



COMUNE DI QUINCINETTO

LAVORI DI CONTENIMENTO CADUTA MASSI NEL CONCENTRICO DI QUINCINETTO

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOLOGICA

L'A.T.P.:

dott. for. Eugenio BOVARD (mandatario)
ing. Massimo BLANC (mandante)
arch. Luca PALLU' (mandante)
geom. Samantha ROSSI (mandante)
geol. Stefania NOTARPIETROI (mandante)
arch. Maria Klara CAMPANE (mandante)

SCALA:

DATA:

AGG.:

ELABORATO:

AGG.:

AGG.:

AGG.:

AGG.:

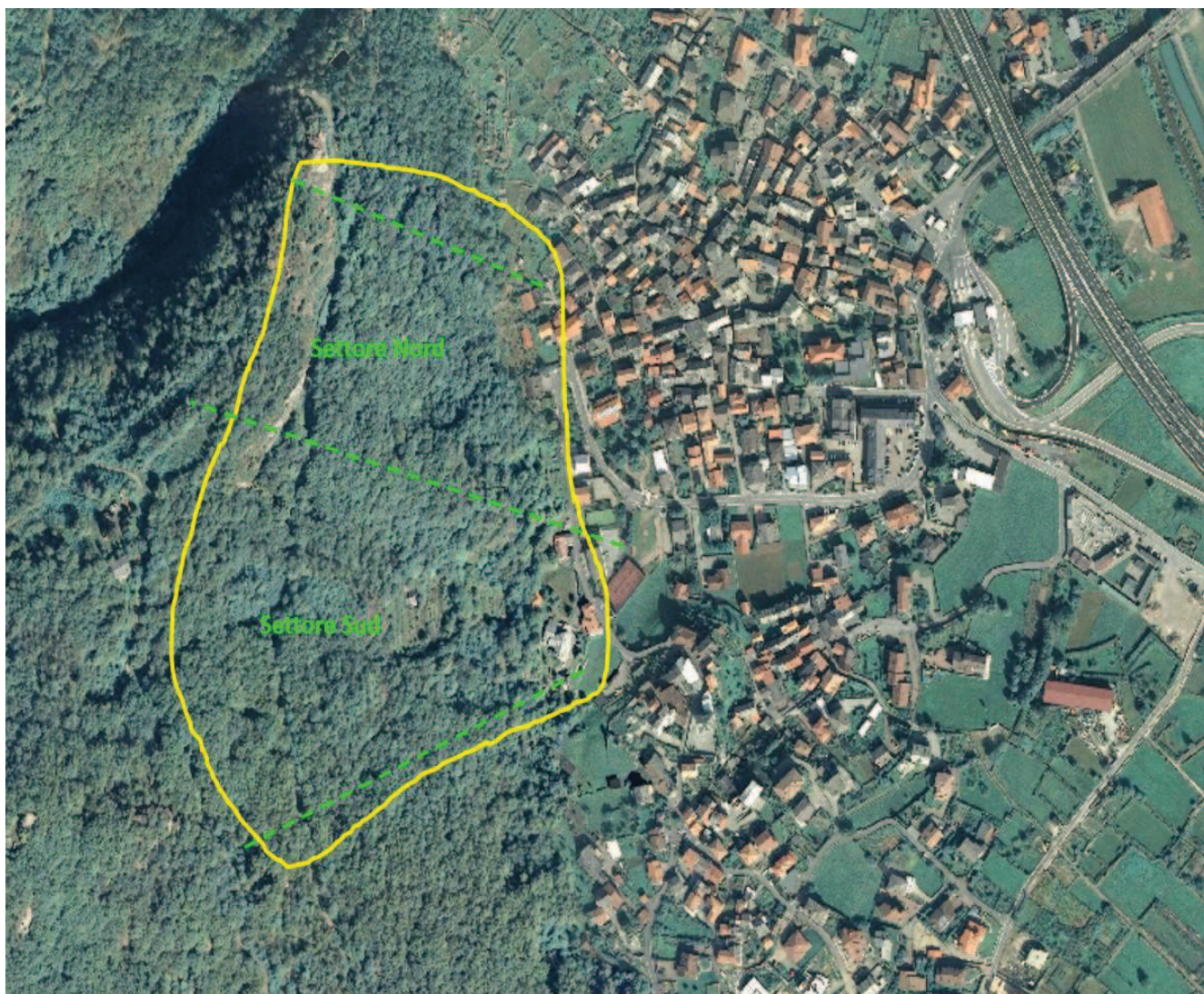
1.2

SOMMARIO

1. PREMESSA.....	1
2. LAVORI E ATTIVITA' PREGRESSE	2
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	3
4. GEOMORFOLOGIA, LITOLOGIA E IDROGEOLOGIA DELL'AREA.....	4
4.1 GEOMORFOLOGIA.....	4
4.2 LITOLOGIA.....	5
4.3 ASSETTO STRUTTURALE	6
4.4 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE.....	8
5. DESCRIZIONE DELLE SITUAZIONI DI DISSESTO INDIVIDUATE.....	9
6. DEFINIZIONE DEL "BLOCCO DI PROGETTO"	12
7. STUDIO TRAIETTOGRAFICO	14
SIMULAZIONI DI CADUTA MASSI 3D CON APPLICAZIONE DEL SOFTWARE ROKYFOR3D V5.....	15
SIMULAZIONI DI CADUTA MASSI 2D CON APPLICAZIONE DEL SOFTWARE RocFALL 4.0.....	19
8. ASSETTO STRATIGRAFICO E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI	25
9. CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI IN BASE ALLA NORMATIVA "TERRE E ROCCE DA SCAVO"	28
10. CONCLUSIONI E INDICAZIONI SUGLI INTERVENTI	29

1. PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Quincinetto è stato eseguito uno studio sulle problematiche di caduta massi sul capoluogo a supporto del progetto preliminare di opere di difesa, redatto dal gruppo di progettazione Bovard Eugenio, Blanc Massimo, Pallù Luca, Samantha Rossi, Maria Klara Campane e la scrivente Stefania Notarpietro.



Il lavoro prodotto si basa sulle osservazioni eseguite nel corso di una serie di sopralluoghi e rilievi eseguiti nel periodo ottobre 2017-febbraio 2018 sul versante in oggetto, che hanno consentito di definire l'assetto geomorfologico e strutturale dello stesso al fine di definire le condizioni di pericolosità dei luoghi sulla base dei fenomeni di dissesto in atto e pregressi. A questo proposito va evidenziato che il lavoro ha potuto basarsi sui numerosi studi già effettuati nell'area a partire dalla metà degli anni '80 e sulle informazioni raccolte presso la popolazione locale relativamente ai numerosi dissesti che l'hanno interessata negli ultimi anni.

Nel quadro del lavoro è stato eseguito un studio traiettografico con apposito programma (Rockfall 4.0) per la definizione delle velocità e delle altezze di rimbalzo dei blocchi. I dati sono stati inseriti in apposite schede di applicazione della Norma UNI 1120111-1 relativa allo studio e alla progettazione delle opere paramassi. E' stato inoltre effettuato uno studio della distribuzione spaziale delle traiettorie lungo il versante con programma tridimensionale RockyFor3D.

A supporto della progettazione è stata eseguita un'indagine geofisica di sismica a rifrazione per la definizione dello spessore della coltre detritica e due prove MASW per la definizione della "velocità sismica" ("Vs30"), da utilizzare per il calcolo delle sollecitazioni sismiche.

La presente relazione comprende i seguenti allegati:

- Allegato cartografico:
 - Schema geomorfologico alla scala 1:2.500;
 - Schema dei dissesti alla scala 1:2.000;
 - Schema delle opere in progetto e simulazioni traiettografiche;
- Allegato schede situazioni Parej
- Allegato fotografico;
- Allegato studio traiettografico;
 - Traiettoografie 3D
 - Traiettoografie 2D
- Allegato relazione indagini geofisiche.
- Allegato sezioni geologiche.

2. LAVORI E ATTIVITA' PREGRESSE

Come accennato in premessa, l'area in esame è stata negli ultimi decenni oggetto di numerosi studi e interventi, conseguenti alle dinamiche di dissesto che l'hanno interessata, in particolare a partire dagli anni '80, registrate nella banca dati sui dissesti dell'ARPA Piemonte e successivamente nei diversi lavori svolti da professionisti e progettisti incaricati dall'amministrazione comunale (vedi par. 5). Il materiale messo a disposizione dall'ufficio tecnico comunale ha consentito di esaminare i lavori realizzati nel 1986-87 a monte del capoluogo (loc. Parej) a seguito di crolli avvenuti nel 1985 dagli studi del Prof. C. Barla

(Geoanalysis s.r.l. –Torino) e dal Dr. Geol. E. Rabajoli (Geoengineering Studio Associato), che hanno portato alla realizzazione di diverse opere di salvaguardia (vedi tav. dissesti), tra le quali citiamo:

- interventi di monitoraggio con vari tipi di spie estensimetri di alcuni grossi blocchi pericolanti, successivamente in gran parte disgiunti mediante esplosivo;
- realizzazione di un gradone/vallo paramassi al piede della parete nel suo settore settentrionale;
- posa in opera di barriere paramassi elastiche a monte del settore abitato;
- realizzazione di un canale di gronda lungo la pista di servizio che porta al T. Granero.

Di particolare interesse nel quadro degli studi effettuati è stato l'accurato rilievo eseguito su incarico di Geoanalysis s.r.l. (1986) da Eurock s.n.c. di Mezzolombardo (TN) con tecniche alpinistiche dell'intera parete rocciosa, che ha consentito di individuare numerose situazioni di dissesto, riprese e sintetizzate nella presente relazione (vedi tabella dissesti), molto importanti per avere un quadro esauriente delle potenzialità dei fenomeni che possono interessare la parete.

Più recentemente, a seguito del crollo avvenuto nel 2005 e di altri successivi, si sono occupati delle problematiche di questa zona i colleghi Dr. A. Bellini di Aosta (2006) e Dr. D. Bolognini di P.S. Martin (2007, 2010, 2011, 2013), autore quest'ultimo di una proposta progettuale insieme all'Ing. L. Rodolfo (Settembre 2013), nella quale si prevedeva la posa in opera di valli e barriere paramassi nel settore di piede del versante, appena a monte dell'abitato del capoluogo di Quincinetto.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il settore di versante in esame è posto, dal punto di vista geologico, all'interno della Zona Sesia-Lanzo, caratterizzata in questo settore da affioramenti di micascisti eclogitici ricchi di intercalazioni di marmi, metabasiti e rocce acide (antichi filoni e masse pegmatitiche) a forte impronta di alta pressione. Si segnala la presenza di importanti vene di quarzo, talora di spessore metrico, oggetto di coltivazione ancora in tempi relativamente recenti: è infatti presente una importante cava a poche decine di metri dal margine settentrionale della Parej, sul fianco dell'incisione del T. Granero e altre più piccole sono distribuite in diversi punti del

versante (vedi tav. geologica). L'assetto tettonico generale dell'area vede le grandi strutture di età alpina vergere verso l'esterno della catena (nord-est), ma con locali importanti disturbi legati alle strutture plicative polifasiche caratterizzate da pieghe a varia scala, che complicano notevolmente l'assetto strutturale dei singoli affioramenti (vedi foto 3-4).

4 . GEOMORFOLOGIA, LITOLOGIA E IDROGEOLOGIA DELL'AREA

4.1 Geomorfologia

Il settore in esame corrisponde al versante a monte dell'abitato di Quincinetto, dominato da una ripidissima parete rocciosa ("parej"), lunga circa 250 m e alta 40-60 m, per estesi settori verticale e a tratti strapiombante, in particolare nella sua porzione sommitale, caratterizzata da "tetti" sporgenti per diversi metri. Essa prende origine in corrispondenza all'incisione del T. Granero e termina in prossimità dell'impluvio che prende origine a valle della borgata di Praiole, oltre il quale sono presenti pareti più basse e discontinue. Alla sua base, posta a q. 430 ca., corre la pista di servizio alla sistemazione del T. Granero, che taglia il versante a mezzacosta a partire dal tornante della strada comunale per Praiole-Scalero (vedi foto 1 panoramica).

Al piede della parete è presente un ripido e complesso versante, coperto da una fittissima vegetazione che ne rende difficile l'osservazione e anche la precisa restituzione topografica. Esso presenta affioramenti sparsi, sotto forma di balze rocciose spesso mascherate dalla vegetazione, circondate da estesa copertura detritica, talora formata da accumuli di grandi massi, testimonianza di antichi accumuli di frana. Uno di questi è presente a monte della pista di servizio, 200 metri a nord dell'imbocco della stessa (vedi foto 9-10 e 32-34 e par. dissesti) e le morfologie di paleofrana collegate a questo fenomeno si riscontrano fino sul fondovalle, dove sono presenti antichi blocchi di dimensioni ciclopiche.

Un settore di affioramento roccioso forma un displuvio poco marcato che separa i due settori in esame (settore sud e settore nord nelle tavole allegate) e va a terminare poche decine di metri a monte dell'abitato, in corrispondenza del Municipio. Esso si ricollega verso sud, aldilà di una stretta e ripida incisione, alla balza rocciosa che domina il fabbricato rurale isolato a q. 375 m ca.. Anche verso nord è presente un poco marcato displuvio, che a partire dalla grande parete rocciosa, separa il settore di pendio che grava sull'abitato del capoluogo da quello che guarda invece verso il grande conoide del T. Granero.

Su queste morfologie di origine naturale si è sovrapposta l'azione antropica, che ha comportato la realizzazione della pista di servizio che corre alla base della parete, con formazione di scarpate di monte alte fino a 3-4 m e riporti verso valle. Sono inoltre diffusi sul versante, in particolare nella sua parte inferiore, terrazzamenti ad uso agricolo sostenuti da murature in pietrame a secco di altezza fino a 3 m. Un importante terrazzamento, largo alcuni metri e sostenuto da una muratura in grossi massi cementati alta fino a 5 m è stato realizzato (1987 – vedi foto 6) a scopo di protezione del settore sottostante alla base della parete nel suo settore nord. Esso si salda verso sud con gli antichi terrazzamenti presenti al contorno dei fabbricati rurali posti poco a valle della base della parete (q. 410-415 m).

4.2 Litologia

Le rocce della Zona Sesia-Lanzo sono rappresentate in questo settore dalla formazione dei Micascisti Eclogitici. Essa è costituita da una stretta associazione di varie litologie dalle caratteristiche geomeccaniche molto diverse: troviamo un litotipo principale rappresentato da micascisti a mica bianca, anfiboli sodici e granato, in tessitura marcatamente scistosa, cui si intercalano bancate e “boudins” anche consistenti di metabasiti in facies eclogitica, a tessitura decisamente più massiccia, e bancate di marmi cristallini, anch'essi a tessitura spesso massiccia. La serie è attraversata da bancate di rocce acide (antichi filoni pegmatitici) e vene di quarzo. Nel caso specifico la parete è costituita da una potente bancata di marmi grigi, che affiora in prevalenza nella parte bassa della stessa (vedi foto 3-4), e da micascisti variamente laminati di colore rossastro, che formano la parte superiore della falesia. Si segnala la presenza di incrostazioni e concrezioni anche di spessore significativo di travertino, che si è depositato sulla parte inferiore della parete nei settori interessati dallo scolo di acque.

Alle rocce descritte, in gran parte costituite da micascisti, compete con un valore medio del peso specifico stimabile in 2650 kg/mc. La giacitura della scistosità è variamente disposta a causa di frequenti pieghe a scala decametrica (vedi par. strutturale), ma in genere risulta poco inclinata a formare cenge, rampe e grandi strapiombi. Della fratturazione che interessa diffusamente l'ammasso roccioso si dirà più oltre nello specifico paragrafo.

I **depositi quaternari**, oltre ai travertini già descritti, sono rappresentati in grande prevalenza da **depositi detritici a pezzatura** per lo più media (0,05-0,1 mc) con frequente presenza di blocchi di taglia maggiore (0,1-1 mc) e più rara ricorrenza di grossi blocchi metrici (vedi tabella blocchi). La copertura di suolo è in genere consistente e, unita alla fitta vegetazione, rende lo studio della falda detritica particolarmente difficoltoso. Localmente sono

presenti accumuli di blocchi di grossa pezzatura, quale quello già segnalato poco oltre l'imbocco della pista di servizio di accesso al Rio Granero.

4.3 Assetto strutturale

L'assetto strutturale dell'ammasso roccioso è caratterizzato da 3 famiglie principali di discontinuità, le quali, in associazione al piano di affioramento delle principali pareti, formano diedri e placche che costituiscono le principali situazioni di dissesto.

Riferendosi alla falesia rocciosa della "Parej", di maggior interesse per il distacco dei blocchi, l'andamento della scistosità si presenta variabile in funzione del punto di osservazione della parete. Tale circostanza è legata alla presenza di più sistemi di pieghe sovrapposti e interferenti (marcata deformazione polifasica tipica di queste unità strutturali), tra i quali spicca un sistema con asse suborizzontale orientato ca. N-S con pieghe serrate, che fanno variare l'assetto dei piani di scistosità da franapoggio a reggipoggio. Queste strutture, ben visibili alla base della parete, non permettono di definire un andamento univoco della giacitura della scistosità, la quale comunque risulta avere come andamento principale le giaciture 110/25 e 200/50.

Le evidenze morfologiche che la contraddistinguono sono rappresentate da grandi tetti e da rampe e cenge che favoriscono la formazione della vegetazione arbustive che incentiva il grado di dissesto dell'ammasso. Strutturalmente, i valori di persistenza risultano mediamente elevati come anche quelli di spaziatura, che permettono di individuare estesi settori dell'ammasso dall'aspetto massiccio.

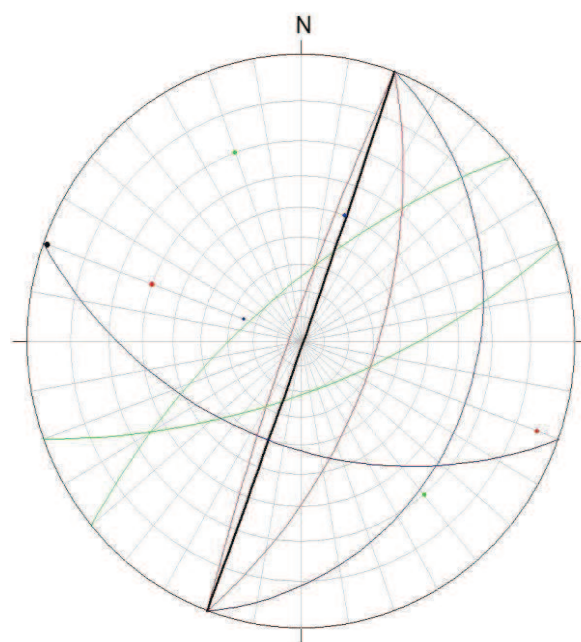
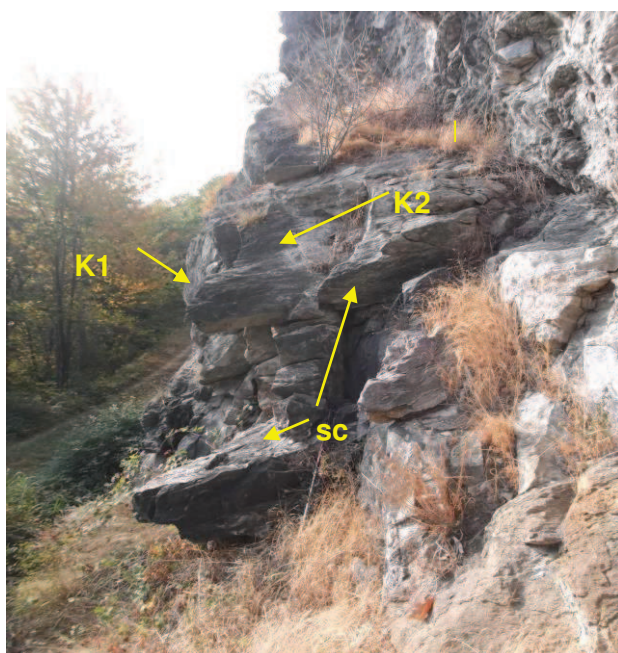
Oltre alla scistosità, si individua un primo set di giunti denominato K1, che identifica il fronte della parete con piani di immersione E-W dalle elevate inclinazioni. In corrispondenza della parete, tale discontinuità favorisce la formazione di placche e diedri (intersezione con SC e K2) con comparti lastroidi dalle volumetrie importanti. Ulteriori evidenze di questa famiglia di giunti sono fornite dalle tracce di stillicidio che segnano il settore basale della falesia, dalle quali si può intuire il grado di apertura delle fratture, che favorisce l'infiltrazione e la circolazione delle acque. Sempre in relazione a questa famiglia di giunti, dall'osservazione della parete si possono individuare diversi settori di roccia con recenti impronte di distacco, oltre alle numerose segnalazioni di placche pencolanti indicate dall'ispezione della parete condotta dalla Eurock s.r.l. (1985).

