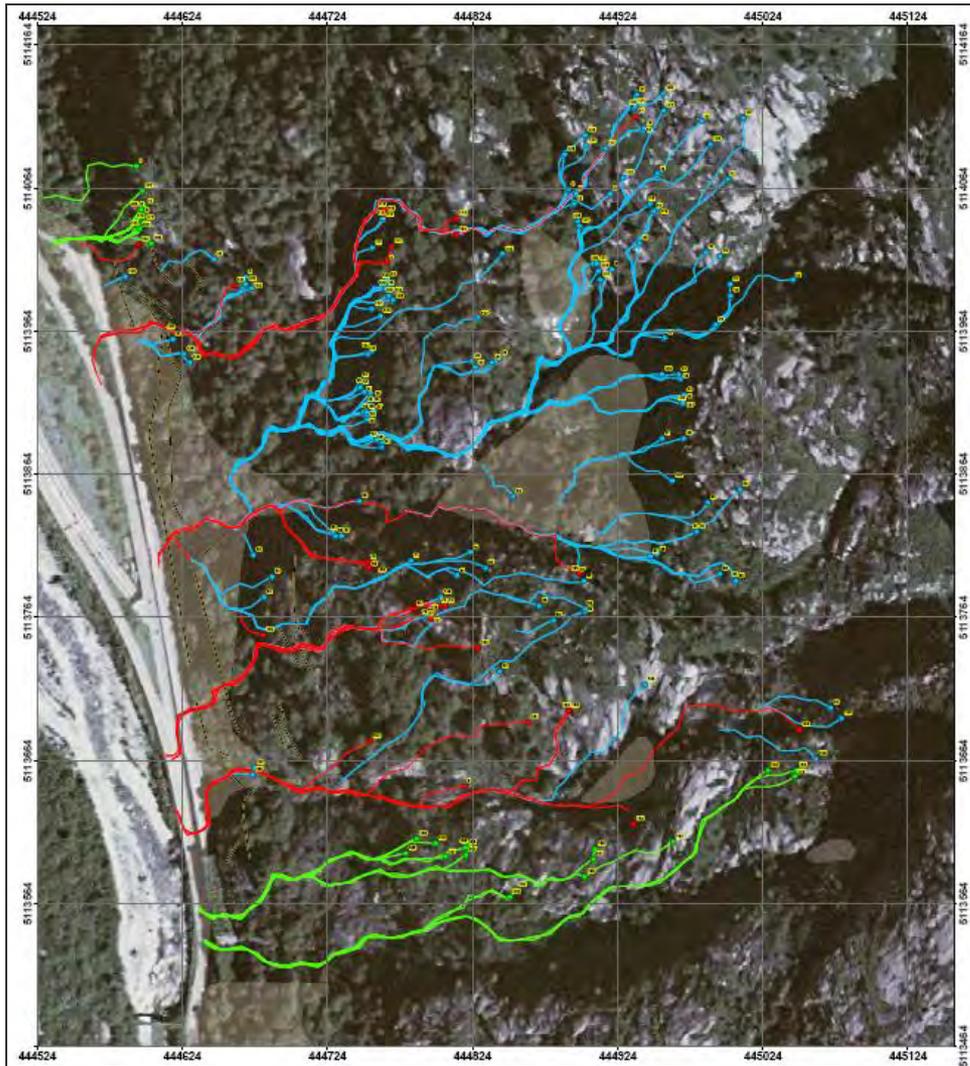
445000



**Energia massima pre-impatto  
sviluppata dal blocco 6: 7000,0 KJ**



**Energia massima dissipata da una  
barriera paramassi elastica: 5000  
KJ**



I blocchi possono esaurire il loro moto lungo il versante, nelle zone vegetate e meno acclivi quale il cono di detrito presente nella fascia centrale, ed altri ancora possono venire assorbiti dalle presenti strutture protettive.

1. barriera paramassi rigida
2. barriera paramassi ad alto assorbimento di energia (5000 kJ )
3. rete metallica con rafforzamento corticale a maglia 3 x 3





# Messa in sicurezza Torrente Fiumicello (SA)

---

1. Geologia
2. Geomorfologia
3. Studio geologico
4. Analisi di stabilità
5. Interventi proposti





Image © 2014 DigitalGlobe

Google earth



**ISIDE**
Area riservata

Centro di monitoraggio e controllo

**VELOCITA' DETERMINATA NEL PERIODO**

**SOGGIE SULLE VELOCITA' PLANIMETRICHE**

Range di Normalità	<span style="color: green;">■</span>	Velocità <= 2 cm/sg
Soglia 1° Livello	<span style="color: yellow;">■</span>	Velocità > 2 cm/sg
Soglia 2° Livello	<span style="color: red;">■</span>	Velocità > 10 cm/sg
Dismissa	<span style="color: purple;">■</span>	

**STATO DEL FENOMENO FRANOSO** ■

**DEFINIZIONE DEGLI STATI**

STATO DEL FENOMENO FRANOSO

<span style="color: green;">■</span>	NELLA NORMA
<span style="color: yellow;">■</span>	IN ALLERTA
<span style="color: red;">■</span>	IN ALLARME



Ad

Successione di M. Sacro  
TORTONIANO (?)  
M. Sacro Succession  
TORTONIAN (?)