Infine, si segnala la presenza della famiglia che identifica i settori di tetto e gli strapiombi in corrispondenza della porzione alta della parete, denominata K2, che presenta

piani mediamente inclinati con immersione NW. Questa famiglia di giunti, forma i piani di trazione dei cunei creati dall'intersezione dei giunti K1-K2 con la SC, che rappresentano la maggior parte delle situazioni di dissesto individuate lungo la parete. In particolar modo, si segnalano i numerosi comparti rocciosi posti lungo la sommità della falesia e i blocchi fessurati evidenziati dall'ispezione condotta dalla Eurock s.r.l. (1985) nel settore N. della parete.

L'assetto strutturale precedentemente descritto trova conferma, seppur in forma più caotica, negli affioramenti posti lungo il pendio, a valle della pista poderale che corre al piede della parete. Tuttavia, in questi settori il maggior grado di fratturazione dell'ammasso causa un maggiore decadimento delle caratteristiche strutturali della roccia, con la formazione di bancate intensamente fratturate con blocchi lastroidi in gran parte di minor volumetria

Assetto strutturale dell'ammasso roccioso						
Famiglia di giunti	Tratto	Immersione (°)	Inclinazione (°)	Persistenza (m)	Spaziatura (m)	Apertura (cm)
Scistosità (Sc)	-----	110 200	25 50	da 1-2 a >5	da 1-3 a 5-7	da 0 a >30
K1	-----	280 100	85 80	da 8-15 a >20	da 0.3 a 1.5	da 0 a >50
K2	-----	160 340	80 70	da 1-3 a >5	da 1-3 a 6	da 5 a >30
Fonte falesia	-----	110	85	/	/	/



4.4 Caratteristiche idrogeologiche

L'area di studio è delimitata a nord dalla marcata incisione del T. Granero, poco a monte del suo sbocco nella valle principale, dove forma una grande conoide sul margine sud della quale sorge parte dell'abitato di Quincinetto. Tale corso d'acqua non risulta avere, almeno direttamente, influenza sul settore di studio.

Lungo il versante a monte di Quincinetto si individuano una serie di piccoli impluvi alimentati da sorgenti che sgorgano in più punti lungo il versante (vedi tav. geomorfologica). Il principale è posto nel settore sud dell'area in esame e prende origine presso la borgata di Praiole, dove la modesta incisione è alimentata da una serie di sorgenti che emergono sul suo fondo e presenta normalmente una minima ma costante portata. Essa attraversa la pista di servizio con una tubazione di grosso diametro a q. 460 m ca., per proseguire verso valle lambendo a sud il fianco della balza rocciosa che domina la casa rurale q. 375 m, per raggiungere il fondovalle dove si immette nella rete delle acque bianche che attraversa l'abitato.

Un secondo impluvio prende origine minimamente accennato presso l'estremità sud della "Parej" e si fa più marcato a valle della pista di servizio, dove raccoglie le acque di una copiosa sorgente (vecchia opera di presa in abbandono) e converge verso una stretta e ripida incisione dal fondo a tratti roccioso, che costeggia a nord la balza rocciosa prima citata e prosegue anch'essa nella fitta boscaglia fino nei pressi dell'abitato, dove si immette nella rete delle acque bianche.

Un terzo impluvio poco marcato costituisce il settore nord dell'area d'intervento a partire dal piede della grande parete ed è attraversato centralmente da un minimo rio alimentato da due piccole sorgenti che sgorgano presso le case rurali presenti nel fitto bosco, poco a valle del piede della falesia rocciosa (q. 410-415 m).

Altre piccole sorgenti si rinvencono nel fitto bosco, per esempio nel settore al piede del dorso roccioso che separa in due la zona d'intervento, oppure al margine sud della stessa, dove l'acqua sgorga al piede di una piccola parete rocciosa presente presso il piede del versante.

Le sorgenti e i rii da esse alimentati e appena descritti sono soggetti a importante e improvviso aumento della portata in occasione di forti precipitazioni, con conseguenti problemi di erosione superficiale, trasporto solido e difficoltà di deflusso nei tratti intubati presenti al piede del versante e hanno già dato nel tempo problemi di questo tipo alla porzione di monte dell'abitato di Quincinetto.

Per cercare di ovviare a questo problema, negli anni '80 è stato realizzato, lungo la pista di servizio alla vasca dell'acquedotto e al torrente Granero, un canale di gronda in elementi metallici ondulati che intercetta le acque superficiali provenienti dal versante a monte, a partire dall'incisione del rio che scende da Praiole.

5. DESCRIZIONE DELLE SITUAZIONI DI DISSESTO INDIVIDUATE

Le numerose problematiche di dissesto che caratterizzano il versante sono state oggetto in questa sede di un censimento a partire dai numerosi dati presenti nei lavori pregressi (in particolare in quelli del collega D. Bolognini, che recentemente si è più volte occupato delle stesse), dalle informazioni raccolte presso la popolazione locale e dai riscontri relativi ai numerosi sopralluoghi effettuati.

Come già accennato in premessa, le problematiche della grande parete sono state affrontate riprendendo, aggiornando e integrando l'approfondito lavoro eseguito mediante calate alpinistiche da Eurock nel 1986, grazie anche alle riprese fotografiche da drone acquisite in questa sede (vedi schede in allegato), che hanno consentito di riportare con precisione le situazioni a sue tempo individuate e verificarne l'attuale presenza, considerato che una serie di grandi volumi particolarmente preoccupanti per le loro condizioni di stabilità sono stati a suo tempo abbattuti mediante disgaggio o demolizione con esplosivi.

Le varie "situazioni di dissesto" individuate e i principali blocchi censiti relativi a crolli pregressi, che ben rappresentano l'attività dei diversi settori di versante, sono state descritte in forma sintetica nella tabella riassuntiva, nell'allegato fotografico ed evidenziate nella carta dei dissesti.

I dissesti pregressi di cui si ha notizia per il settore in esame sono i seguenti:

- **1985:** la banca dati ARPA segnala a Quincinetto diversi eventi, tra cui una caduta massi in loc. Parej, con blocchi a ridosso delle prime case del centro (03/1985), e un evento con "rischio di crollo diffuso" (12/1985). A seguito di questi eventi vengono promossi i vari studi menzionati al par. 2, a seguito dei quali vengono realizzati (1986-87) interventi di disgaggio e abbattimento con esplosivi sul ciglio superiore della parete (vedi anche scheda parete), realizzazione di gradoni al piede della stessa (settore nord) e posa di barriere paramassi elastiche a monte dell'abitato.
- **1998:** la banca dati nazionale (progetto IFFI) segnala un "dissesto diffuso" per caduta massi nell'area a monte del concentrico di Quincinetto, e un fenomeno puntuale

posto a sud dell'abitato, forse in corrispondenza del fabbricato q. 375 m .

- **2005:** un crollo interessa la grande parete in corrispondenza del settore già oggetto degli interventi di disgaggio nel 1987. Il volume mobilizzato è pari a circa 10 mc e il blocco maggiore 4 mc (blocco E – vedi foto). I blocchi, attualmente rimossi, si arrestano sulla pista di servizio (dati da Bellini 2007).
- **Maggio 2007:** un crollo interessa il settore meridionale della grande parete e raggiunge la pista e il versante a valle. I blocchi, attualmente in gran parte rimossi, hanno dimensioni massime fino a 2,5-3 mc (dati da Bolognini 2013). Un blocco di micascisto molto probabilmente legato a questo evento è stato censito presso la sorgente captata lungo il sentiero a q. 420 ca. (blocco 4 – 7,2 mc); si tratta di un volume prismatico fortemente allungato (vedi foto). Anche il blocco 1 (0,3 mc) presente sul bordo della pista è probabilmente caduto in questa occasione. Si notano ancora danni al canale di gronda e tracce di impatto sul margine esterno della pista.
- **Aprile 2010:** alcuni blocchi si mobilizzano dall'accumulo a grandi massi presente a sud della grande parete, 150 metri a nord dell'imbocco della pista, e si arrestano sulla stessa (blocchi rimossi – volume blocco stimato: 2 mc da foto Dr. Bolognini – vedi foto 32-34). L'accumulo è formato da grandi massi talora in precaria situazione di equilibrio, probabilmente a causa di una mobilitazione dello stesso legata alla presenza del taglio della pista. Sono stati censiti alcuni blocchi rappresentativi (blocchi 5-6 – volume 12-30 mc), uno dei quali (foto 10) sembrerebbe aver recentemente ruotato (prob. nel 2010), in quanto è accavallato su un tronco d'albero ancora fresco. L'accumulo non risulta avere una parete a monte di alimentazione per crollo e i grandi volumi hanno aspetto antico o quanto meno non recente e potrebbero essere legati allo scompaginamento del substrato roccioso e ad un suo scoscendimento a partire da una nicchia attualmente poco evidente, forse in relazione ad una discontinuità tettonica che si identifica con la scarpata che costituisce la grande falesia e che perde progressivamente vigore verso sud. L'accumulo potrebbe avere spessore limitato ed avere alla sua base il substrato roccioso compatto e montonato che si individua a monte della pista subito a sud, sul quale potrebbero concentrarsi importanti flussi idrici in occasione di forti precipitazioni, innescandone il movimento favorito dalla presenza del taglio stradale.
- **Giugno 2011:** un crollo interessa il fianco nord del dosso roccioso a monte del fabbricato rurale q. 375, a partire da una nicchia di distacco posta a q. 430 ca., poco a

valle del sentiero che sale da Quincinetto alla pista di servizio. Un blocco di forma tabulare e volume stimato 1,5-1,8 mc (blocco D rimosso o coperto dalla vegetazione) colpisce il lato sud del fabbricato rurale dopo aver parzialmente abbattuto le barriere paramassi presenti subito a monte e si arresta sui terrazzamenti presso l'abitazione (dato Bolognini 2013). I sopralluoghi effettuati non hanno evidenziato la presenza di altri blocchi lungo il ripido canalino percorso dal crollo. Volumi minori sono stati individuati presso le barriere paramassi presenti allo sbocco dell'impluvio a nord del fabbricato (blocco 6bis – vedi foto 11).

Oltre ai dissesti principali appena descritti, sul versante si individuano altre situazioni di instabilità potenzialmente pericolose per il settore a valle. Si segnala un grosso blocco (blocco 18 – 6,8 mc – vedi foto 23), posto nel settore nord, poco a monte delle attuali barriere paramassi, che presenta una spia di monitoraggio degli anni '80 che evidenzia una rotazione del blocco di circa 2 cm. Poco più a sud è presente alla base dell'affioramento roccioso, un grosso volume fratturato e staccato dalla parete (blocchi 19-19bis – comparto da 12 mc – foto 24-24bis); sulla sua traiettoria, poco a valle dell'affioramento, è presente l'attuale barriera paramassi.

Una serie di blocchi instabili o già crollati sono presenti lungo il ciglio dello sperone roccioso che separa i settori nord e sud e si affaccia sulle case nel settore del Municipio: essi sono legati sia alla fratturazione dell'affioramento (blocco 20), sia al cedimento di vecchie murature a secco (blocchi 23-24 – vedi foto 25, 28, 29). In questo settore si segnalano anche blocchi placcati con rete a doppia torsione e funi.

Oltre alle situazioni già elencate in sede preliminare, a seguito di ulteriori sopralluoghi svolti in questa fase progettuale, si segnalano tra le potenziali situazioni di dissesto alcuni settori della falda detritica posta direttamente a monte della pista forestale di quota 470m. L'accumulo, già interessato dal crollo nel maggio 2010 (Vd sezioni precedenti), presenta numerosi blocchi con volumetrie maggiori di 5mc accatastati e potenzialmente instabili, posti subito a monte della pista. Alcuni di questi potrebbero essere facilmente mobilizzati qualora venisse a mancare l'appoggio al piede, con un conseguente rotolamento sul sedime della pista (vedi foto 32-33-34). In tali circostanze, allo stato attuale delle indagini non si può escludere che in occasione di un possibile cinematismo alcuni blocchi possano rotolare oltre la carreggiata e proseguire verso valle lungo il ripido pendio, dove acquisirebbero facilmente energia.

Ulteriori approfondimenti sono stati condotti lungo il margine meridionale dell'area di studio, dove sono stati individuati blocchi di crollo recenti con volumetrie variabili da 1,0mc a 2,6mc posti al piede delle balze rocciose distribuite lungo il pendio (blocchi 27-28-29-30 – vedi foto 35-37-38-39).

In corrispondenza del dosso roccioso che divide il settore N da quello S dell'area di studio, oltre a quanto già esposto in sede preliminare, si segnalano comparti rocciosi fratturati e blocchi potenzialmente instabili con pezzature comprese tra i 0,1mc e 1,0 mc (situazioni 31-32 – vedi foto 40-41-42-43) e diffusi terrazzamenti ammalorati al suo piede, con pericolo di distacco di blocchi anche di significative dimensioni (situazione 37 – foto 50) .

Relativamente al settore settentrionale dell'area di studio, gli approfondimenti svolti in questa fase progettuale hanno riguardato il tratto mediano del pendio, dove sono presenti affioramenti disarticolati con comparti instabili aventi volumetrie comprese tra i 10mc ed i 20mc (situazioni 34-35 – vedi foto 45-46-47).

Infine, sempre in corrispondenza del settore N dell'area di studio, poco a monte delle attuali barriere paramassi poste al piede del pendio, sono presenti alcune bancate di roccia fratturata con blocchi instabili che raggiungono i 2mc (situazione 36- – vedi foto 48-49).

6 . DEFINIZIONE DEL “BLOCCO DI PROGETTO”

Relativamente alla definizione del blocco di progetto, come in parte già esposto nella sezione precedente, in questa fase progettuale sono stati eseguiti ulteriori sopralluoghi lungo il versante a monte il concentrico di Quincinetto per arricchire il quadro dei dissesti rilevati e verificare l'effettiva validità delle volumetrie proposte in sede di progetto preliminare. Nello specifico è stata osservata con maggiore attenzione la falda detritica posta direttamente a monte della pista di accesso alla vasca, a ca. 150m a S della falesia rocciosa di Parej, già oggetto di dissesto nel 2010. Dalle osservazioni eseguite sul campo emergono alcune criticità che interessano gli accumuli di blocchi più prossimi al sedime della pista (Vd sezioni precedenti), i quali se mobilizzati potrebbero dirigersi verso valle ed incanalarsi nell'impluvio sottostante fino a raggiungere il vallo in progetto.

Pertanto, anche se interessato solo in parte direttamente dalle situazioni di dissesto poste lungo la falesia di Parej, **si conferma anche in questa fase progettuale la scelta di un blocco da 10mc per il settore S dell'area di studio.** Tale volumetria infatti, oltre ad essere

coerente con le possibili situazioni di dissesto e i testimoni muti (p.e. blocco 11 – 9,4 mc) presenti lungo il versante, permette di rappresentare anche gli effetti di possibili crolli provenienti dall'accumulo detritico di quota 470m-490m.

Dato il particolare assetto morfologico del pendio che caratterizza il **versante in corrispondenza del dosso roccioso posto a NW del municipio**, che divide il settore N dell'area di studio da quello S, proteggendo con la sua presenza il settore a valle dai crolli provenienti dall'alto (vedi oltre commento all'analisi traiettografica tridimensionale), sono stati condotti ulteriori approfondimenti per meglio verificare le potenzialità di dissesto che lo caratterizzano. Dalle osservazioni eseguite, si è potuto confermare che le principali situazioni di dissesto sono correlate a localizzati affioramenti di roccia fratturata ed a terrazzamenti agricoli ammalorati. Per questi scenari, **le volumetrie potenzialmente mobilizzabili sono quantificabili nell'ordine dei 2mc per gli affioramenti naturali e 0.5mc per i blocchi costituenti i terrazzamenti (sez. di verifica caduta massi 2c)**, di gran lunga minori rispetto alle situazioni che caratterizzano la falesia di Parej. E' stato inoltre considerato il **caso particolare della situazione 19 bis**, dove è stata rilevata la presenza di un blocco potenzialmente instabile **di taglia pari a ca. 6 mc (sez. 2a)**.

Per quanto concerne il settore N dell'area di studio, i nuovi sopralluoghi eseguiti hanno sostanzialmente confermato quanto già rilevato in sede preliminare. L'assetto della falesia e delle situazioni che la caratterizzano, pur considerando i disaggi effettuati alla fine degli anni '80, non permette una ridefinizione sostanziale del blocco di progetto già proposto in sede preliminare, vista anche la taglia dei testimoni muti presenti alla base del pendio. Anche le situazioni individuate nel tratto mediano del pendio, pur in assenza di pareti di crollo di altezza elevata, presentano volumetrie ragguardevoli (vedi situazioni 34-35). Pertanto, pur in assenza di crolli e/o blocchi recenti al piede del pendio con tali caratteristiche, **si ritiene che 10mc siano una volumetria di riferimento** ragionevole e sufficientemente cautelativa rispetto alle potenzialità di dissesto della falesia e del settore mediano del versante.

In sintesi nelle verifiche di caduta massi sono stati utilizzati per i vari settori i seguenti volumi di riferimento:

SETTORE DI VERSANTE	BLOCCO DI PROGETTO	NOTE
SUD	10 mc	
CENTRALE (monte municipio)	2 mc 0,5 mc 4 mc	Falesia rocciosa Terrazzamenti a monte (prof. 2c) Situazione 19bis (prof. 2a)
NORD	10 mc	

7 . STUDIO TRAIETTOGRAFICO

Come anticipato in premessa, in questa fase progettuale si è provveduto ad aggiornare e completare le verifiche traiettografiche eseguite in sede preliminare, al fine di verificare l'effettiva efficacia dell'opera in progetto in relazione alle potenziali situazioni di dissesto presenti lungo il versante.

In primo luogo, in assenza di appositi rilievi di dettaglio svolti lungo il pendio, si è optato per aggiornare la base digitale del terreno utilizzata in sede preliminare, passando da un DTM con passo 10m (successivamente integrato manualmente) ad un DTM da dato LIDAR 1m fornito dal Ministero dell'Ambiente (MATTM) e relativo alla fascia fluviale della Dora Baltea. Questo è stato successivamente ricampionato a 2m per migliorare l'efficacia del modello ed integrato manualmente nelle verifiche in 2D con i tratti morfologici tipici dei settori di maggiore interesse (es. terrazzamenti), ricavato dai rilievi progettuali eseguiti in sito.

E' stato inoltre prodotto un modello traiettografico 3D per verificare le principali direttrici di caduta massi su cui impostare i modelli 2D. Tale passaggio ha permesso anche di verificare l'importanza del dosso roccioso posto a NW del municipio rispetto ai possibili scenari di crollo provenienti da monte, le cui traiettorie vengono deviate lateralmente allo stesso, in modo da ottimizzare la distribuzione spaziale delle opere in progetto rendendole funzionali con le direttrici di crollo preferenziali presenti lungo il pendio.

Successivamente, sulla base delle considerazioni svolte in sede preliminare e dei risultati del modello 3D, si è provveduto ad implementare i modelli 2D realizzando nuovi profili di verifica.

BLOCCO o situazione di dissesto	VOLUME [mc]	DIMENSIONI [cm]	LITOLOGIA	NOTE	RECENTI <30	NON RECENTI 30-100	ANTICHI >100
1	0,3	130x60x40	Marmo	Crollo 2007 ?	x		
2	0,47	130x60x60	Micascisto	Crollo succ. 1987	x		
3	0,55	160x60x70	Micascisto			?	
4	7,2	400x120x150	Micascisto	Crollo 2007	x		
5	12 ca.	400x200x200	Micascisto	rimobilizzati 2010?		?	
6	30	350x300x300	Micascisto	rimobilizzati 2010?		?	
6bis	1	150x180x40	Micascisto				
7	5,6	250x150x150	Micascisto			x	
7bis	0,7	100x130x50	Micascisto				
8	5,4	200x150x150	Metabasite			x	
9	7,2	200x200x180	Micascisto				x
10	6,25	250x250x1	Micascisto				x
11	9,4	250x250x1.5	Micascisto				x
12	6,25	250x250x100	Micascisto				x
13	6	180x150x200	Micascisto				x
14	8,8	260x260x130	Micascisto				x
15	5,35	330x180x90	Micascisto			x	
16	22,5	400x280x200	Micascisto				x
17	6	140x130x330	Micascisto				x
18	6,75	300x150x150	Micascisto	vecchio monitoraggio		x	
19 -19 bis	12, 6	330x160x230	Micascisto	comparto potenzialmente instabile (presente barriera subito a valle)			
20	4	200x100x200	Micascisto	volume potenzialmente instabile (presente barriera subito a valle)			
21	3,12	200x130x120	Micascisto			x	
22	1	180x110x50	Micascisto			x	
23	0,5	50x100x80	Micascisto	disfacimento muri a secco	x		
24	0,5	60x100x80	Micascisto	disfacimento muri a secco	x		
25	0,8	80x80x100	Micascisto			x	
26	1-2		Micascisto	blocchi aggettanti in affioramento			
27	1		Micascisto		x		
28	0,2		Micascisto		x		
29	0,6		Micascisto		x		
30	2,6	1,8x1,8x0,8	Micascisto		x		
31	0,5-1		Micascisto		x		
32	0,1-0,2		Micascisto		x		
33	0,7		Micascisto		x		
34	10 , 20		Micascisto			x	
35	0,5		Micascisto		x		
36	1-2		Micascisto		x		
37	0,1		Micascisto	disfacimento muri a secco	x		
A	0,4			crollo 2007 Blocchi rimossi volume stimato da foto Bolognini	x		
B	2			crollo 2007 Blocchi rimossi volume stimato da foto Bolognini	x		
C	2			crollo 2010 - Blocchi rimossi volume stimato da foto Bolognini	x		
D	1,5-1,8			crollo 2011 - Blocchi rimossi (dati Bolognini)	x		
E	4			crollo 2005 - Blocchi rimossi (dati Bellini)	x		

Simulazioni di caduta massi 3D con applicazione del software Rokyfor3D V5

Il software Rokyfor3D V5.1 della EcorisQ combina algoritmi deterministici, per quanto riguarda la descrizione dei processi di caduta, con approcci stocastici connessi al grado di errore nella determinazione di alcuni parametri di input che vengono fatti variare dal modello in un intervallo di valori plausibili. La simulazione del processo di caduta del blocco viene eseguita mediante un vettore che memorizza i valori tridimensionali di posizione e velocità attraverso una sequenza di cadute libere del grave, descritte dalla classica legge del moto parabolico uniformemente accelerato (fase di volo) e sequenza di rimbalzi posti a piccola distanza (moto di rotolamento). L'accuratezza del modello viene ulteriormente raffinata considerando gli impatti dei blocchi contro gli alberi presenti lungo il pendio, per i quali sono richiesti input aggiuntivi come la densità e la taglia della vegetazione (Vd. oltre).

I dati di ingresso del programma sono rappresentati da 10 mappe raster relative al territorio interessato dalle verifiche:

- Mappa del DEM (Digital Elevation Model), che serve per descrivere l'andamento topografico del versante interessato dalle simulazioni, dove per il caso in esame si è utilizzato un DTM da dato LIDAR con passo 1m ricampionato a 2m;
- Mappa della Rockdensity (densità della roccia per i settori di distacco), rappresenta una semplice mappa raster nella quale sono identificate le celle delle aree sorgenti (valore > di 0 Kg/mc) da quelle relative ai settori di transito e/o accumulo dei blocchi (valore = 0 Kg/mc). Oltre ad identificare i settori di distacco sulla mappa raster, tale parametro serve nel processo di calcolo delle energie dei blocchi partendo dalle velocità, dalle quali a loro volta dipendono le scelte traiettografiche del modello. Nel caso in esame, la densità dell'ammasso è stata valutata in 2'650Kg/mc.
- Mappa della dimensione del blocco valutata sui 3 assi principali d1-d2-d3 (Lunghezza, Altezza e Profondità), che insieme alla mappa blshape (Vd. oltre) permettono di definire la volumetria del blocco e la sua interazione con la superficie topografica. Per il caso specifico è stato utilizzato un blocco di lati 3.0m x 1.5m x 2.0m, per complessivi 9mc;
- Mappa del blshape (forma del blocco). La scelta della forma del blocco rappresenta un passaggio fondamentale nella taratura del modello, in quanto la stessa definisce sia il volume del blocco che il momento di inerzia del grave. Tuttavia, per semplicità di calcolo,

l'identificazione della posizione del blocco e la sua interazione con la superficie topografica viene sempre effettuata mediante una sua equiparazione ad una sfera. Nel caso si considerino gli impatti contro gli alberi, viene esaminato il più piccolo tra i tre diametri inseriti, mentre per il calcolo delle perdite di energia durante gli impatti con il terreno si considera una media tra i due diametri maggiori (Vd. oltre). Nel caso di studio, date le condizioni strutturali degli affioramenti rocciosi e la forma dei blocchi rinvenuti lungo il pendio, si è optato nello scegliere il parallelepipedo come forma più efficiente per rappresentare il blocco di progetto. Al quale è stata applicata una variazione volumetrica del 20% per avere un range più rappresentativo delle possibili situazioni di dissesto. In tal modo, il campione simulato presenta una variazione volumetrica che varia dai 7.2mc ai 10.8mc;

- Mappe della rugosità delle coperture rg70-rg20-rg10. Rappresentano tre mappe che identificano in modo statistico la rugosità delle coperture costituenti il pendio interessato dalle simulazioni, definita anche MOH. Tali parametri, valutati direttamente durante i sopralluoghi, rappresentano l'entità delle asperità incontrate da un blocco durante il rotolamento. I termini 70-20-10 rappresentano le percentuali di ricorrenza della rugosità riferita al numero di celle incontrate lungo la traiettoria di rotolamento (rg70 = rugosità riferita al 70% delle celle incontrate da un blocco lungo una determinata copertura es. detrito vegetato, rg20 = rugosità riferita al 20% delle celle incontrate da un blocco e rg10 = rugosità riferita al 10% delle celle incontrate da un blocco). Nello specifico, i valori inseriti variano da 0.00/0.05m (coltri erbose e superfici asfaltate) a 0.5/0.8m (detrito vegetato e/o con grandi blocchi), la cui distribuzione è stata svolta partendo dall'ortofoto con successiva conferma a seguito dei sopralluoghi;

- Mappa della soiltype. Si tratta di una mappa raster che identifica la tipologia di copertura incontrata dal blocco lungo la sua traiettoria ed il relativo coefficiente di restituzione normale (R_n) ad essa correlato, la cui distribuzione per l'area del modello è stata effettuata analogamente a quanto esposto per le mappe di rugosità;

Date le caratteristiche boschive del pendio ed in considerazione delle potenzialità del software che permette di considerare l'influenza della vegetazione sulle traiettorie dei blocchi, si è optato nell'inserire anche la copertura boschiva tra le variabili del modello, i cui parametri fondamentali sono:

- Mappa nrtrees. Rappresenta il numero medio di alberi per ettaro relativo al tratto di pendio in cui la cella è inserita. Si tratta di un numero medio e la sua stima viene svolta mediante valutazioni dirette svolte sul sito d'esame, per il quale è stata valutata densità variabile tra i 200 ed i 300 alberi per ettaro (escludendo le piante di piccole dimensioni);
- Mappa dbhmean. Identifica il diametro medio degli alberi misurato ad altezza d'uomo (DPU) riferito al tratto di pendio in cui la cella è inserita. Nel caso in esame, in riferimento alla densità di vegetazione precedentemente descritta, è stata considerato un diametro del fusto compreso tra i 30cm ed i 10cm;
- Mappa dbhstd. Identifica la deviazione standard della DPU, che per il caso di studio è stata quantificata in 5cm;
- Mappa conif_percent. Si tratta di una mappa raster che identifica la percentuale media di conifere all'interno dell'area in cui la cella è inserita. Data l'assenza di questa specie, la percentuale applicata al modello è pari a "0".

Alcuni dei parametri di ingresso sopra elencati ed altri ottenuti durante il processo di calcolo (Coefficiente R_n , diametro del blocco, massa del blocco e velocità di impatto) permettono di definire uno dei principali coefficienti utilizzati da Rockyfor3D, vale a dire la profondità di penetrazione del blocco in corrispondenza di un suo impatto con il terreno (D_p). Tale coefficiente, valutato dal lavoro di Pichler & all. 2005, permette a sua volta di calcolare la velocità del blocco dopo ogni rimbalzo tramite la definizione del coefficiente di restituzione tangenziale R_t . L'equazione che permette di valutare R_t , elaborata da Chaud & al. 2002, permette di correlare direttamente il diametro del blocco, la rugosità del pendio e la profondità di penetrazione del blocco dopo un suo impatto. In questo modo, a parità di valori di rugosità delle coltri interessate dalla simulazione e delle altre condizioni al contorno, si ottengono risultati molto diversi a seconda che si simuli un blocco di grandi dimensioni piuttosto che uno di piccole, senza ricorrere a coefficienti di restituzione ridotti per le volumetrie più alte. Inoltre, in relazione alle possibili variazioni locali delle coperture, nella fase di valutazione delle velocità pre e post impatto di un determinato blocco, i coefficienti di restituzione R_n e R_t vengono fatti variare del $\pm 10\%$.

Per quanto concerne la direzione di rimbalzo che identifica le traiettorie simulate, essa viene determinata inizialmente dall'esposizione della cella sorgente e successivamente dall'impatto del blocco contro la topografia o contro un albero (qualora sia presente) e dalla

velocità del blocco stesso. La deviazione possibile prima di un impatto del blocco in una determinata cella viene valutata mediante la generazione di un numero casuale che identifica la probabilità di deviazione di un blocco, a cui è associata una deviazione angolare compresa tra 0° e 55°. Nel complesso, ad alte probabilità equivalgono basse deviazioni angolari, mentre per basse probabilità si attendono alte deviazioni angolari, secondo l'analisi statistica svolta da Durren & all. 2006. Queste sono a loro volta classificate in funzione di 3 classi di velocità ($10\text{ms} > V$ – $10\text{ms} < V < 15\text{ms}$ – $V > 15\text{ms}$), identificando minori probabilità di alte deviazioni angolari in funzione dell'aumentare della velocità del blocco. Ulteriori considerazioni sul cambiamento di direzione vengono svolte in funzione della tipologia di impatto contro gli alberi (frontali, laterali e di striscio) a loro volta correlati alla volumetria dei blocchi ed ai parametri delle aree boscate.

Relativamente all'area di studio, sulla base di quanto fin qui esposto è stato creato un modello traiettografico 3D per rappresentare i possibili scenari di crollo che possono verificarsi in corrispondenza della falesia rocciosa di Parej, partendo dal settore interessato dai disaggi degli anni '80 (limite N), fino al culmine della falesia contro il versante boscato (limite S). Nel complesso, sono state predisposte un numero di celle sorgente tale da verificare ca 2'000 traiettorie distribuite omogeneamente lungo il settore di falesia testato.

L'analisi traiettografica identifica due direttrici principali di crollo, poste rispettivamente a S ed a N del dosso roccioso posto a NW del municipio. La direttrice S è incanalata lungo l'impluvio che termina a monte del municipio, con il fascio principale delle traiettorie che lambisce il fabbricato di quota 375m (parzialmente interessato dal crollo del 2011). Si osservano alcune singole traiettorie anomale, che tagliano a mezzacosta il versante per tratti molto lunghi sia a N che a S del flusso principale. Queste vengono ritenute poco attendibili e rappresentano il grado di incertezza del software e si ritiene pertanto che possano essere tralasciate, in quanto statisticamente irrilevanti se rapportate alla mole del campione simulato. Per quanto concerne gli arresti, la direttrice S presenta alti tassi di deposito del campione nel tratto di pendio subito a monte della pista forestale di quota 462m, con altri areali di accumulo nel tratto medio del pendio e la maggior parte degli arresti del campione all'altezza della piccola conoide posta al piede del pendio. Confrontando il modello con la distribuzione areale delle opere in progetto, si può notare che la direttrice S delle traiettorie simulate verrebbe efficacemente contenuta dal vallo in progetto.

A N del dosso roccioso si estende l'ampia fascia di traiettorie generate dal settore centrale della falesia rocciosa di Parej, le quali secondo il modello verrebbero deviate verso N da displuvio principale rappresentato dal dosso roccioso a NW del municipio e da un secondo di dimensioni più contenute posto posto più a N del precedente. Anche in questo caso si osserva una traiettoria anomala (Vd allegato 3D), la quale in termini statistici può essere ritenuta irrilevante se confrontata alla mole del campione testato. Nel complesso, si nota che il contenimento del flusso di traiettorie del fascio N è agevolato anche dall'andamento del pendio in corrispondenza del limite N dell'area di studio, dove la conformazione del pendio favorisce il direzionamento delle traiettorie sui terreni posti a monte dei fabbricati di Quincinetto. Dall'osservazione degli arresti, si nota una buona distribuzione dell'accumulo dei blocchi lungo il pendio, con la maggior parte del campione che si arresta al piede del versante, in corrispondenza del settore di pendio occupato dalle barriere in progetto.

Dall'interpretazione del modello, si deduce che, in relazione ai possibili scenari crollo ad opera della falesia di Parej, le opere in progetto si presentano ben posizionate. Inoltre, in considerazione dell'efficacia del dosso roccioso nel dividere i due flussi di traiettorie, si ritiene poco probabile che blocchi provenienti dalla falesia possano abbattersi nel settore centrale delle opere in progetto, presumibilmente dalla sezione n.27 alla n.36. Tali sezioni devono invece essere dimensionate sulla base delle situazioni di dissesto presenti subito a monte, lungo il dosso roccioso, permettendo così una più razionale spesa per le opere.

Per quanto concerne il dimensionamento delle opere in termini di altezze e velocità di impatto, si rimanda alle considerazioni dello studio traiettografico 2D, in quanto consente un maggiore dettaglio per la valutazione delle sollecitazioni sulle strutture rispetto a modello 3D.

Simulazioni di caduta massi 2D con applicazione del software RocFall 4.0

Sulla base di quanto esposto nella trattazione del modello 3D ed utilizzando la nuova base topografica a 2m, è stato eseguito un aggiornamento dello studio traiettografico presentato in sede preliminare per verificare l'efficacia delle opere proposte.

Lo studio ha visto in primo luogo una revisione dello studio di back-analysis dell'evento di crollo del 2011 per verificare la corretta taratura dei modelli. Questo si è reso necessario a seguito dell'aggiornamento della base topografica utilizzata nelle simulazioni, che essendo meglio definita richiede una calibrazione dei parametri di calcolo utilizzati in sede preliminare. Dato il maggior numero di vertici, si è provveduto ad applicare la standard deviation dei nodi

nei soli tratti di pendio boscato, in quanto maggiormente suscettibili di errore nella ricostruzione digitale della superficie topografica, dove si è applicato un valore di 0.1m. Sempre in relazione alla migliore discretizzazione del versante, è stata in questa fase applicata una correzione per la massa nelle simulazioni in cui si è utilizzato un blocco di progetto di 10mc. Questa agisce direttamente sui valori di R_n , che vengono scalati con una funzione il cui dato di ingresso è un valore della massa, che nel caso specifico è stato tarato in 3 volte il peso del blocco (79'500Kg). Tale scelta si è resa necessaria per rendere più realistico l'andamento del campione sul pendio, partendo dal presupposto che blocchi di grandi dimensioni ($Vol > 5mc$) non reagiscono agli impatti in termini di R_n nella stessa maniera dei blocchi di piccola taglia.

Inoltre, a differenza di quanto esposto in sede preliminare, per i profili di verifica delle sezioni di progetto si è provveduto ad inserire i rimodellamenti connessi alla realizzazione delle opere, i quali rispetto alle condizioni attuali possono modificare notevolmente l'andamento delle traiettorie nel settore basale del pendio.

Per quanto concerne gli altri dati di ingresso del programma, si rimanda a quanto già esposto in sede preliminare.

Profilo di Back Analysis: La simulazione ha cercato di ricreare al meglio l'evento di crollo che ha interessato le barriere paramassi e parte delle strutture pertinenziali del fabbricato rurale posto a 375m di quota. La nicchia di distacco è stata individuata in corrispondenza di un piccolo affioramento roccioso posto a valle della pista forestale, in destra idrografica dell'impiuvio che sfocia in corrispondenza della conoide detritica posta a monte del municipio. Dall'analisi della distribuzione degli arresti, si osserva che, alla progressiva del fabbricato rurale di quota 475m, si registra una percentuale di transiti pari al 83.8%, mentre in corrispondenza della strada comunale si osserva il 12.9%. La maggior parte degli arresti si concentra nel tratto di pendio compreso tra le quote 360m e 320m, in accordo con le caratteristiche morfologiche del pendio e dei depositi posti al piede del versante.

Sulla base dei risultati della verifica traiettografica di Back Analysis, si è provveduto ad impostare il processo di calcolo dei profili di verifica per le opere in progetto, riportati nel seguito.

Profili 1a-b-c (blocco di progetto 10 mc): Sulla base di quanto ottenuto dal modello 3D, sono stati impostati n.3 profili di verifica a sostituzione del profilo n.1 consegnato nel preliminare e chiamati rispettivamente 1a-b-c. Le 3 simulazioni rappresentano i possibili scenari di rischio ad opera di crolli provenienti dalla falesia di Parej, che, stando a quanto

evidenziato dal modello tridimensionale, interesserebbero principalmente il margine N delle opere in progetto, nel tratto compreso tra la Sez.47 e la Sez.39. Nello specifico, dato l'assetto morfologico locale del pendio che vede la presenza di alcuni terrazzamenti agricoli e numerosi rimodellamenti antropici legati alla messa in opera delle attuali barriere, si è scelto di impostare i profili di verifica 1a e 1b sulla sezione di progetto n.46, in quanto rispetto a quelle limitrofe è quella che presenta le condizioni più severe in termini di irregolarità morfologiche. Dall'analisi delle simulazioni 1a e 1b, si evidenzia che alla progressiva della barriera in progetto si registrano velocità al 95% tra i 16.7m/s ed i 17.2m/s, mentre le altezze di impatto sempre al 95% si attestano nell'ordine dei 2.0m e 2.6m. Stando allo schema di calcolo proposto dalla norma UNI11211-1, le energie cinetiche sollecitanti sull'opera variano dai 6'140.6kJ ai 6'513.8kJ, **contenibili con una barriera elastoplastica con prestazioni di almeno 8'000kJ** dimensionata al MEL. Le altezze di intercettazione, corrette con gli indici di aleatorietà del modello (coefficienti γ_{Tr} e γ_{Dp} applicati in forma cautelativa) e comprensiva del franco minimo, variano tra 2.7m ed i 3.4m, trascurabili in relazione all'altezza minima necessaria alla barriera per soddisfare i requisiti energetici richiesti. Il profilo 1c, posto poco a S dei precedenti, interessa la Sez.44 di progetto, la quale rispetto alla sezione n.46 è posta in un punto del pendio più regolare e pressoché privo di asperità morfologiche. Alla progressiva dell'opera in progetto si registrano delle velocità al 95% pari a 17.1m/s e altezze di impatto al 95% nell'ordine di 1.1m, quest'ultime di entità minore rispetto a quelle registrate nei profili precedenti proprio in relazione all'assetto più regolare del pendio. Ne deriva un'energia sollecitante di 6'438.2kJ, **per la quale risulta anche in questo caso sufficiente una barriera di almeno 8'000kJ** dimensionata al MEL e un'altezza minima dell'opera di 1.7m, anche in questo caso minore rispetto all'altezza minima necessaria alla barriera per garantire i requisiti energetici.