Ac

Gruppo del Cilento  
BURDIGALIANO/LANGHIANO - SERRAVALLIANO  
Cilento Group  
BURDIGALIAN/LANGHIAN - SERRAVALLIAN



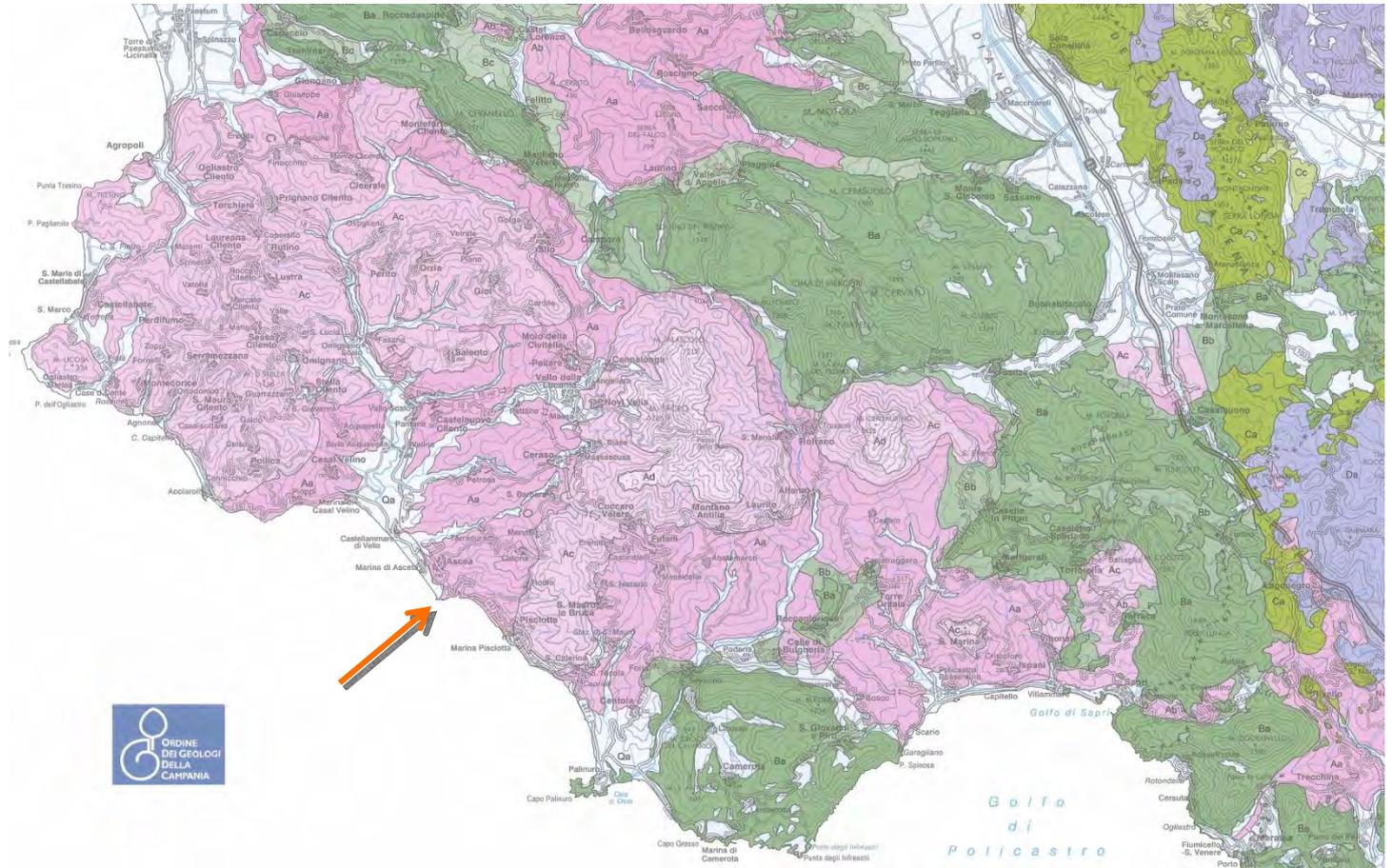
Ab

Formazione del Saraceno (parte alta)  
Arenarie di Corleto e Tufti di Tusa  
Arenarie di Albanella  
AQUITANIANO ? - BURDIGALIANO  
Saraceno Formation (upper part)  
Corleto sandstones and Tusa tuffites  
Albanella sandstones  
AQUITANIAN ? - BURDIGALIAN



Aa

Unità Liguridi e Sicilidi  
GIURASSICO - AQUITANIANO  
Liguride and Sicilide Units  
JURASSIC - AQUITANIAN



da Bonardi et alii (2009)