Profili 2a-b-c (blocco di progetto 6, 2 e 0,5 mc): A completamento di quanto visto in sede preliminare ed in considerazione dei risultati del modello 3D, in questa fase progettuale si è optato nell'eseguire n.3 profili di approfondimento in corrispondenza del dosso roccioso posto a NW del municipio. Come evidenziato dall'esame del modello 3D, l'assetto morfologico di questo tratto di pendio comporta la divisione del flusso delle possibili traiettorie di caduta provenienti dalla falesia rocciosa di Parej ai lati del dorso roccioso. Pertanto, le problematiche di caduta massi che interessano questo tratto di pendio hanno un carattere più locale e legato agli affioramenti rocciosi ed ai terrazzamenti agricoli ammalorati distribuiti tra le quote 310m e

360m. Nello specifico, **la simulazione 2a** intende rappresentare gli effetti di possibili cinematismi ad opera dalle **situazioni di dissesto n.19 e 20 (Vd allegato)**, per le quali è stato **scelto un blocco di progetto di 6mc**. Dall'analisi della simulazione, si nota che nonostante le esigue altezze di caduta dei blocchi, alla progressiva della sezione di progetto n.37 si registrano altezze al 95% di 3.1m, causate perlopiù dalla presenza dei terrazzamenti agricoli a monte dell'opera in progetto. Le velocità al 95% sono pari a 11.1m/s, **che equivalgono ad una energia sollecitante sull'opera di 1'893kJ, facilmente gestibili dalla barriera da 8'000kJ** che termina poco a S di questa direttrice di crollo.

In corrispondenza margine SE del dosso roccioso, sono stati impostati i profili 2b e 2c. Il primo rappresenta i possibili cinematismi di **volumi nell'ordine di 2mc** per distacchi dall'affioramento roccioso posto poco a monte dei terrazzamenti, in corrispondenza della sezione di progetto n.32, dove si è provveduto ad inserire i rimodellamenti previsti per la realizzazione della pista e delle barriere in progetto. Dall'analisi della traiettografia, si nota una forte influenza della trincea prevista a monte della pista sul moto di roto-saltazione dei blocchi, che arrestano la loro corsa o smorzano notevolmente le velocità di rotolamento in corrispondenza della trincea. Le traiettorie che riescono a superare per rimbalzo o rotolamento il rilevato della pista raggiungono la progressiva della barriera in progetto con velocità al 95% di 9.9m/s che equivalgono a 502kJ ed altezze di impatto minori di 0.5m. Pertanto, in considerazione della volumetria utilizzata, **risulta sufficiente una barriera da 1'000kJ** dimensionata al MEL con un'altezza minima corrispondente ai prodotti commercialmente disponibili sul mercato per una barriera con tali caratteristiche (3-4m). **La traiettoria 2c** segue il settore maggiormente acclive del dosso roccioso, che culmina direttamente a monte del fabbricato posto a NW del municipio, dove da progetto lungo la pista è prevista la realizzazione della prima piazzola di manovra, con la formazione di terrapieno largo ca. 7/8m (Vd. Sezioni 28-29 di progetto). Al fine di rappresentare al meglio i possibili cinematismi di caduta, **sono stati ricreati 3 scenari di rischio**, rappresentati rispettivamente dalla caduta di un blocco di 2mc dal coronamento della parete rocciosa, **da un distacco dal settore strapiombante della parete e la caduta di blocchi provenienti dei terrazzamenti agricoli ammalorati posti a monte**. In tutti i casi sono state ricreate le condizioni previste nella sezione di progetto n.29, dove analogamente a quanto visto per la n.32 è prevista la realizzazione di una trincea direttamente a monte della pista ma larghezza del terrapieno risulta maggiore per via della piazzola di manovra. Dall'osservazione delle simulazioni, si nota che nel caso di distacchi da parte del

coronamento buona parte del campione simulato si arresta direttamente all'interno della trincea o smorza notevolmente le velocità di caduta in corrispondenza della piazzola di progetto. Alcune traiettorie però, dopo l'impatto con il sedime della strada, continuano la loro corsa verso valle con un moto di rotolamento, guadagnando nuovamente energia a valle delle murature di sostegno della piazzola previste da progetto. Alla progressiva della barriera in progetto si registrano velocità al 95% nell'ordine dei 7.5m/s con conseguenti energie sollecitanti pari a 288.1kJ di e altezze di roto-saltazione nell'ordine dei 0.5m. **Ne deriva che la barriera da 500kJ** prevista da progetto dimensionata al MEL risulta sufficiente a trattenere i blocchi che superano la pista, mentre per quanto concerne le altezze di rimbalzo, in considerazione dell'aleatorietà del modello e delle possibili schegge che possono generarsi in corrispondenza degli urti sul sedime della pista, si suggerisce di considerare **un'altezza minima di 3m. Simulando possibili crolli in corrispondenza de settore strapiombante della parete**, si nota che l'entità della trincea riesce a trattenere con buona efficienza i blocchi caduti, i quali non continuerebbero la loro corsa verso valle. Considerando possibili crolli di porzioni di terrazzamenti agricoli disposti lungo il dosso roccioso, con pezzature dei blocchi nell'ordine dei 0.5mc, si nota osservando la simulazione che buona parte del campione si arresta a monte del settore strapiombante o all'interno della trincea a tergo della pista. Una percentuale dei blocchi simulati, dopo aver superato il coronamento impatta direttamente sul sedime della piazzola di manovra, continuando la loro corsa verso valle con un modo di roto-saltazione. Alla progressiva della barriera in progetto, si apprezzano velocità di transito al 95% pari a 10.9m/s che equivalgono a 152.1kJ di energia sollecitante e altezze di impatto sull'opera al 95% pari a 0.6m. Osservando la statistica sulle altezze, si notano alcune traiettorie che compiono dei rimbalzi eccessivamente sviluppati alla progressiva della barriera da 500kJ, tuttavia, si sottolinea che tali traiettorie ricadono nel 5% del campione escluso nel calcolo dimensionale della norma UNI. Sulla base di questi risultati, anche per questo scenario di rischio risulta sufficiente **una barriera da 500kJ** dimensionata al MEL **avente un'altezza minima di 3m**, in ragione delle possibili schegge non riproducibili nel modello traiettografico.

Profili 3a-b-c (blocco di progetto 10 mc): Partendo dalla base topografica DTM 2m, in questa fase progettuale si è scelto di aggiornare ed infittire le verifiche traiettografiche per il margine S dell'area oggetto di studio, dove si prevede la realizzazione di un vallo paramassi. Nello specifico, partendo dai risultati del modello 3D, è stato realizzato **il profilo 3a** lungo la direttrice di crollo che si concentra a S del dosso roccioso. Questa, dopo la parete di Parej, si

incanala lungo il settore di impluvio già interessato dalla direttrice di crollo del 2011 ed utilizzata in fase preliminare come back analysis. A valle, il profilo interessa il settore settentrionale della piccola conoide detritica fino ad arrivare alla sezione di progetto n.24, dove si prevede la demolizione dei terrazzamenti posti al piede del pendio, in quanto interferirebbero con la realizzazione del vallo e della pista in progetto. Dall'analisi della simulazione, si nota che buona parte del campione si arresta in corrispondenza della pista posta alla base della parete e lungo le asperità che caratterizzano il settore mediano del pendio. Le traiettorie che raggiungono la base del versante presentano rimbalzi tesi e velocità di transito al 95% sostenute pari a 18.5m/s, mentre le altezze di impatto al 95% si attestano intorno ai 2.4m. **Le energie corrette con gli indici previsti dalla norma UNI si attestano nell'ordine dei 7'540kJ, per le quali risulta necessaria la realizzazione di un vallo paramassi in quanto tale valore supera il valore di resistenza della barriera da 8.000 kJ corretto coi coefficienti di sicurezza richiesti.**

Il profilo 3b è stato impostato in corrispondenza della parete rocciosa posta a monte del fabbricato rurale di quota 375m ed interessa le sezioni di progetto n.21-22. In corrispondenza di quest'ultime, i rimodellamenti previsti modificano notevolmente l'andamento topografico del pendio, pertanto, le velocità e le altezze di impatto che si registrano alla progressiva dell'opera, appaiono notevolmente diverse rispetto a quelle che si avrebbero in assenza di rimodellamenti. Pertanto, a titolo cautelativo, si riportano i valori di velocità e altezza di impatto che si registrano in corrispondenza del margine di monte e di valle della trincea che si crea a monte del vallo in progetto, in modo da utilizzare quelli più cautelativi per il dimensionamento delle opere. Sulla base di tali considerazioni, in corrispondenza della sezione di progetto n.21 si osservano velocità di transito al 95% comprese tra 17.2 e 12.0m/s e altezze di impatto al 95% comprese tra 1.9 e 1.8m. **Considerando le condizioni più cautelative si ottengono delle energie sollecitanti per l'opera di 6'514kJ.**

La traiettoria 3c è stata impostata partendo dal margine di valle della falda detritica posta direttamente a monte della pista forestale ed interessa la parete rocciosa che si sviluppa a S dell'impluvio che costeggia il lato meridionale del fabbricato rurale di quota 375m, fino ad intersecare le opere in progetto alla sezione n.19. Dove analogamente a quanto descritto per le sezioni n.21-22, sono previsti importanti rimodellamenti del pendio che fanno variare molto le velocità di transito a seconda che si osservino a monte o a valle della trincea a tergo del vallo. **La verifica lungo questo profilo ha visto due scenari di crollo: il primo legato a possibili**

cinematismi della falda detritica con particolare attenzione ai blocchi posti a ridosso della pista forestale, la cui movimentazione verso valle può causare uno sciame di grossi blocchi (**Vol. >5mc cadauno**). **Il secondo scenario intende rappresentare possibili crolli ad opera della parete rocciosa** posta nel settore mediano del versante (blocchi da 10 mc). Nel primo caso, si osserva che buona parte del campione si arresta in corrispondenza della pista o nei tratti immediatamente a valle. I blocchi che raggiungono lo sperone roccioso riacquistano energia dirigendosi verso valle con traiettorie tese e bassi tassi di arresto lungo le coperture detritiche poste alla base dell'affioramento. All'altezza della sezione di progetto n. 19 si registrano velocità di transito al 95% variabili tra i 17.9m/s ed i 10.3m/s, mentre le altezze al 95% variano tra i 2.1m ed i 0.7m. Sulla base di tali valori ed in considerazione delle condizioni più cautelative, si ottiene una **energia sollecitante sull'opera pari a 7'055kJ**. Dall'osservazione dello scenario di crollo ad opera dello sperone roccioso posto a S del fabbricato rurale di quota 375m, si ottengono velocità di transito al 95% comprese tra i 17.5m/s ed i 9.6m/s, mentre le altezze di impatto al 95% variano tra i 2.1m ed i 0.6m, da cui deriva un'energia sollecitante nelle condizioni più cautelative di 6'743kJ. **In entrambi gli scenari descritti dal profilo di simulazione 3c, si rende necessaria la realizzazione di un vallo paramassi**, che, oltre a contenere le sollecitazioni energetiche fornite da singoli blocchi da 10mc, presenta una maggiore sicurezza anche in relazione a possibili impatti multipli di grandi volumi (Vol. > 5mc) generati da possibili movimentazioni di blocchi costituenti la falda detritica posta a monte della pista forestale, la quale ha già dato segni di attività in occasione del dissesto del 2010.

8 . ASSETTO STRATIGRAFICO E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Le informazioni in ambito geotecnico sono state dedotte, In assenza di specifiche indagini geognostiche basate su sondaggi, a partire dai risultati dell'indagine geofisica effettuata già in fase preliminare e dallo studio di dettaglio dell'assetto geomorfologico a seguito dei sopralluoghi eseguiti. E' stato possibile in questo modo ricostruire, ancorché in maniera indicativa ma sufficiente rispetto al tipo di opera in progetto e al quadro geologico in cui essa si inserisce, uno schema della stratigrafia relativamente al "volume significativo" di terreno interessato dai lavori. Su questa base sono state proposte, in ottemperanza a quanto richiesto dagli Uffici Regionali, una serie di sezioni geologiche in corrispondenza di quelle di progetto,

cercando di mediare e interpolare i dati dedotti dall'indagine geofisica e dalle osservazioni di terreno.

Riprendendo quanto già esposto nel progetto preliminare, si conferma quanto dedotto dalle indagini geofisiche svolte in quella sede, che evidenziano la presenza di una coltre di terreno vegetale potente ca. 1m, al disotto della quale si sviluppano depositi detritico-franosi legati all'attività di versante e caratterizzati da blocchi di varia pezzatura immersi in una matrice sabbioso-limosa, con presenza di frequenti blocchi lapidei di dimensione maggiore a 1 mc e di grandi trovanti lapidei di dimensione anche plurimetrica.

Non vi sono informazioni certe sulla quota del substrato roccioso, ad eccezione del settore centrale dell'area di studio, dove si osservano localizzati affioramenti che permettono di definire con maggiore sicurezza la possibile interferenza dello stesso con le attività previste dal progetto (vedi oltre).

Relativamente agli aspetti idrogeologici, le uniche informazioni certe sono legate ai settori di impluvio intersecati dalle opere in progetto, dove oltre ai piccoli corsi d'acqua provenienti da monte (non sempre attivi nell'arco dell'anno), si osservano limitati settori di terreni imbibiti.

Sulla base di tali informazioni ed in linea con quanto già esposto in sede preliminare, si indicano i seguenti parametri geotecnici per il dimensionamento delle opere in progetto, a carattere cautelativo e rappresentativo delle condizioni geotecniche locali:

Terreni compresi tra il p.c. e 1.5m di profondità

angolo di attrito 30 gradi,
coesione nulla,
peso di volume 1.7-1.8 t/mc (17-18 kN/mc).

Terreni posti oltre 1.5m di profondità

angolo di attrito 35 gradi,
coesione nulla,
peso di volume 1.9 t/mc (17-18 kN/mc).

In riferimento alle sezioni di progetto, si riportano nel seguito una serie di osservazioni di carattere puntuale:

Sezioni di progetto S1-S16: In questo tratto, si prevede la realizzazione della sola pista di accesso al cantiere, che sarà realizzata su terreni agricoli e richiederà la demolizione di una rimessa e di alcuni terrazzamenti. I rimodellamenti interesseranno le sole coltri superficiali, con la realizzazione di sterri e rinterri in funzione delle condizioni locali del pendio e la demolizione

di alcuni blocchi di crollo antichi. Da punto di vista idrogeologico, non si prevedono particolari problematiche nella realizzazione dell'opera.

Sezioni di progetto S17-S22: A partire dalla sezione n.17 si prevede la realizzazione del vallo paramassi, che richiederà importanti rimodellamenti sul lato di monte con la creazione di scarpate con angoli compresi tra i 40° ed i 45°, che richiederanno la demolizione dei grandi blocchi e dei terrazzamenti posti direttamente a monte del tracciato del vallo. Oltre ai depositi superficiali, le attività di scavo interesseranno anche i depositi detritici con la possibile interferenza di grandi volumi lapidei. Data la presenza del primo dei due impluvi presenti nell'area, si prevede l'interferenza con coltri imbibite che richiederanno alcuni accorgimenti progettuali e realizzativi al fine di limitare possibili destabilizzazioni della scarpata di monte.

Sezioni di progetto S22-S27: in questo tratto la realizzazione del vallo interesserà le coltri detritiche costituenti la piccola conoide posta a monte del municipio, sulla quale è stata condotta parte dell'indagine geofisica riportata in allegato. Analogamente al tratto precedente, si prevede la realizzazione di rimodellamenti lungo il lato di monte, con la creazione di scarpate a 40°-45° che richiederanno la demolizione di alcuni terrazzamenti. Oltre alle coltri superficiali, saranno interessati dallo scavo anche i depositi detritici con la possibile interferenza di grandi blocchi. Dato il contesto di impluvio tra le sezioni n.22 e n.23, con la presenza del piccolo ruscello proveniente da monte, si segnala la presenza di terreni imbibiti e la presenza di coltri sature a breve profondità dal p.c..

Sezioni di progetto S28-S32: Data la vicinanza con gli affioramenti rocciosi posti al piede del dosso morfologico che divide il settore S da quello N dell'area di studio, oltre ad interessare le coltri superficiali ed i sottostanti depositi detritici, gli sbancamenti in progetto potrebbero intercettare il substrato roccioso. Questo affiora poco a N del tracciato delle opere, dove forma piccole pareti, e direttamente a valle delle stesse, dove è presente un affioramento di roccia montonata che lambisce il fabbricato posto a NW del municipio. Stando ad una semplice analisi morfologica, si prevede che lo steso possa attestarsi a ca. 2m dal pc rispetto al tracciato della pista in progetto.

Sezioni di progetto S33-S47: Data l'assenza del vallo paramassi e della trincea direttamente a monte della pista, l'entità degli scavi previsti si presenta più modesto rispetto ai tratti precedenti. Questi interesseranno le coltri superficiali di terreno e solo marginalmente i depositi detritici posti al disotto. Tuttavia, data la realizzazione di reti paramassi che richiederanno la posa di micropali e ancoraggi, non si esclude l'interferenza del substrato roccioso a breve profondità in corrispondenza del margine meridionale del settore N dell'area

di studio. Ulteriori interferenze con le attività di perforazione possono provenire dalla presenza di grandi blocchi immersi nella matrice, che richiederanno tecniche di perforazione in roccia.

Inoltre, la limitata estensione dei rimodellamenti minimizza le interferenze con le direttrici di drenaggio superficiale presenti lungo questo tratto di pendio, le quali dovranno comunque essere considerate in sede progettuale.

Relativamente alla caratterizzazione del terreno rispetto alla normativa antisismica, si riportano i risultati dell'indagine sismica svolta in sede preliminare, che vedono una Vs30 compresa tra i 347m/s ed i 406m/s, con una quota del substrato avente Vs >800m/s posto a meno di 20 m di profondità, che determina un inquadramento del sito in una categoria sismica "E" (Vd rapporto di indagine in allegato).

9. CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI IN BASE ALLA NORMATIVA "TERRE E ROCCE DA SCAVO"

Relativamente agli aspetti inerenti alle terre e "rocce da scavo", sulla base di del D.lgs 152/2006 e dalla recente entrata in vigore del D.P.R. 120 del 06/2017, poiché i volumi interessati dal progetto sono inferiori ai 6'000mc, le attività previste si inquadrano nei "cantieri di piccole dimensioni". Pertanto, come previsto dall'art. 21 del D.P.R. 120, si rimandano alla fase di pre-cantierizzazione le analisi chimiche necessarie per attestare la conformità dei materiali di risulta per un loro utilizzo come sottoprodotti. In via preliminare, si indica di prevedere 3 siti di campionamento distribuiti lungo il tracciato delle opere in progetto, come indicato nella planimetria in allegato.

Tuttavia, in considerazione dello stato attuale dei luoghi, si premette fin d'ora che i materiali di risulta degli sbancamenti previsti dal progetto hanno prevalente carattere naturale e quindi presumibilmente privi di contaminazione. Relativamente al materiale lapideo interessato dalle attività di scavo, si ricorda che il substrato roccioso presente nell'area è costituito da micascisti eclogitici con intercalazioni di marmi, privi con ogni probabilità di minerali amiantiferi.

Pertanto, sulla base di tali premesse ed in attesa della definitiva conferma da parte delle analisi chimiche, si può prevedere un utilizzo presso il cantiere dei materiali di risulta degli scavi per la realizzazione delle opere in progetto (vallo e pista).