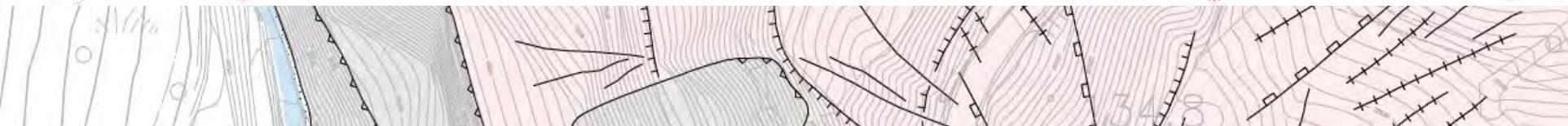
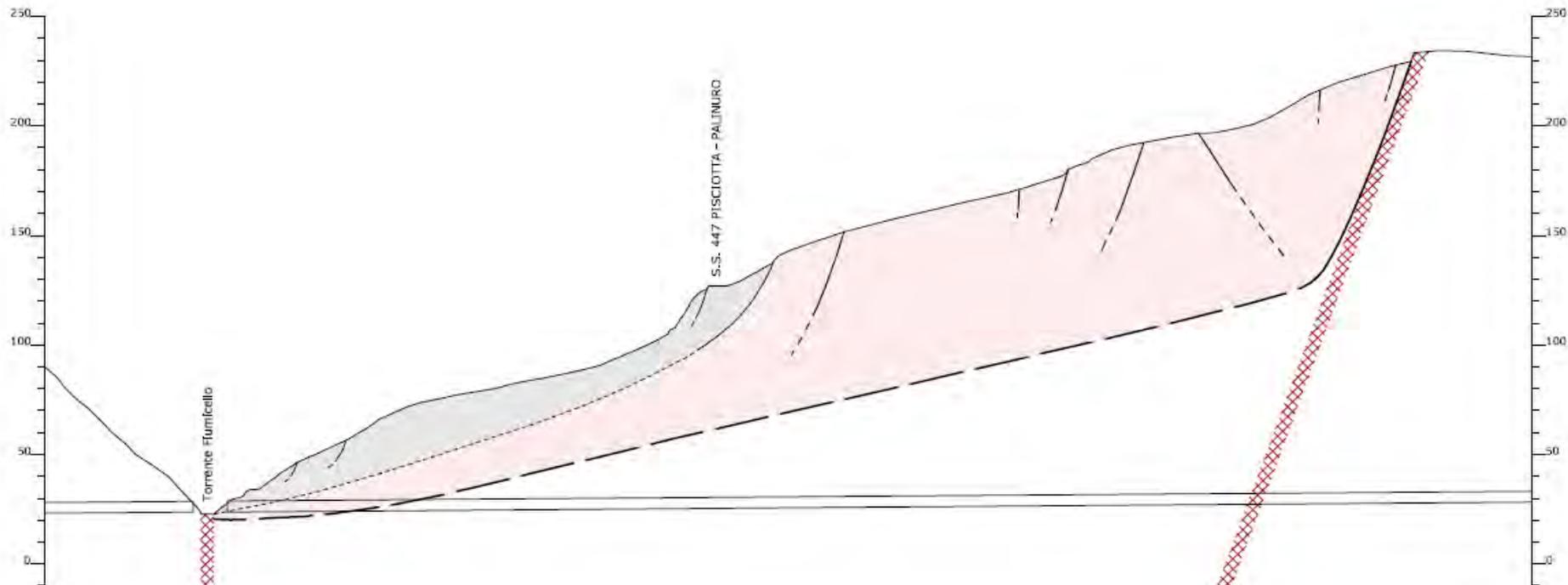
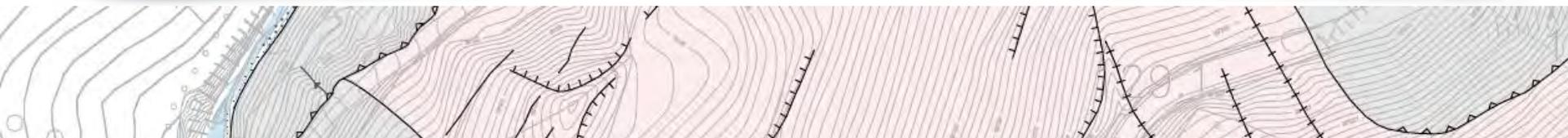
# Assetto litostratigrafico

---

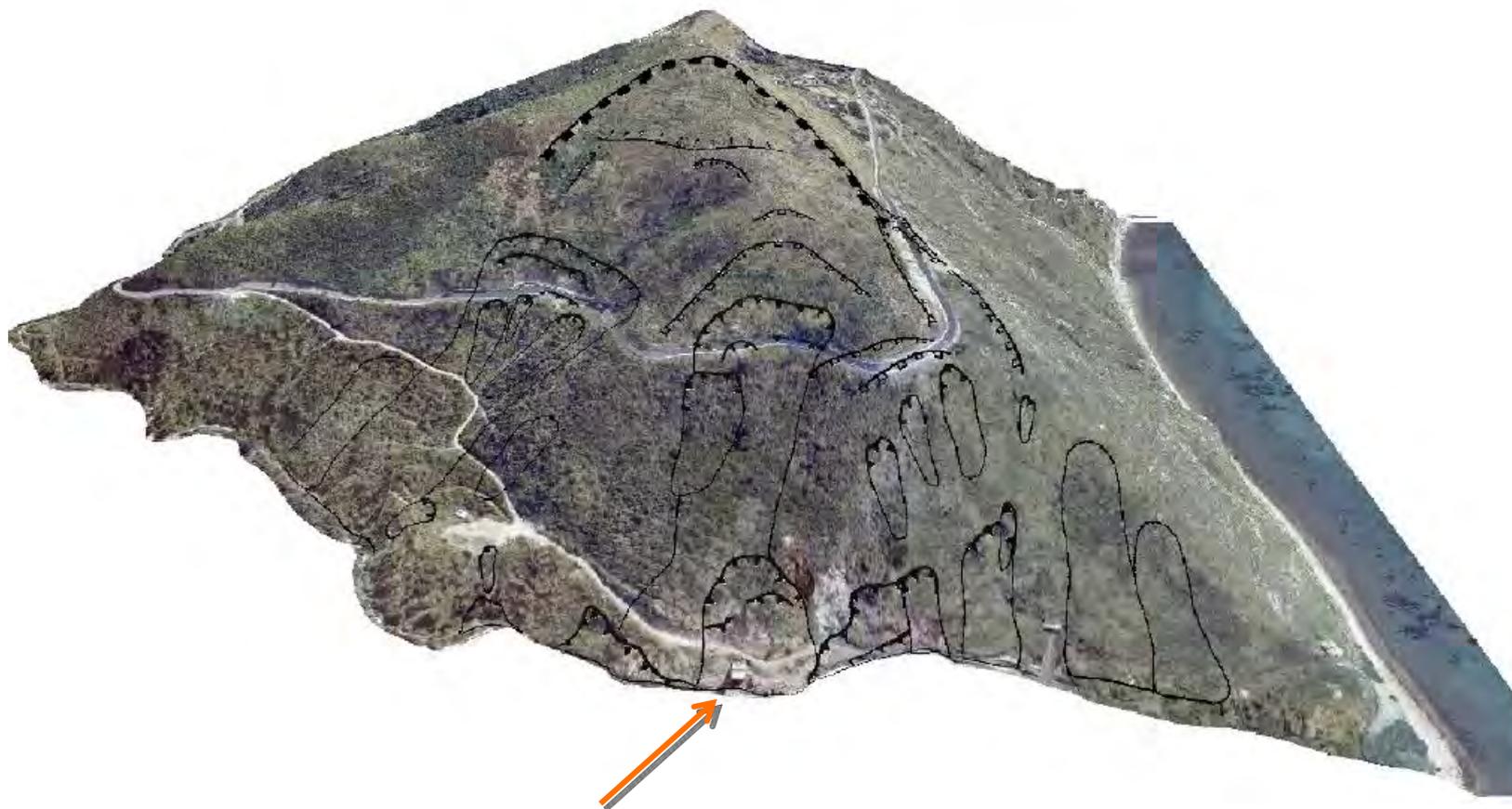
Nell'area oggetto di studi sono state individuate le seguenti tipologie di depositi (dal basso verso l'alto stratigrafico):

- ❑ Substrato arenaceo-pelitico
- ❑ Depositi marini terrazzati
- ❑ Depositi alluvionali terrazzati
- ❑ Depositi marini attuali e recenti
- ❑ Depositi alluvionali attuali e recenti
- ❑ Deposito e ammasso interessati da DGPV
- ❑ Depositi di frana
- ❑ Detriti di falda
- ❑ Depositi detritici ed eluvio-colluviali