10. CONCLUSIONI E INDICAZIONI SUGLI INTERVENTI

Sulla base di quanto fin qui esposto ed in accordo con quanto già descritto in sede di progetto preliminare, si rileva che, nonostante i numerosi interventi di mitigazione del rischio di caduta massi attivi e passivi messi in opera dall'amministrazione negli ultimi 30 anni lungo il pendio a monte del concentrico di Quincinetto, persistono tutt'ora numerose criticità, evidenziate in tempi recenti dai crolli del 2010 e 2011.

Basandosi sugli studi condotti, si evidenzia che la maggiore fonte di rischio è la falesia rocciosa di "Parej" dove, nonostante i disgaggi eseguiti negli anni '80, sono ancora osservabili numerose delle situazioni di dissesto già censite dallo studio condotto dalla Eurock 1986. Oltre a queste, si segnalano le situazioni di dissesto individuate dalla scrivente lungo le coltri boscate ed in corrispondenza delle pareti rocciose minori distribuite nei settori maggiormente acclivi del versante.

Partendo dai possibili scenari di rischio ed in riferimento all'evento di crollo del 2011, è stato condotto un approfondito studio traiettografico 3D e 2D, che ha permesso il dimensionamento delle opere necessarie a mitigare il rischio da caduta massi per i fabbricati e le infrastrutture distribuite lungo il margine di monte dell'abitato (Vd sezioni precedenti per una trattazione approfondita). Dai risultati ottenuti, si evidenzia che lo spartiacque formato dal dosso roccioso posto a NW del municipio rappresenta un efficace elemento naturale di mitigazione del rischio, in quanto divide i flussi delle traiettorie provenienti da monte concentrandole in due macro settori posti rispettivamente a N ed a S dello stesso. A S, le energie e le altezze di rimbalzo ottenute dalle simulazioni, confermano la necessità di predisporre un vallo paramassi capace di resistere ad impatti con energie sollecitanti nell'ordine dei 7'500kJ. A N dello spartiacque, data la differente conformazione del pendio, si ottengono energie inferiori, nell'ordine dei 6'500kJ, per le quali risultano sufficienti le barriere eleasto-plastiche di ultima generazione progettate per sollecitazioni al MEL da 8'000kJ.

Nel settore centrale dell'area di studio, in corrispondenza del settore di displuvio fornito dal dosso morfologico, la progettazione delle opere è stata impostata sulla base delle situazioni di dissesto locali presenti lungo gli affioramenti ed i terrazzamenti agricoli distribuiti lungo questo tratto di pendio, che hanno permesso di definire un blocco di progetto più contenuto. In corrispondenza di tali settori, dall'analisi dello studio traiettografico risulta sufficiente la messa in opera di una barriera elastoplastica da 1'000kJ con altezza nell'ordine dei 4m. Essa, se abbinata ai rimodellamenti previsti dal progetto (trincea a monte della pista), permette una

buona mitigazione del rischio in relazione alla magnitudo dei dissesti attivabili direttamente a monte del tracciato delle opere.

La distribuzione di quest'ultime, oltre a basarsi sui risultati dello studio traiettografico, è stata impostata cercando di minimizzare per quanto possibile l'impatto ambientale sugli appezzamenti posti al piede del pendio, massimizzando il recupero del materiale presente in loco e razionalizzando la spesa in modo da offrire la massima protezione con le risorse messe a disposizione dell'amministrazione.

In riferimento a quanto già esposto nel paragrafo degli aspetti geotecnici (Vd. sezioni precedenti) ed in considerazione della diversificazione degli interventi proposti, si elencano nel seguito alcune osservazioni di interesse ai fini progettuali:

-Sezioni di progetto S1 - S17: relativamente al tratto di accesso della pista di cantiere, non si prevedono particolari problematiche realizzative in relazione alla natura geotecnica delle coltri interessate. Nel tratto iniziale, l'entità degli sterri e rinterri risulta esigua e limitata alla creazione di superfici idonee per il passaggio dei mezzi di cantiere. A partire dalla sezione n.10, l'andamento irregolare del pendio richiederà la demolizione di alcuni grandi blocchi di crollo posti al piede del pendio, per i quali si indica di porre la massima attenzione al fine di non incorrere in destabilizzazioni delle coltri di monte. Oltre alle demolizioni, sono previsti diversi tratti in rilevato per portare la pista alla giusta quota di progetto. Per tali tratti, data l'assenza di terre rinforzate, si indica di rispettare i parametri geotecnici indicati nelle sezioni precedenti.

-Sezioni di progetto S17 – S27: in questo tratto è prevista la realizzazione del vallo paramassi dimensionato sulla base dei risultati dello studio traiettografico (Vd sezioni precedenti). In primo luogo, la realizzazione del vallo richiederà la demolizione dei grandi blocchi di crollo posti al piede del pendio e dei terrazzamenti agricoli posti immediatamente a ridosso della struttura. Tali attività risultano necessarie per massimizzare l'efficacia del vallo, evitando la presenza di morfologie di carattere locale che possano influenzare l'andamento delle traiettorie di caduta dei blocchi, con conseguenti proiezioni oltre il rilevato. Lungo il lato di monte si prevede la realizzazione della pista di cantiere, di larghezza pari a 3m che richiederà la predisposizione di scarpate con angoli compresi tra i 40° ed i 45°. Nei tratti i cui gli sbancamenti previsti raggiungano altezze maggiori di 5-8m, si suggerisce di proteggere le superfici esposte con la posa di geo jute per evitare dilavamenti e destabilizzazioni delle coltri superficiali. Si ricorda che le attività di sbancamento e rimodellamento interesseranno depositi detritici con la presenza di trovanti lapidei anche di grosse dimensioni, che ai fini dello scavo richiederanno tecniche di scavo in roccia. Per quanto concerne l'assetto idrologico delle coltri,

si sottolinea che il tracciato del vallo interseca un primo impluvio (attivo solo saltuariamente) all'altezza delle sezioni n.17-18, mentre il secondo impluvio (di maggiore entità e solitamente attivo) si attesta tra la sezione n.21 e 22 di progetto. Al fine di non limitare l'efficienza delle aste di drenaggio, si richiede di predisporre adeguati sistemi di attraversamento delle acque di ruscellamento, che dovranno essere tombinate e smaltite a valle del rilevato nelle attuali canalizzazioni. A tal fine si prevede la posa di tubazioni Ø100 cm, che, in assenza di uno specifico studio idrologico, sono considerate sufficienti in base a quanto potuto osservare e all'attuale dimensionamento dei canali di deflusso. In corrispondenza del margine N e S della pista di cantiere, dovranno essere predisposti adeguati sistemi di drenaggio (Vd sez. 28 di progetto) per far defluire in sicurezza le eventuali acque accumulate a tergo del vallo a seguito di eventi meteorici particolarmente intensi o ostruzioni dei sistemi di smaltimento precedentemente menzionati. Relativamente all'assetto idrogeologico, la struttura interna del basamento del vallo risulta sufficientemente permeabile da non rappresentare una barriera per le acque di infiltrazione provenienti da monte. Le stesse dovranno invece essere considerate durante la fase di scavo e approfondimento soprattutto all'altezza delle sezioni di progetto n.21 e n.22, dove gli scavi potrebbero risentire della presenza di importanti percolazioni nelle coltri superficiali. Infine, per quanto concerne l'inquadrimento geotecnico delle coltri, si rimanda all'apposito capitolo con indicati i parametri geotecnici dei materiali per un corretto dimensionamento e verifica delle fondazioni del rilevato.

-Sezioni di progetto S28 – S32: Data la vicinanza con gli affioramenti rocciosi costituenti il dosso morfologico posto a NW del municipio e la presenza della trincea lungo il lato di monte della pista di cantiere, è possibile l'interferenza del substrato roccioso nelle attività di scavo previste per questo tratto, dove si suppone una quota parte di scavo in roccia variabile tra il 20% ed il 50%. Il rilevato della pista, dato l'assetto morfologico del pendio, dovrà essere realizzato in terre rinforzate, mentre per i tratti in cui si prevedono semplici accumuli di riporto, si richiede di rispettare i parametri geotecnici indicati nelle sezioni precedenti. Per i settori di pista impostati su terrazzamenti agricoli esistenti, si richiede di porre la massima cautela nelle fasi realizzative delle opere, prevedendo eventuali rifacimenti dei muretti a secco qualora lo stato di degrado non risulti compatibile con i carichi imposti dalla pista di cantiere. Relativamente alla posa delle barriere paramassi previste dal progetto e per le quali si rimanda alle verifiche traiettografiche per il loro dimensionamento, si sottolinea che le stesse saranno posizionate a valle della pista di cantiere. Tale posizione permette di intercettare i blocchi provenienti da monte non trattenuti dalla trincea e al contempo rappresenta una protezione

nella fase realizzativa della pista di cantiere per i fabbricati e le infrastrutture posti a valle.

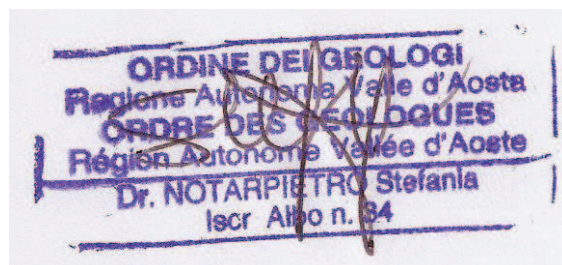
-Sezioni di progetto S33 – S47: Quest'ultimo tratto di opere è interessato dalla posa delle due file di barriere da 8'000kJ, per le quali si renderà necessario il prolungamento della pista di cantiere in direzione N fino alla seconda piazzola di manovra. I rimodellamenti connessi alla posa delle barriere risultano modesti, mentre quelli per la realizzazione della pista richiederanno locali sterri e rinterri con demolizione di terrazzamenti agricoli. Dato l'assetto morfologico del pendio, non si prevedono particolari criticità dal punto di vista geotecnico, tuttavia l'aleatorietà del modello richiede alcune cautele nella progettazione dei micropali e degli ancoraggi di fondazione delle barriere. Pertanto, come esposto nelle sezioni precedenti, si suggerisce in via cautelativa di considerare un angolo di attrito di 35° per le coltri poste a profondità maggiori di 1.5m. In fase realizzativa delle opere tali considerazioni potranno essere riviste in funzione dell'andamento delle perforazioni. Sempre in riferimento alla natura detritica delle coltri, si suggerisce di considerare la possibilità di utilizzare degli ancoraggi a doppio bulbo (ancoraggi con camicia) qualora si rendessero necessari nella fase realizzativa delle barriere. Relativamente all'assetto idrogeologico, la natura delle opere non presenta particolari problematiche per il deflusso superficiale delle acque, per le quali non si prevedono particolari accorgimenti. Durante le fasi realizzative dell'opera è prevista la predisposizione di una barriera provvisoria da 500kJ in testa muro lungo tutta la strada comunale fino a coprire anche il supermercato, al fine di mettere al riparo i fabbricati e la viabilità da possibili crolli accidentali dei terrazzamenti disposti lungo il pendio.

Oltre alle attività inerenti alla posa delle barriere passive, il progetto prevede un intervento di sistemazione localizzato in corrispondenza della falda detritica posta a ridosso della pista forestale nei tratti già interessati da dissesto nel 2010. Nello specifico si prevedono interventi puntuali di demolizione e riduzione volumetrica di alcuni blocchi di maggiori dimensioni e in precarie condizioni di equilibrio, al fine di evitare una loro eventuale movimentazione incontrollata verso la pista ed il sottostante pendio qualora venisse a mancare loro l'appoggio al piede in caso di assestamenti della massa detritica.

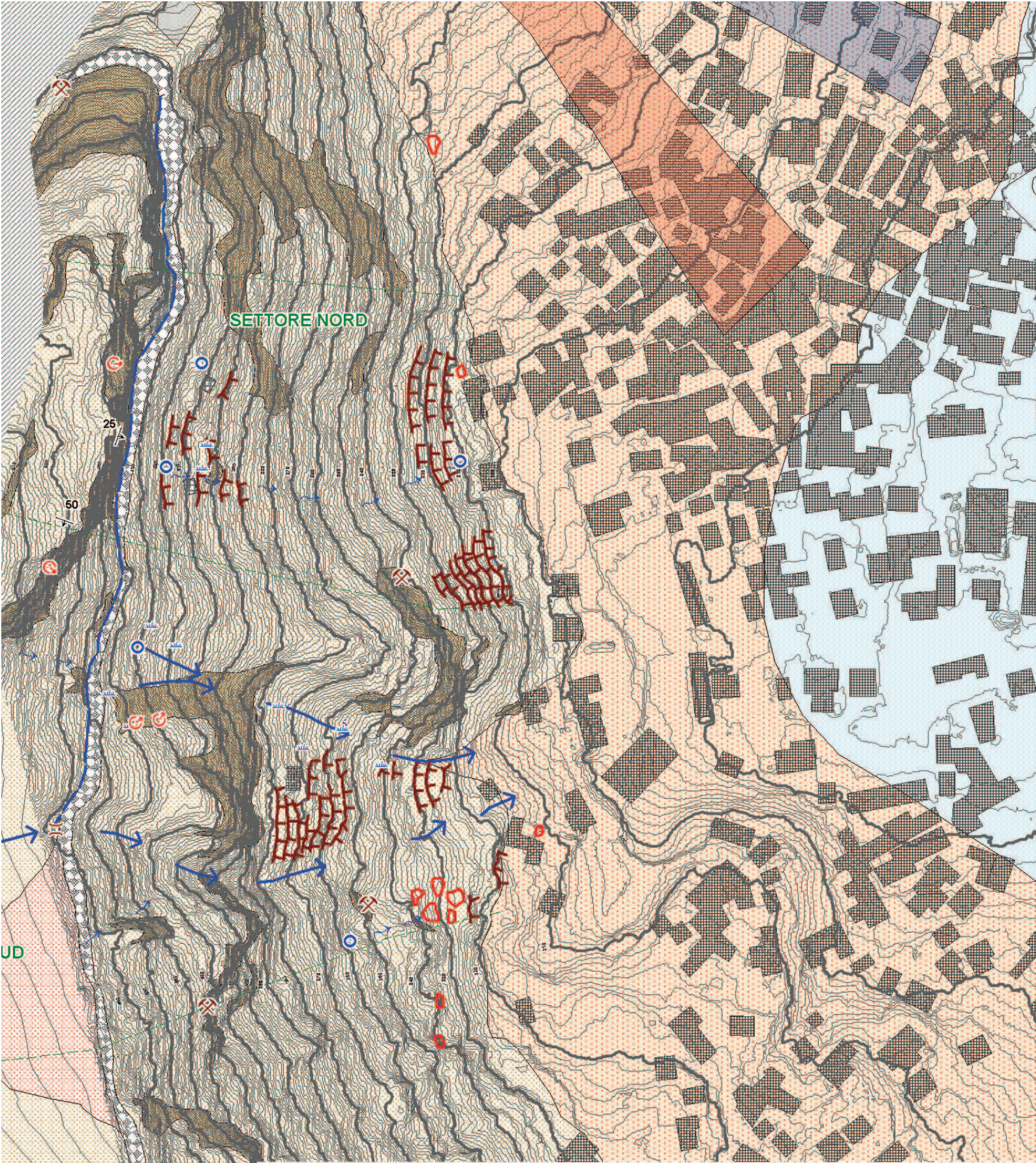
Si raccomanda di limitare tali operazioni ai soli blocchi sporgenti dalla massa e su di essa posati, evitando quindi di destabilizzare porzioni di accumulo a monte degli stessi. Il marino derivante dalle demolizioni dovrà essere distribuito in forma omogenea lungo il piede della falda detritica, in modo da "alleggerire" i carichi attualmente presenti e migliorare l'attuale stato di incastro dei blocchi. Date le attuali condizioni di dissesto, per svolgere queste attività si

suggerisce l'impiego di mezzi leggeri e lavorazioni condotte da operai specializzati.

Aosta, 21 marzo 2018



ALLEGATO CARTOGRAFICO



CARTA GEOLOGICA-GEOMORFOLOGICA

LEGENDA

Elementi antropici

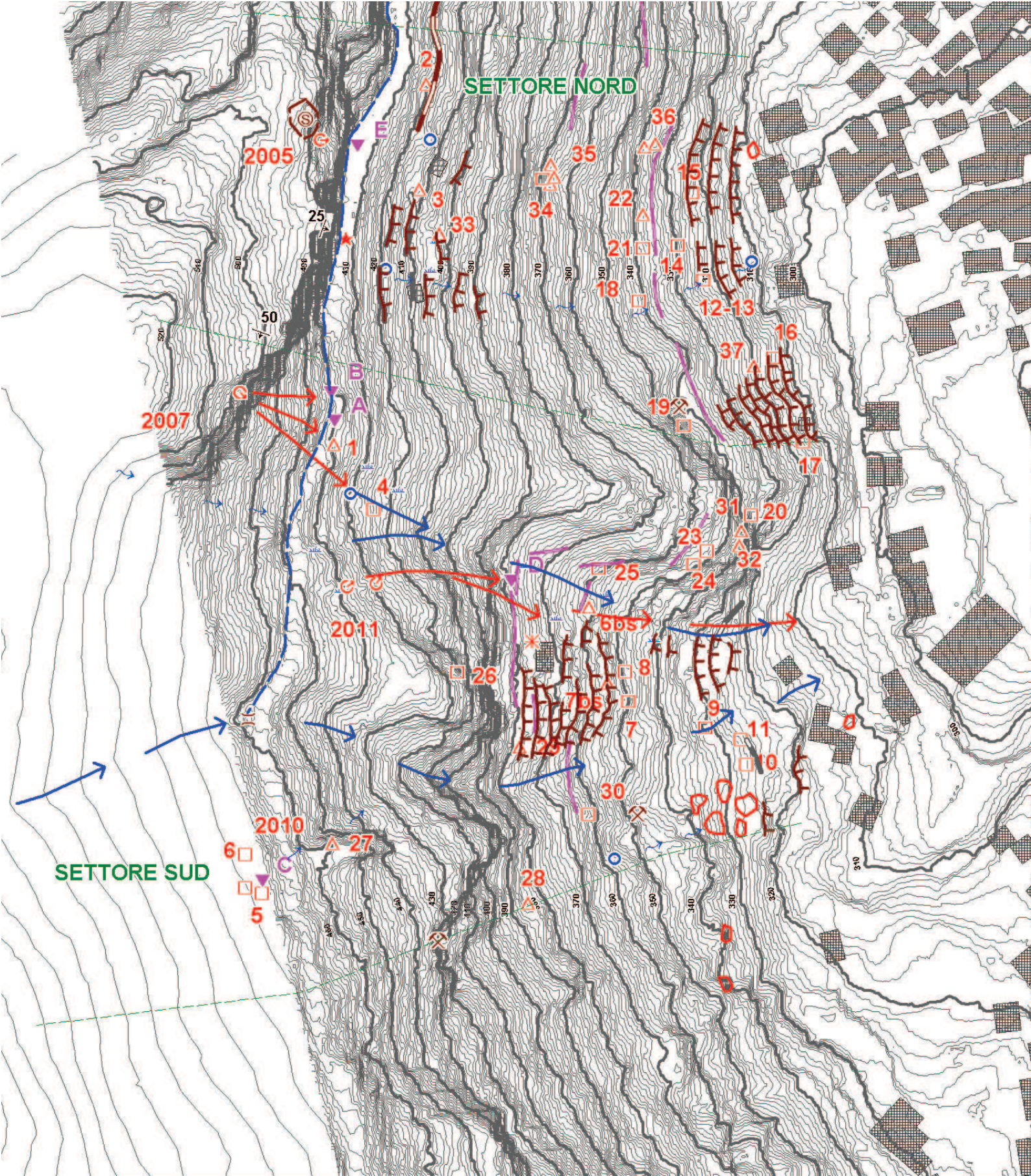
-  Area di cava dismessa
-  Canale di gronda
-  Sorgente
-  Attraversamenti
-  Terrazzamenti agricoli (rappresentazione indicativa)
-  Limiti settori di studio Nord e Sud

Elementi lineari

-  Principali linee di de
superficiali.