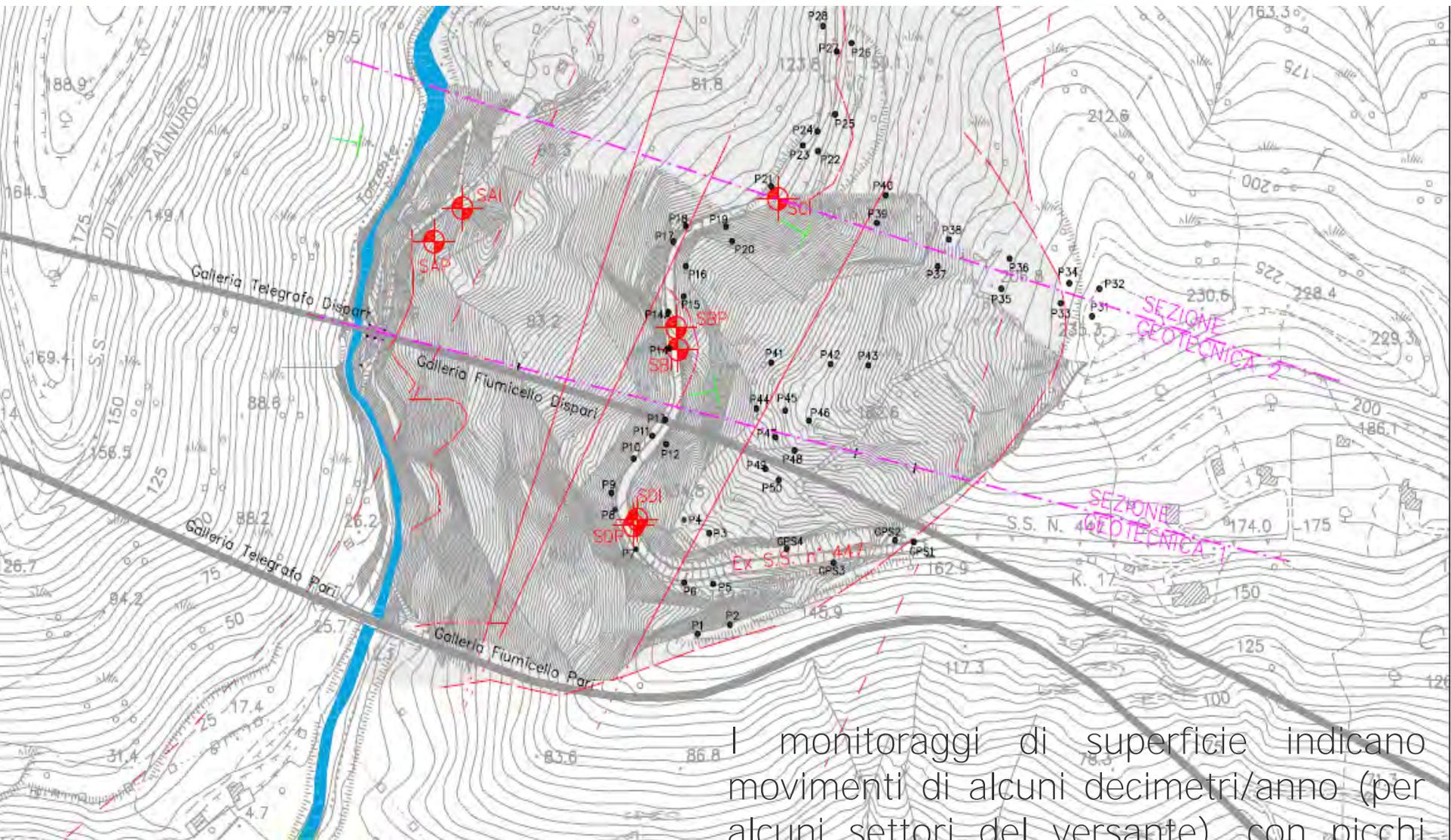




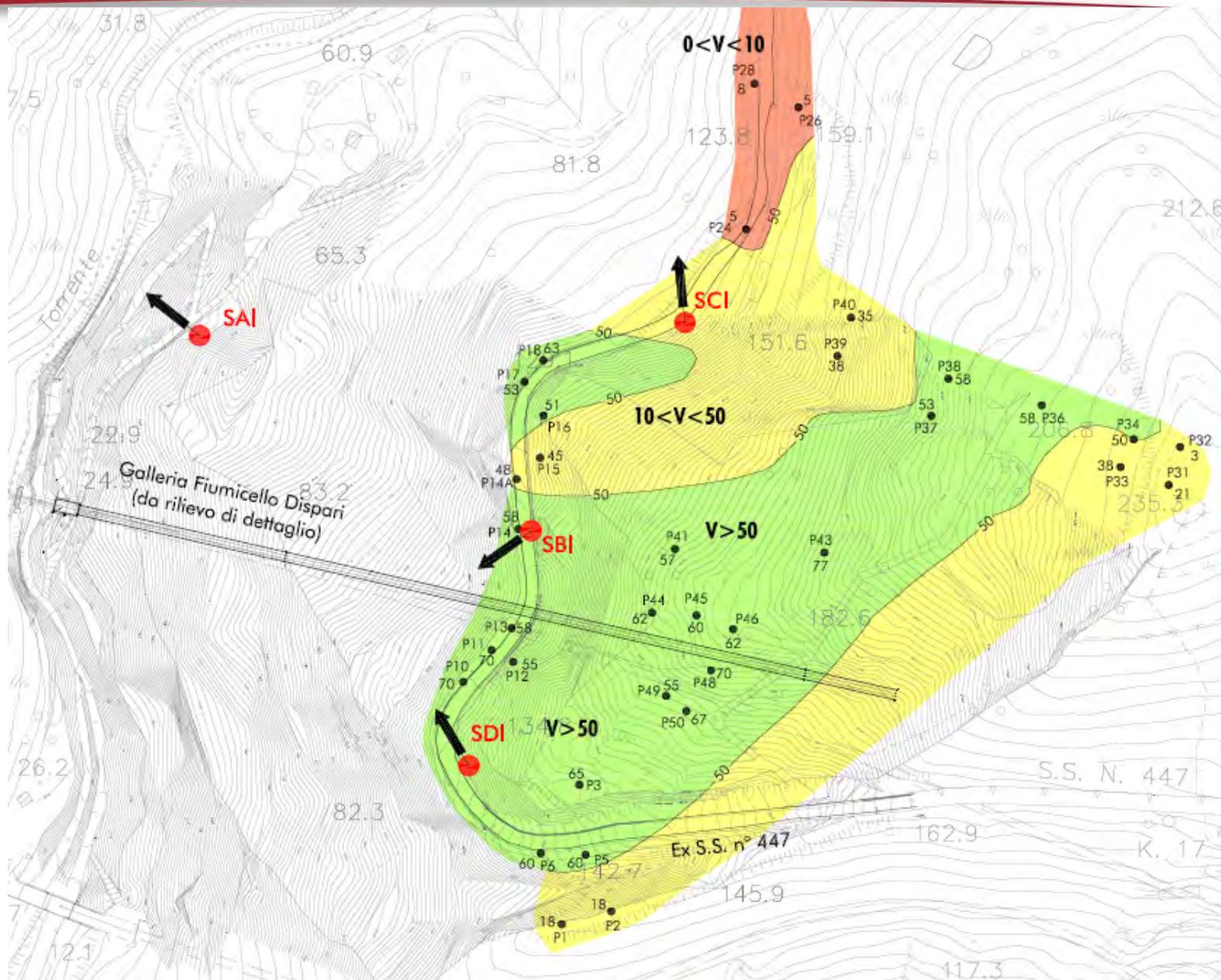
## MODELLO 3D DELL'AREA IN DEFORMAZIONE



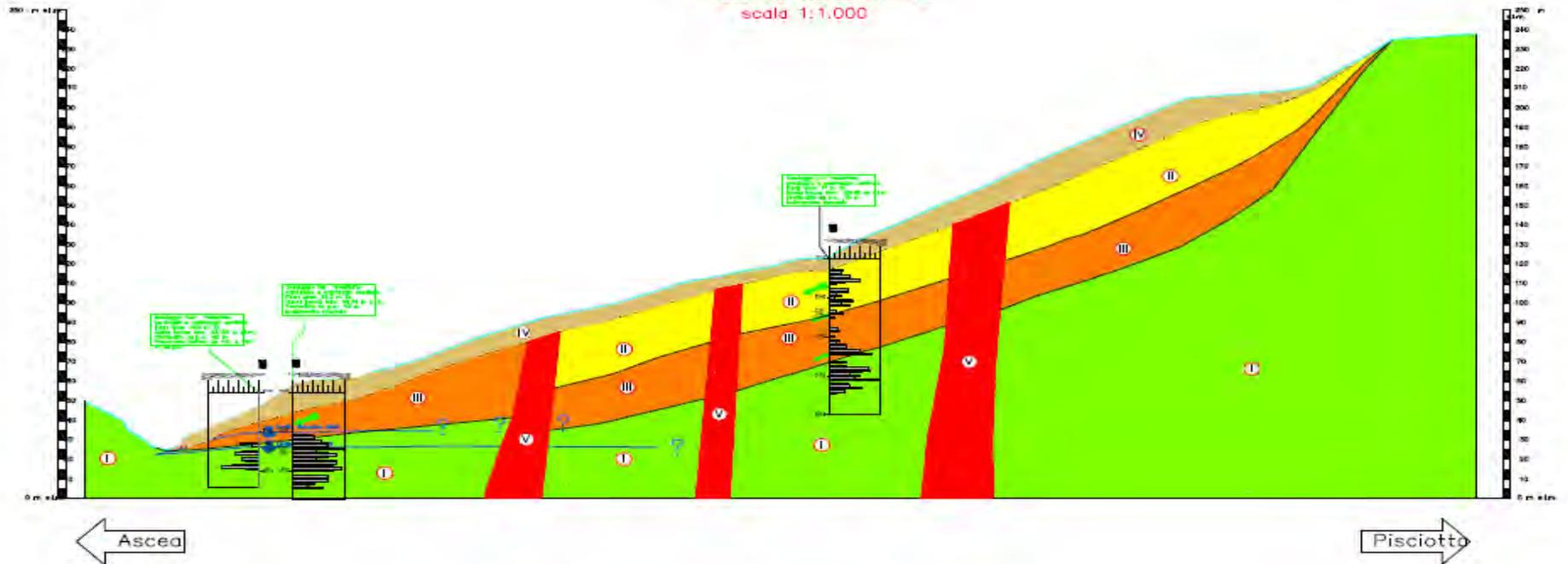




I monitoraggi di superficie indicano movimenti di alcuni decimetri/anno (per alcuni settori del versante), con picchi localizzati che hanno raggiunto anche 1.0-1.5 m/anno.



SEZIONE GEOTECCNICA 2  
scala 1:1.000



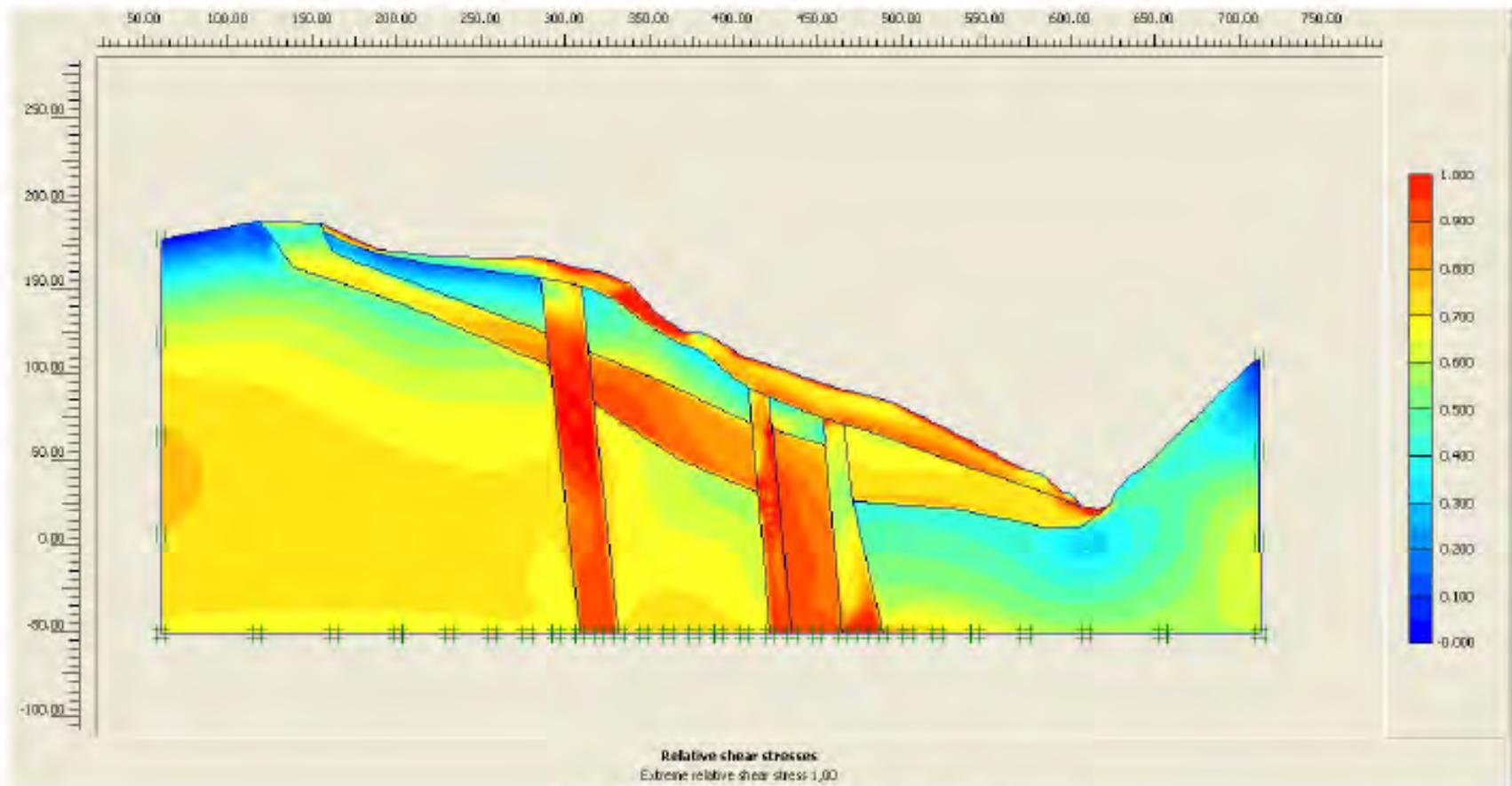
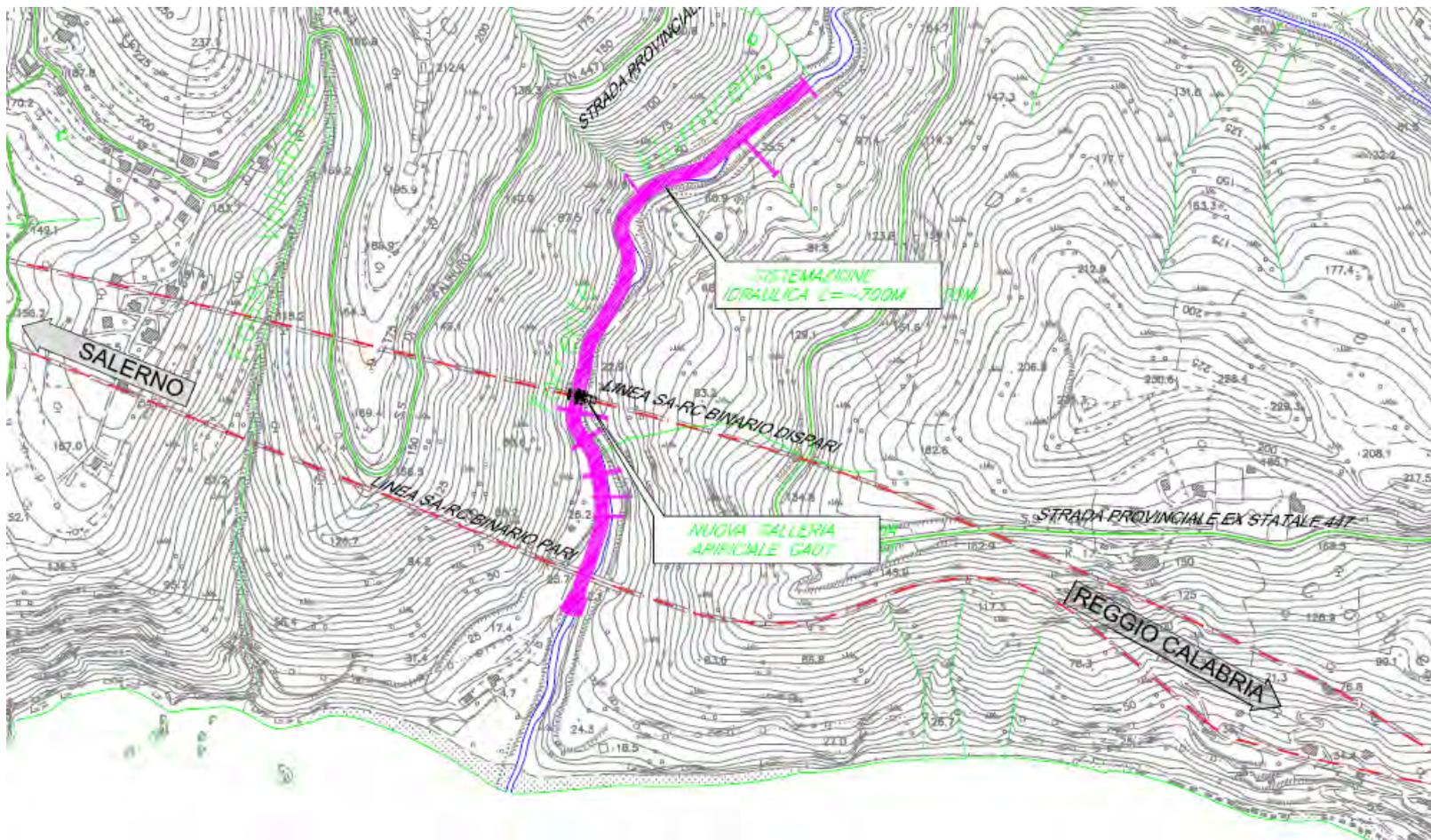
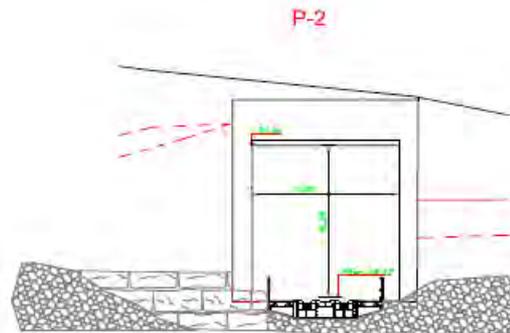
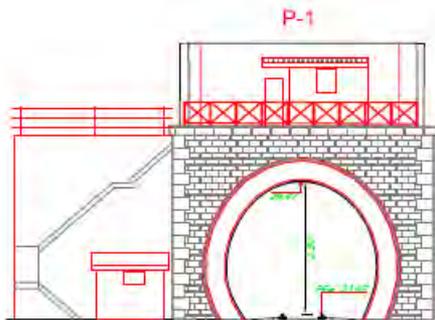