Coperture

-  Conoide
-  Depositi di conoide



LEGENDA

Dissesti



Sorgente



Canale di gronda



Principali linee di deflusso delle acque superficiali.



Direttrici di deflusso secondarie



Terreni imbibiti



Direttrici di caduta



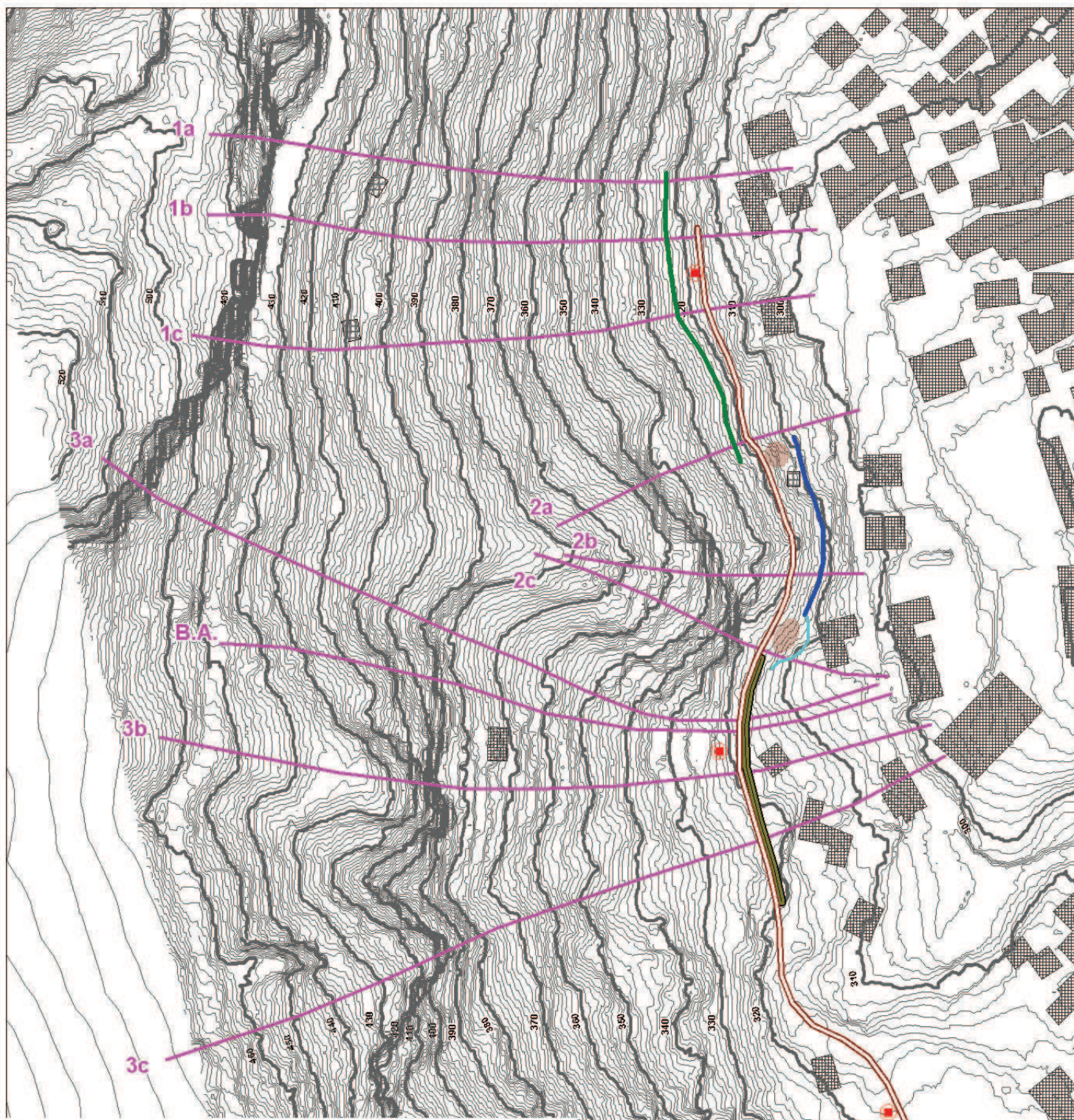
Fenomeni di dissesto recente con data del fenomeno



Area di cava dismessa



Substrato roccioso



Planimetria opere in progetto

LEGENDA

SCALA 1:2'000

Verifiche traiettografiche

1a Profili verifiche traiettografiche

Opere in progetto

Punti di campionamento per caratterizzazione Terre e Rocce da scavo (DPR 120 13.06.17)

Pista di cantiere in progetto *

Piazzole di manovra in progetto *

Barriera paramassi 500kJ *

Barriera paramassi 1'000kJ *

Barriera paramassi 8'000kJ *

Tracciato vallo paramassi *

* Rappresentazione indicativa, fare riferimento alle planimetrie di progetto

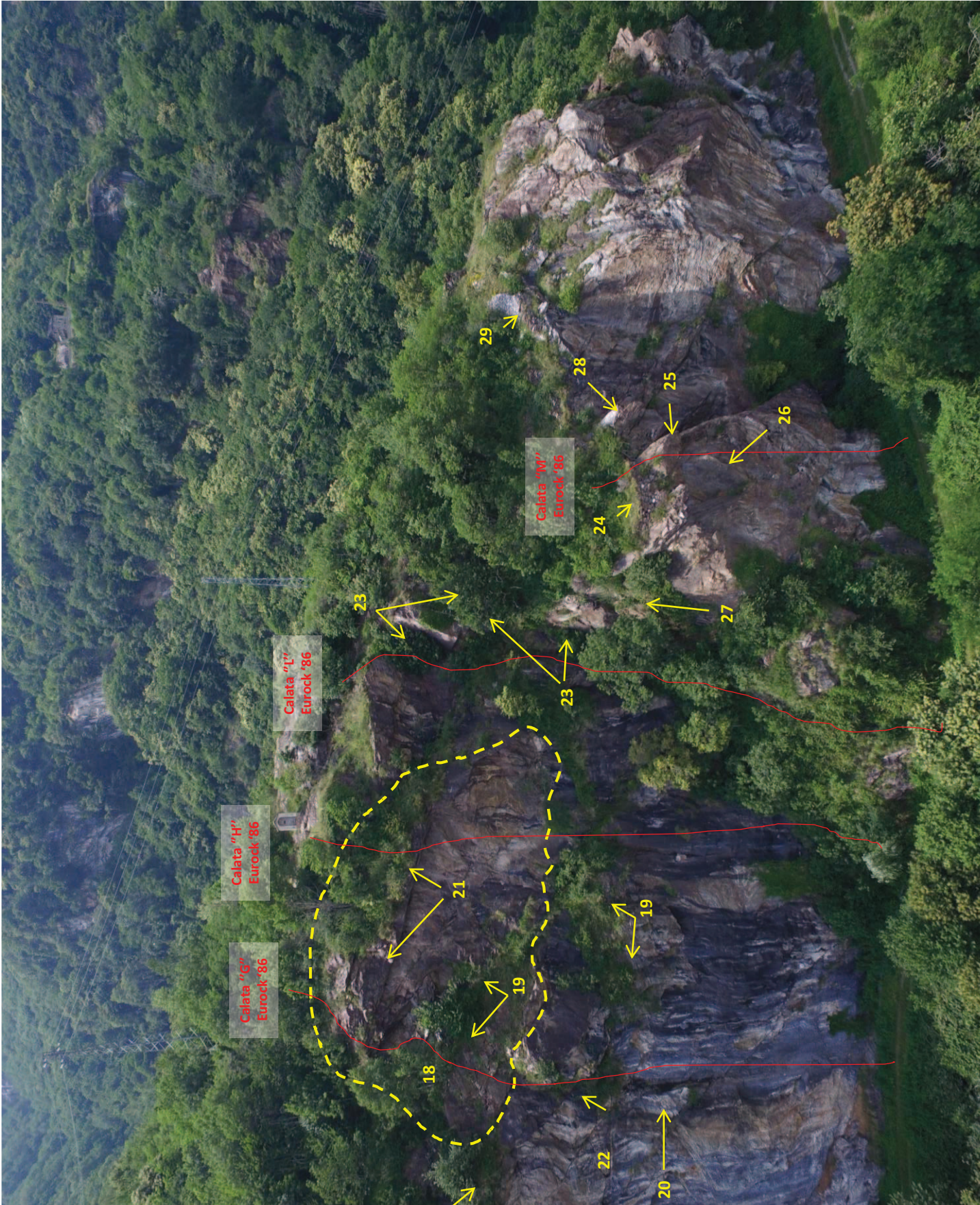
ALLEGATO SITUAZIONI PARETE PAREJ

	rapporto sulla parete rocciosa commissionato dalla ditta Bertino S.p.a. (1987)
ro Bellini	Relazione geologica sull'evento franoso del 14/10/2005 in loc. Parey (2007)
olognini	Studio di fattibilità lavori di realizzazione di opere di difesa abitato dalla cauta massi (2013)
iretti (S.D.)	Sopralluoghi diretti dallo scrivente nel quadro del dell'incarico in oggetto

Principali situazioni di diss		
N	Descrizione	Vol./Vol comp (mc)
1	Sperone sommitale	2,0
2	Serie di scaglie in fessura	3
3	Frattura con blocchi isolati	1
4	Blocchi instabili	1-2
5	Lama staccata	2
6	Sperone strapiombante	5/150 comp.
7	Nicchia di distacco recente	6
8	Blocchi disarticolati	0,5
9	Comparto fratturato con vegetazione	0,5-1
10	Piano di fratturazione parallelo alla parete	0,5-1
11	Placca alla base	6
12	Massi disarticolati	0,5-1
13	Naso strapiombante con fratture	5/50 comp.
14	Blocco staccato o in precarie condizioni	6
15	Comparto strapiombante notevolmente fessurato	5/150 comp
16	Muretti ammalorati Sul ciglio della parete	0,5 max
17	Profonde fenditure con stillicidio	-



		Spedizione sulla parete rocciosa commissionato dalla ditta Bertino S.p.a. (1987)
ro Bellini		Relazione geologica sull'evento franoso del 14/10/2005 in loc. Parey (2007)
olognini		Studio di fattibilità lavori di realizzazione di opere di difesa abitato dalla cauta massi (2013)
iretti (S.D.)		Sopralluoghi diretti dallo scrivente nel quadro del dell'incarico in oggetto



Principali situazioni di diss		
N	Descrizione	Vol./Vol comp (mc)
18	Comparto roccioso intensamente fratturato e degradato, oggetto di monitoraggio e di interventi di disaggio.	8-10/600 comp.
19	Instabilità di blocchi legata alla vegetazione	0,5-1
20	Fessura-Lama disarticolata	6-8
21	Grande tetto con settori disarticolati	0,5-5
22	Nicchia crollo 2005	4
23	Blocchi disarticolati	6
24	Muro a secco spanciato	0,1
25	Tetti sporgenti da 5 a 7m	>5
26	Grande diedro con fratture di tensione	5/45 comp.
27	Lama laterale alla parete della calata	5-10/70 comp.
28	Comparto roccioso aggettante fessurato	10-12/60 comp.
29	Muretti a secco ammalorati	0,1

		Spedizione sulla parete rocciosa del monte di S. Martino (1987)
ro Bellini		Studio sul grado di sicurezza della parete rocciosa commissionato dalla ditta Bertino S.p.a. (1987)
olognini		Relazione geologica sull'evento franoso del 14/10/2005 in loc. Parey (2007)
iretti (S.D.)		Studio di fattibilità lavori di realizzazione di opere di difesa abitato dalla cauta massi (2013)
		Sopralluoghi diretti dallo scrivente nel quadro del dell'incarico in oggetto



Principali situazioni di diss		
N	Descrizione	Vol./Vol comp (mc)
24	Muro a secco spanciato	0,1
25	Tetti sporgenti da 5 a 7m	>5
28	Comparto roccioso aggettante fessurato	10-12/60 comp.
29	Muretti a secco ammalorati	0,1
30	Blocchi appoggiati sulla parete a franapoggio	3
31	Blocchi instabili mossi dalla vegetazione	1-3

ALLEGATO FOTOGRAFICO

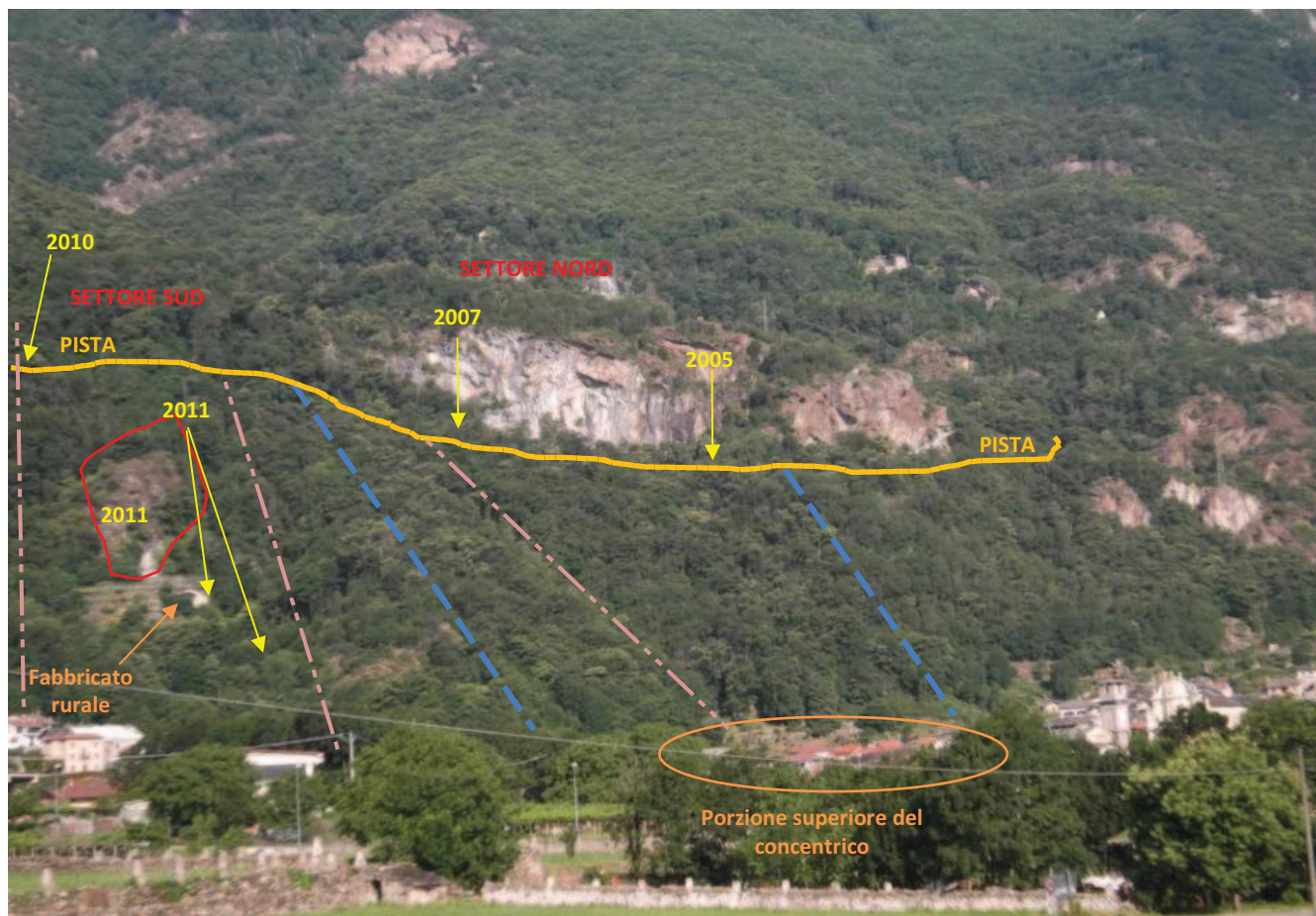


Foto 01 – Panoramica del versante a monte del concentrico di Quincinetto. Sono evidenziate le principali pareti rocciose (rosso), i fenomeni di crollo verificatisi con l'anno di avvenimento (giallo), i principali crinali (tratteggio blu) ed i maggiori impluvi.



Foto 02 – Panoramica ripresa da monte del pendio gravante sui fabbricati della porzione superiore del concentrico



Foto 03 – Particolare della parete rocciosa costituita da marmi nella porzione inferiore e da micascisti in quella superiore. Si noti l'evidente cerniera di piega plurimetrica evidenziata dall'asse indicato con il tratteggio



Foto 04 – Particolare della parete rocciosa nel quale è rappresentato il contatto tra micascisti e marmi, in questi ultimi sono riconoscibili una serie di pieghe chiuse, da pluricentriche a metriche



Foto 05 – Blocco 1 di marmo di 0.3mc sul lato di valle della strada poderale molto probabilmente relativo al fenomeno di crollo avvenuto nel 2007



Foto 06 – Blocco 2 di 0.47mc sul lato di monte del rilevato costruito lungo il pendio negli anni '80 a quota 420 m circa



Foto 07 – Blocco 3 di 0.55mc posto in prossimità del fabbricato a quota 410 m



Foto 08 – Blocco 4 lastriforme di 7,2mc lungo il sentiero relativo al fenomeno di crollo avvenuto nel 2007



Foto 09 – Blocco 5 di ca 12mc in corrispondenza della pietraia a monte della strada poderale alla quota 500 m. Questo settore è stato interessato da fenomeni di crollo nel 2010



Foto 10 – Blocco 6 di ca 30mc in corrispondenza della pietraia a monte della strada poderale alla quota 500 m



Foto 11 – Blocco 6bis di 1mc presso una rete paramassi a quota 365 m., probabilmente legato al crollo del 2011.



Foto 12-12 bis – Blocco 7 lastriforme di 5.6mc lungo il sentiero alla quota 360 m



Foto 13 – Blocco di circa 1mc costituente un muro a secco instabile.



Foto 14 – Blocco 7bis di 0,7mc



Foto 15 – Blocco 8 di 5,4mc



Foto 16 – Blocco 9, antico, di 7.2mc posto su un terrazzamento alla base del versante



Foto 17 – Blocchi 10 e 11 di 6.25mc e 9.4mc rispettivamente



Foto 18 – Blocchi 12 e 13 di 6.25 e 6mc



Foto 19 – Blocco 14 di 8.8mc



Foto 20 – Blocco 15 di 5.35mc in corrispondenza di un terrazzamento a monte delle case.



Foto 21 – Blocco 16 di 22.5mc posto alla quota 320 lungo il versante



Foto 22 – Blocco 17 di 6mc



Foto 23-23bis – Blocco 18 di 6.75mc monitorato con fessurimetro. Si apprezza uno spostamento centimetrico



Foto 24-24 bis – Blocco 19 di 12 mc. Si tratta di comparto roccioso fratturato e disarticolato, posto alla base della balza rocciosa alla quota 360 m, attualmente incastrato e difficilmente mobilizzabile. A monte è presente un volume fessurato alla base (freccia rossa - 6 mc – blocco 19 bis) ripreso nella foto sotto.



Foto 25 – Blocco 20 di 2 mc. Si tratta di un comparto roccioso con alla base uno strapiombo legato ad una nicchia di distacco recente, posto alla base della balza rocciosa a quota 335 m ca.



Foto 26 – Blocco 21 di 3,12mc a monte di una rete paramassi



Foto 27 – Blocco 22 di 1mc



Foto 28 – Blocco 23 di 0.5mc generato dall'instabilità di muri a secco.



Foto 29 – Blocco 24 di 0.5mc derivanti dal disfacimento di muri a secco



Foto 30 – Blocco 25 di 0.8mc

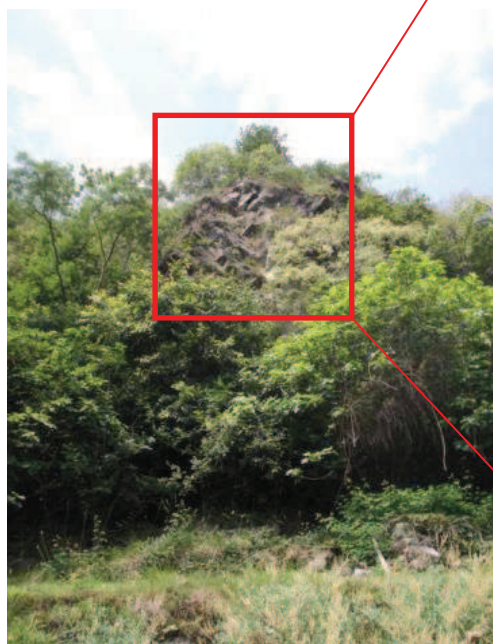


Foto 31 – Blocco 26 di circa 1-2mc. Volumi rocciosi aggettanti e potenzialmente instabili affioranti lungo la parete rocciosa a quota 400 m



Foto 32 – Margine meridionale della falda detritica di quota 500m, dove sono presenti numerosi blocchi con volumetrie maggiori di 5mc in precarie condizioni di stabilità direttamente a monte della pista di accesso alla vasca dell'acquedotto. Vedi anche foto 9-10.



Foto 33 – Differente prospettiva del margine meridionale della falda detritica di quota 500m. In evidenza l'accatastamento di grandi blocchi da cui si è generato il dissesto del 2010.



Foto 34 – Margine settentrionale della falda detritica di quota 500m, con blocchi di pezzatura variabile fino a ca.20mc. (vedi anche foto 9-10).



Foto 35 – Blocco 27 di ca. 1mc al piede dell'affioramento roccioso posto subito a valle della pista poderale.



Foto 36 – Finestra di cava posta in un tratto strapiombante del versante, a valle della pista poderale, caratterizzato da diffusi affioramenti rocciosi localmente anche molto fratturati.



Foto 37 – Blocco 28 di ca. 0.2mc, molto recente, incastrato nella vegetazione al piede della parete rocciosa di cui alla foto 36.



Foto 38 – Blocco 29 di ca. 0.6mc, recente, a pochi metri a sud delle barriere paramassi esistenti presenti a meridione del fabbricato di quota 375m.



Foto 39 – Blocco 30 di ca. 2.6mc, relativamente recente, poco a valle delle barriere paramassi presenti a sud del fabbricato di quota 375m.



Foto 40-41 – Situazione 31. Comparto roccioso fratturato alla sommità della balza rocciosa q. 365 m ca. suddiviso in blocchi da 0,5-1 mc max

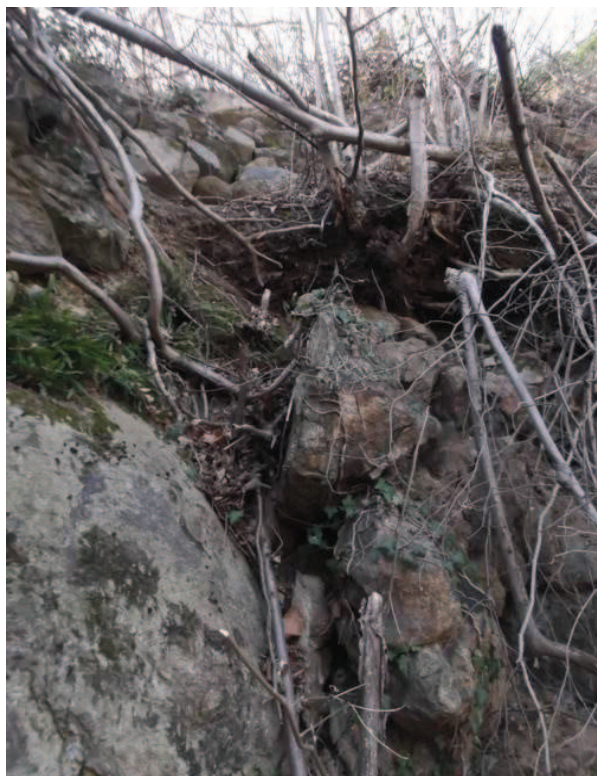


Foto 42 – Blocco 32. Blocchi (0,1-0,2 mc) in precarie condizioni di equilibrio alla sommità della balza rocciosa q. 365 m ca. A monte il muro del primo terrazzamento presente sopra la balza.



Foto 43 – Terreno fortemente imbibito nel settore poco a valle dell'antico fabbricato rurale q. 410 m ca..



Foto 44 – Blocco 33 (0,7 mc) appoggiato ad un albero posto poco a nord della casa rurale a q 400 m ca.



Foto 45-46-47 – Situazione 34-35. Settore di affioramento roccioso disarticolato, con blocchi isolati da ampie fessurazioni (comparto roccioso da 30-40 mc e blocchi 10-20 mc) posto a q. 380 m ca.. A valle è presente una falda detritica recentemente alimentata (foto sotto) con blocchi di volume fino a 0,5 mc.





Foto 48-49 – Situazione 36. Settore di affioramento roccioso disarticolato posto in prossimità del piede del versante, caratterizzato da comparti e volumi isolati da ampie fessurazioni. A valle è presente una falda detritica recentemente alimentata (foto sotto) con blocchi di volume fino a 1-2 mc.



Foto 50 – Situazione 37. Esempio di muratura di terrazzamento in disfacimento, posta poco a monte della strada comunale presso il municipio. Sono presenti in questo caso blocchi pericolanti di volume fino a 0,1 mc.



Foto 40 – Particolare del tratto strapiombante del dorso roccioso posto poco a monte del fabbricato di quota 375m, dove si evidenziano i terrazzamenti agricoli al piede della roccia e le barriere paramassi esistenti a protezione del fabbricato.



Foto 41 – Vista del dorso roccioso che sorge NW del municipio, dove si osservano piccoli affioramenti rocciosi e terrazzamenti agricoli dismessi su più livelli. Quest'ultimi sono presenti anche all'interno dell'impluvio che delimita il margine meridionale dell'affioramento.



Foto 42 – Particolare delle bancate rocciose lungo il margine settentrionale del dorso roccioso a monte del municipio, dove nascoste dalla vegetazione si osservano limitati affioramenti strapiombanti di roccia fratturata.



Foto 43 – Panoramica del piede del versante relativo al settore sud dell'area di studio, con evidenziati i principali tratti morfologici.

DISSESTI RECENTI DOCUMENTATI



Foto 44 – Blocco E (rimosso) di ca 4mc legato al fenomeno di crollo del 2005 che ha coinvolto la viabilità di accesso alla vasca (fotografie tratte da Bolognini)



Foto 45 – Blocchi A e B (rimossi) da 0,4 a 2mc corrispondenti al dissesto avvenuto nel maggio 2007 lungo la viabilità di accesso alla vasca (fotografie tratte da Bolognini)



Foto 46 – Blocco C (rimosso) da ca 2mc corrispondente al fenomeno di crollo avvenuto nell'aprile 2010 (fotografie tratte da Bolognini)



Foto 47 – Blocco D di circa 1,5-1,8mc intercettato dalla rete paramassi durante il fenomeno di crollo avvenuto nel 2011 (fotografie tratte da Bolognini). Blocco rimosso o mascherato dalla fitta vegetazione

ALLEGATO STUDIO TRAIETTOGRAFICO

TRAIETTOGRAFIE 3D

APPROFONDIMENTO DEL FENOMENO DI CADUTA MASSI AD OPERA DELLA FALESIA ROCCIOSA DI PAREJ (Quincinetto)

Modellizzazione 3D del fenomeno di caduta massi

- Software RockyFor3D by EcorisQ -

Parametri di ingresso del modello:

Dimensione della maglia 2m x 2m

Origine della maglia LIDAR 1m fascia fluviale Dora Baltea (Dato fornito dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) e distribuito con licenza Creative Commons –
Attribuzione - Condividi allo stesso modo 3.0 Italia (CC BY-SA 3.0 IT))

Definizione Aree sorgenti , volumetrie e forme dei blocchi

<u>Area sorgente</u>	<u>Volumetrie simulate (mc)</u>	<u>Dimensioni Blocchi (m)</u>
Falesia rocciosa Parej	9.0 ±20%	3.0 x 1.5 x 2.0

Definizione della tipologia di suolo e classi di rugosità

<u>Tipologie di suolo</u>	<u>Coeffienti di restituzione “Rn”</u>	<u>Rugosità del terreno (m)</u>		
		R70	R20	R10
Roccia affiorante	Media 0.53 / banda 0.48-0.58	0.05	0.10	0.15
Detrito di versante a grandi blocchi	Media 0.38 / banda 0.34-0.42	0.40	0.50	0.80
Detrito di versante	Media 0.33 / banda 0.30-0.36	0.20	0.30	0.50
Depositi fini di fondovalle	Media 0.28 / banda 0.25-0.31	0.05	0.10	0.20

Definizione delle aree boscate con influenza sulle dinamiche di caduta massi

N. Alberi per ettaro (<i>Ntree</i>)	da 200 a 300 unità		
Diametro medio dei fusti all'altezza del petto d'uomo (<i>DBHmean</i>)	da 30 a 10cm		
Deviazione Standard del diametro dei fusti (<i>stVDBHmean</i>)	5cm		
Percentuale di conifere (<i>%con</i>)	0%		

Modello traiettografico 3D dei possibili fenomeni di crollo provenienti dalla falesia di Parej.

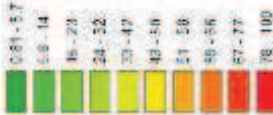
PARAMETRI DELLA SIMULAZIONE

Volume Blocco	9.0mc (3.5m x 1.5m x 2.0m)
N. lanci	ca. 2000
Variazione volumetrica	±20% (da 7.2mc a 10.8mc)

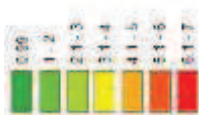


LEGENDA

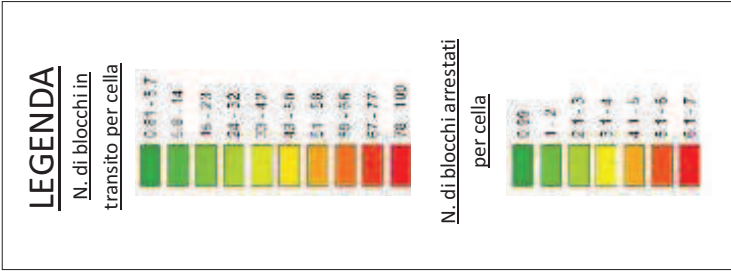
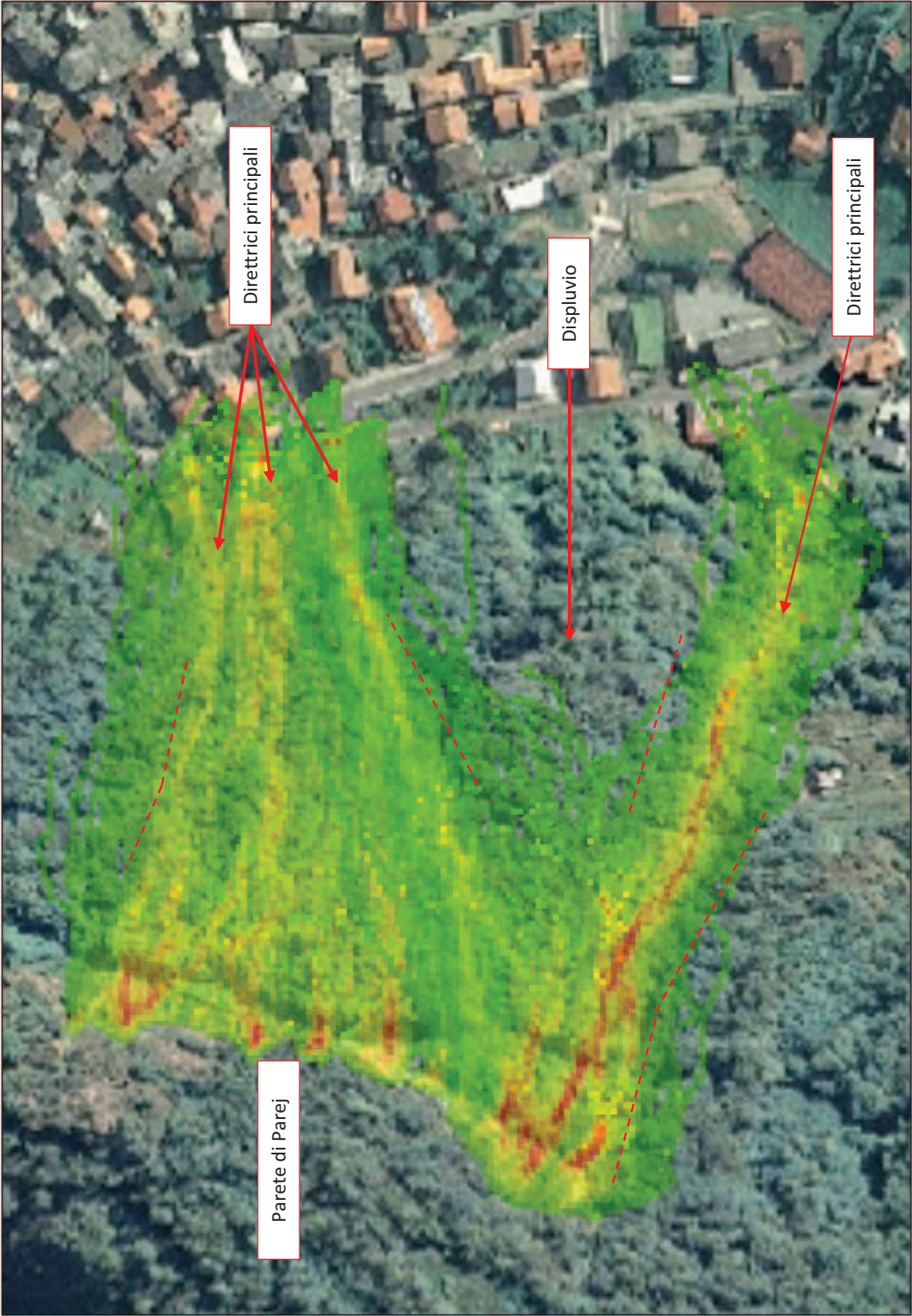
N. di blocchi in
transito per cella



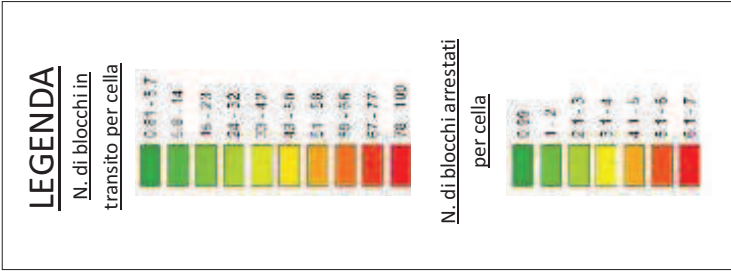
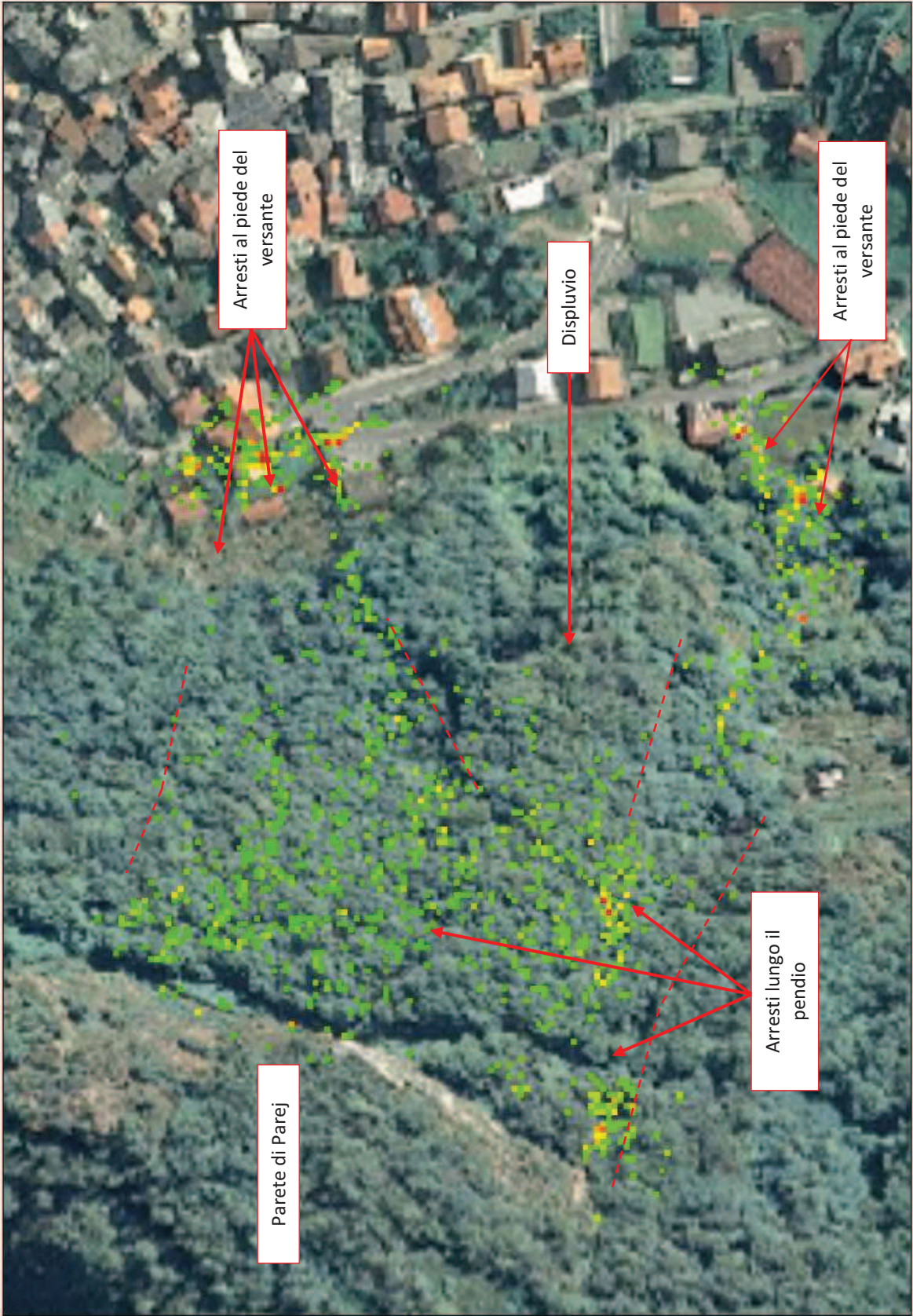
N. di blocchi arrestati
per cella



Modello traiettografico 3D dei possibili fenomeni di crollo provenienti dalla falesia di Parej.		
PARAMETRI DELLA SIMULAZIONE		
Volume Blocco	9.0mc (3.5m x 1.5m x 2.0m)	
N. lanci	ca. 2000	
Variazione volumetrica	±20% (da 7.2mc a 10.8mc)	



Modello traiettografico 3D dei possibili fenomeni di crollo provenienti dalla falesia di Parej.	
PARAMETRI DELLA SIMULAZIONE	
Volume Blocco	9.0mc (3.5m x 1.5m x 2.0m)
N. lanci	ca. 2000
Variazione volumetrica	±20% (da 7.2mc a 10.8mc)



TRAIETTOGRAFIE 2D

- Verifiche di caduta massi parete -
Profilo di Back analysis evento di crollo 2011

Dati di ingresso

Coefficienti di restituzione

COEFFICIENTI DI RESTITUZIONE DEI MATERIALI COSTITUENTI IN PENDIO:

Roccia compatta: Rn (0.42 St. Dev.0,04) Rt. (0.92 St. Dev.0,04) Friction Angle (10° St. Dev. 2°) Slope Roughnes (2°)
Roccia fratt. con vegetetata: Rn (0.37 St. Dev.0,04) Rt. (0.87 St. Dev.0,04) Friction Angle (15° St. Dev. 2°) Slope Roughnes (2°)
Falda detritica attiva: Rn (0.34 St. Dev.0,04) Rt. (0.84 St. Dev.0,04) Friction Angle (35° St. Dev. 2°) Slope Roughnes (3°)
Detrito vegetato molto irregolare: Rn (0.32 St. Dev.0,04) Rt. (0.82 St. Dev.0,04) Friction Angle (40° St. Dev. 2°) Slope Roughnes (3°)
Falda detritica vegetata: Rn (0.30 St. Dev.0,04) Rt. (0.80 St. Dev.0,04) Friction Angle (30° St. Dev. 2°) Slope Roughnes (3°)
Colture prativa: Rn (0.28 St. Dev.0,04) Rt. (0.78 St. Dev.0,04) Friction Angle (05° St. Dev. 2°) Slope Roughnes (0°)
Asfalto: Rn (0.37 St. Dev.0,04) Rt. (0.85 St. Dev.0,04) Friction Angle (05° St. Dev. 2°) Slope Roughnes (0°)

Densità della roccia (Kg/mc)

Numero scendimenti (n. blocchi)

Profilo

Standard deviatin sui nodi del profilo

Blocco di progetto

Vel. Partenza

Vel. Cut off.