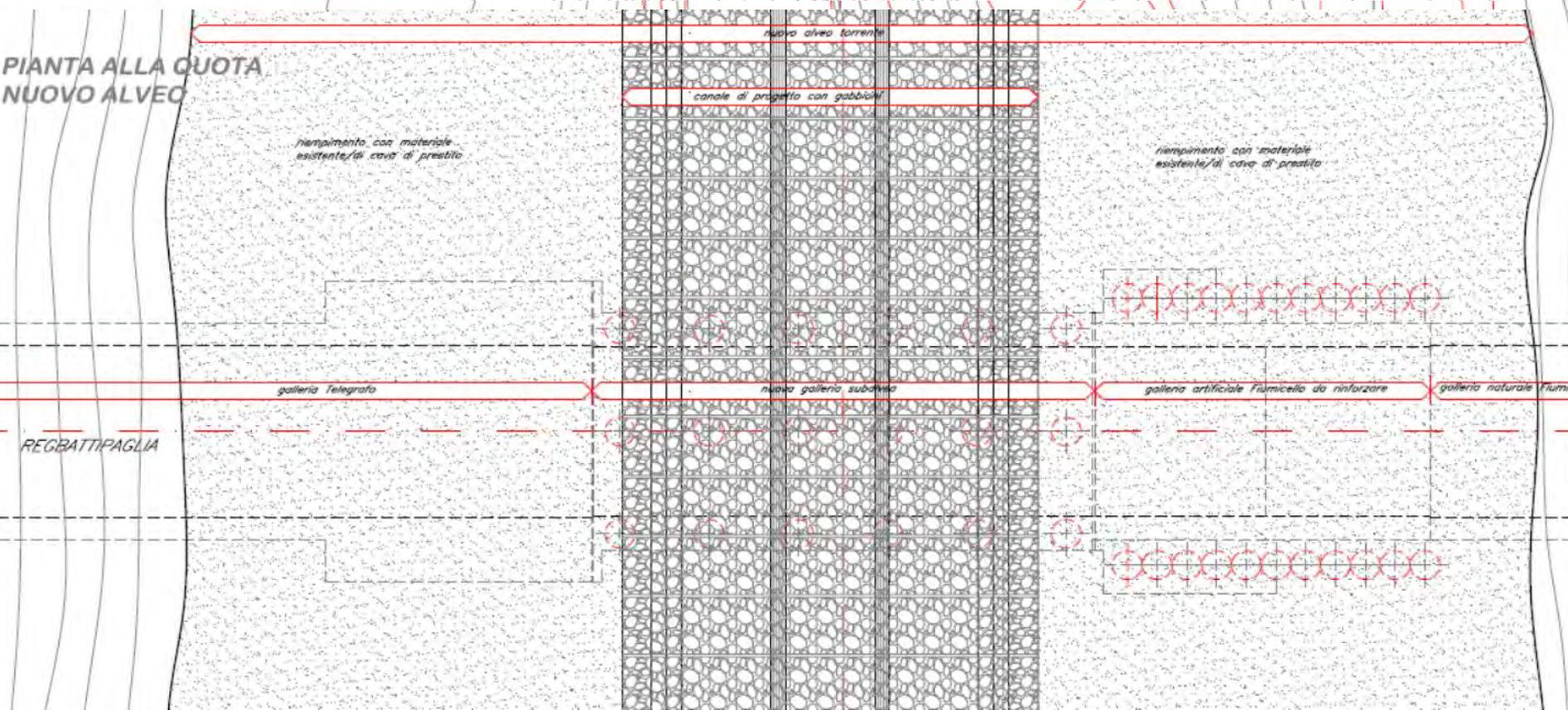


Figura 8 - Rapporto tra le forze di taglio agenti e quelle resistenti





**PIANTA ALLA QUOTA  
NUOVO ALVEO**



# SEZIONE LONGITUDINALE