Coefficiente di correzione sulla Massa

2650 Kg

1000

DTM passo 2m da LIDAR 1m

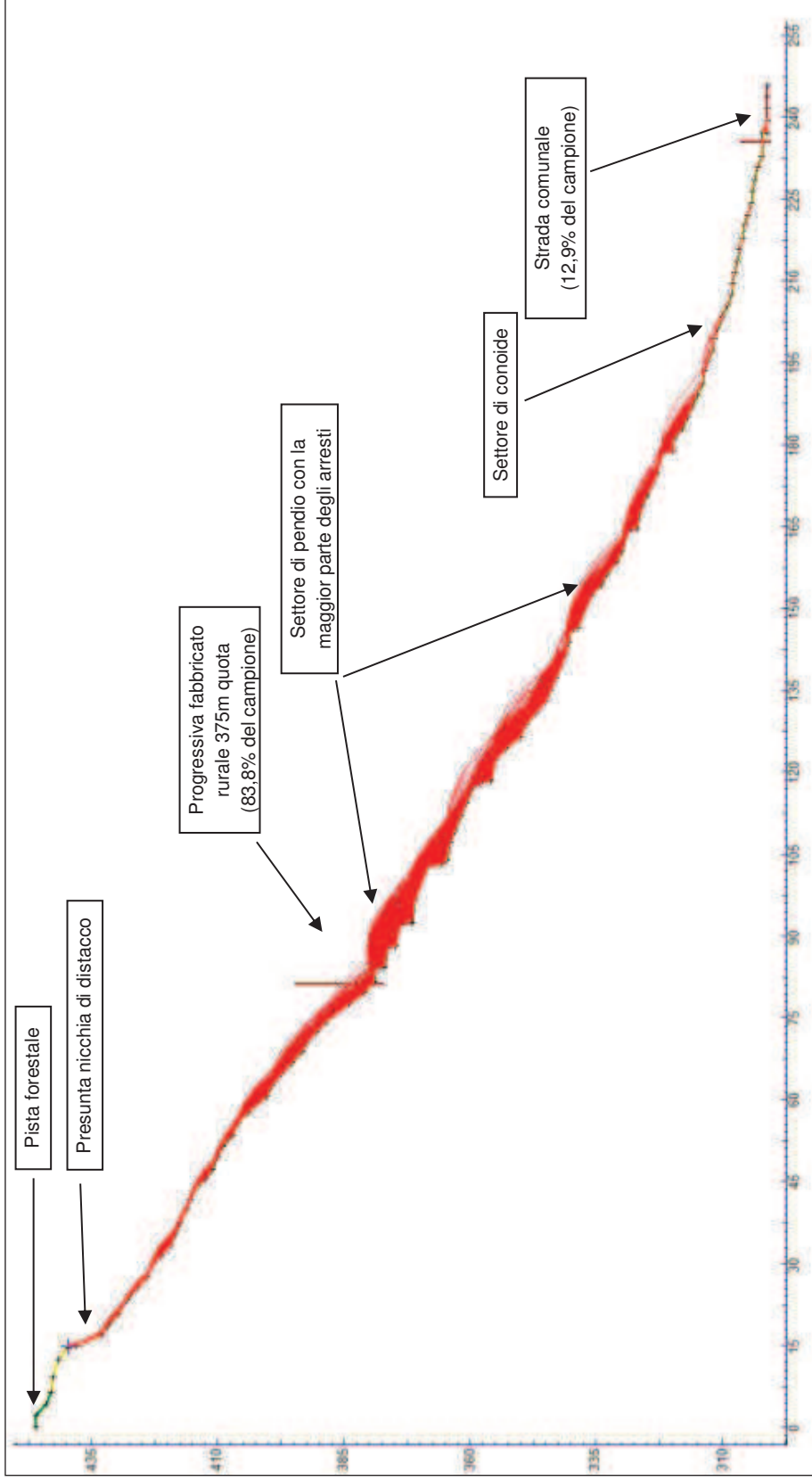
0,1m (settori boscati)

5mc

1m/s

0,1m/s

79'500Kg



Dati di ingresso

Coefficienti di restituzione

COEFFICIENTI DI RESTITUZIONE DEI MATERIALI COSTITUENTI IN PENDIO:

- Roccia compatta:
Rn (0,42 St. Dev.0,04) Rt. (0,92 St. Dev.0,04) Friction Angle (10° St. Dev. 2°) Slope Rougnes (2°)
- Roccia fratt. con vegetata:
Rn (0,37 St. Dev.0,04) Rt. (0,87 St. Dev.0,04) Friction Angle (15° St. Dev. 2°) Slope Rougnes (2°)
- Falda detritica attiva:
Rn (0,34 St. Dev.0,04) Rt. (0,84 St. Dev.0,04) Friction Angle (35° St. Dev. 2°) Slope Rougnes (3°)
- Detrito vegetato molto irregolare:
Rn (0,32 St. Dev.0,04) Rt. (0,82 St. Dev.0,04) Friction Angle (40° St. Dev. 2°) Slope Rougnes (3°)
- Falda detritica vegetata:
Rn (0,30 St. Dev.0,04) Rt. (0,80 St. Dev.0,04) Friction Angle (30° St. Dev. 2°) Slope Rougnes (3°)
- Coltre prativa:
Rn (0,28 St. Dev.0,04) Rt. (0,78 St. Dev.0,04) Friction Angle (05° St. Dev. 2°) Slope Rougnes (0°)
- Asfalto:
Rn (0,37 St. Dev.0,04) Rt. (0,85 St. Dev.0,04) Friction Angle (05° St. Dev. 2°) Slope Rougnes (0°)

Densità della roccia (Kg/mc)

2650 Kg

Blocco di progetto

10mc

Numero scendimenti (n. blocchi)

1000

Vel. Partenza

1m/s

Profilo

DTM passo 2m da LIDAR 1m

Vel. Cut off.

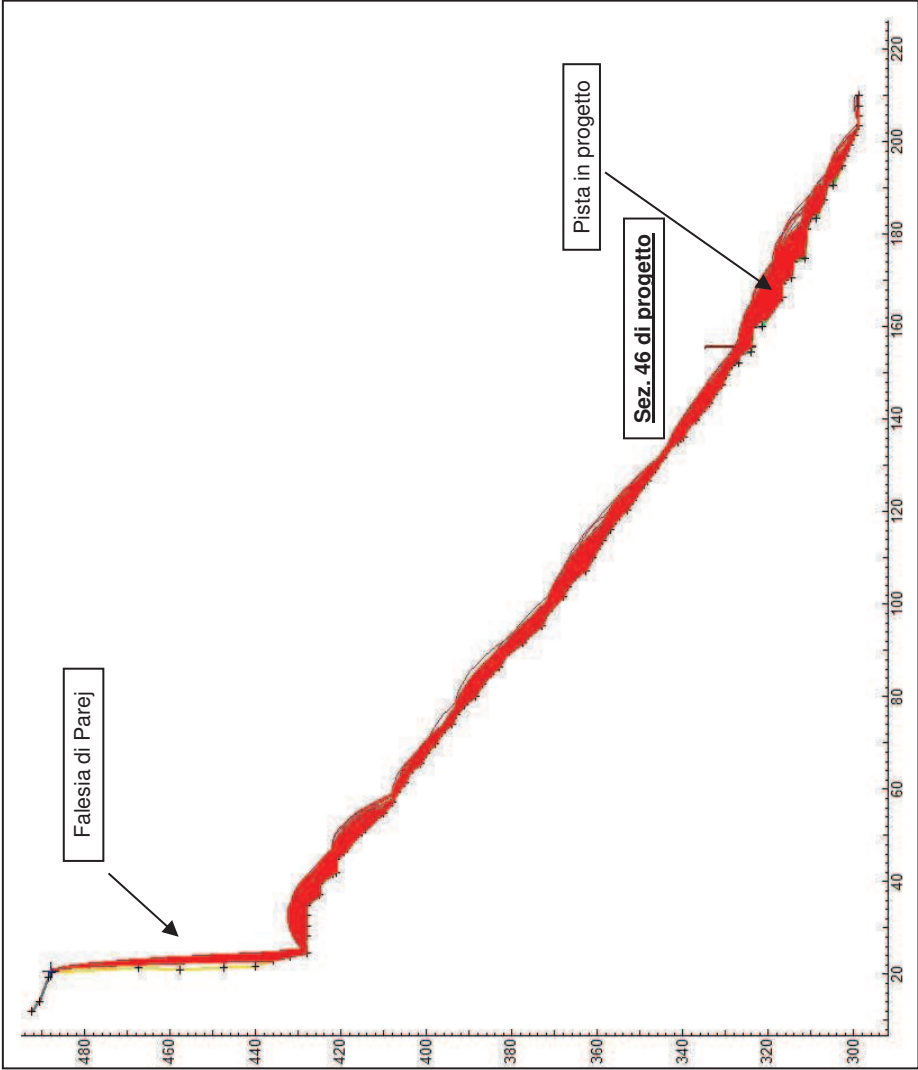
0,1m/s

Standard deviatin sui nodi del profilo

0,1m (settori boscati)

Coefficiente di correzione sulla Massa

79'500Kg



Sezione di progetto n.46

Vel. 95% = 16,7m/s

H. 95% = 2,0m

- Verifiche di caduta massi parete - Sezione di progetto n.46 -
Profilo 1a

VERIFICA BARRIERA PARAMASSI IN PROGETTO SECONDO NORMATIVA UNI

Velocità di calcolo (pari al 95% percentile)	V_t	16,7		
Coeff. di correzione	Y_F	1,122	Y_{Tr} 1,02	Y_{Dp} 1,1
Velocità di progetto	V_d	18,7	Coefficiente di correzione γ _{Tr} : 1,02 "Back analysis" 1,10 "Bibliografia" Coefficiente di correzione γ _{Dp} : 1,02 "Rilievo topografico accurato" 1,10 "Discretizzazione media"	
Volume di progetto	Vol_b	10		
Massa per unità di volume della roccia	γ	2650		
Coeff. Di sicurezza Volume blocco	γ_m	1,1	Y_{VolF1} 1,1	Y_y 1
Massa Blocco di progetto	md	29.150,0	Coeff. Rilievo volume del blocco γ _{VolF1} : 1,02 "Rilievi accurati" 1,10 "Rilievo poco accurato" Coeff. Valutazione massa per u nità di volume γ _y :	
AZIONI DI IMPATTO SULLE OPERE	Ed (J)	5.117.139,1		
	Ed (kJ)	5.117,1		

CORREZIONE DI Ed con ulteriori FS

Beni modesta importanza	c	1
Beni economici riparabili	c	1,05
Beni economici difficilmente riparabili	c	1,1
Beni economici non riparabili	c	1,2
Ed corretto	Ed corr	6.140,6

H. BARRIERA IN PROGETTO (m)

Altezza di intercettazione 95%	h_d (m)	2,0	Y_{Tr} 1,02	Y_{Dp} 1,1
Coeff. di correzione	Y_F	1,122		
Altezza di intercettazione 95% (corretta)	h_d (m) cr.	2,2	Coefficiente di correzione γ _{Tr} : 1,02 "Back analysis" 1,10 "Bibliografia" Coefficiente di correzione γ _{Dp} : 1,02 "Rilievo topografico accurato" 1,10 "Discretizzazione media"	
Franco minimo UNI11211-1	f_m	0,5		
Altezza minima dell'opera	H_{tot}	2,7		

VERIFICA DELL'OPERA

MEL (Stato limite ultimo)			
SEL (Stato limite di esercizio)			
Valore energetico opera MEL o SEL	8000	<i>Progettazione MEL o SEL</i>	
Coeff. Dd sicurezza opera	1,2	1,2 MEL	1,1 SEL
Energia cinetica sollecitante di progetto Esd	Esd 6140,6	>	E barr. Cor. 6666,67
Esd < Ed cor --- barriera paramassi 8000kJ sufficientemente			

Dati di ingresso

Coefficienti di restituzione

COEFFICIENTI DI RESTITUZIONE DEI MATERIALI COSTITUENTI IN PENDIO:

Roccia compatta:	Rn (0.42 St. Dev.0,04)	Rt. (0.92 St. Dev.0,04)	Friction Angle (10° St. Dev. 2°)	Slope Rougnes (2°)
Roccia fratt. con vegetata:	Rn (0.37 St. Dev.0,04)	Rt. (0.87 St. Dev.0,04)	Friction Angle (15° St. Dev. 2°)	Slope Rougnes (2°)
Falda detritica attiva:	Rn (0.34 St. Dev.0,04)	Rt. (0.84 St. Dev.0,04)	Friction Angle (35° St. Dev. 2°)	Slope Rougnes (3°)
Detrito vegetato molto irregolare:	Rn (0.32 St. Dev.0,04)	Rt. (0.82 St. Dev.0,04)	Friction Angle (40° St. Dev. 2°)	Slope Rougnes (3°)
Falda detritica vegetata:	Rn (0.30 St. Dev.0,04)	Rt. (0.80 St. Dev.0,04)	Friction Angle (30° St. Dev. 2°)	Slope Rougnes (3°)
Coltre prativa:	Rn (0.28 St. Dev.0,04)	Rt. (0.78 St. Dev.0,04)	Friction Angle (05° St. Dev. 2°)	Slope Rougnes (0°)
Asfalto:	Rn (0.37 St. Dev.0,04)	Rt. (0.85 St. Dev.0,04)	Friction Angle (05° St. Dev. 2°)	Slope Rougnes (0°)

Densità della roccia (Kg/mc)

2650 Kg

Blocco di progetto

10mc

Numero scendimenti (n. blocchi)

1000

Vel. Partenza

1m/s

Profilo

DTM passo 2m da LIDAR 1m

Vel. Cut off.

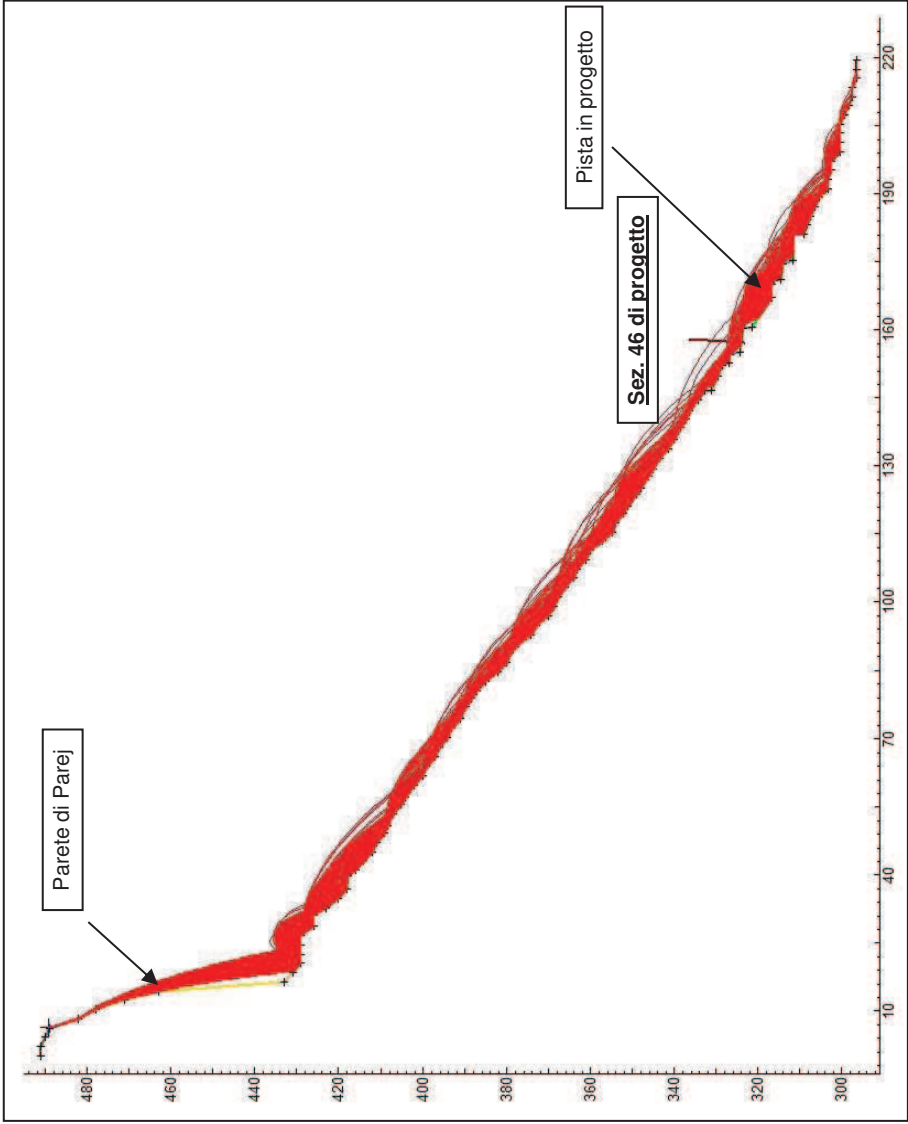
0,1m/s

Standard deviatin sui nodi del profilo

0,1m (settori boscati)

Coefficiente di correzione sulla Massa

79'500Kg



Sezione di progetto n.46

Vel. 95% = 17,2m/s

H. 95% = 2,6m

**- Verifiche di caduta massi parete - Sezione di progetto n.46 -
Profilo 1b**

VERIFICA BARRIERA PARAMASSI IN PROGETTO SECONDO NORMATIVA UNI

Velocità di calcolo (pari al 95% percentile)	V_t	17,2		
Coeff. di correzione	Y_F	1,122	Y_{Tr} 1,02	Y_{Dp} 1,1
Velocità di progetto	V_d	19,3	Coefficiente di correzione γ _{Tr} : 1,02 "Back analysis" 1,10 "Bibliografia" Coefficiente di correzione γ _{Dp} : 1,02 "Rilievo topografico accurato" 1,10 "Discretizzazione media"	
Volume di progetto	Vol_b	10		
Massa per unità di volume della roccia	γ	2650		
Coeff. Di sicurezza Volume blocco	γ_m	1,1	Y_{VolF1} 1,1	Y_y 1
Massa Blocco di progetto	md	29.150,0	Coeff. Rilievo volume del blocco γ _{VolF1} : 1,02 "Rilievi accurati" 1,10 "Rilievo poco accurato" Coeff. Valutazione massa per u nità di volume γ _y :	
AZIONI DI IMPATTO SULLE OPERE	Ed (J)	5.428.141,6		
	Ed (kJ)	5.428,1		

CORREZIONE DI Ed con ulteriori FS

Beni modesta importanza	c	1
Beni economici riparabili	c	1,05
Beni economici difficilmente riparabili	c	1,1
Beni economici non riparabili	c	1,2
Ed corretto	Ed corr	6.513,8

H. BARRIERA IN PROGETTO (m)

Altezza di intercettazione 95%	h_d (m)	2,6	Y_{Tr} 1,02	Y_{Dp} 1,1
Coeff. di correzione	Y_F	1,122		
Altezza di intercettazione 95% (corretta)	h_d (m) cr.	2,9	Coefficiente di correzione γ _{Tr} : 1,02 "Back analysis" 1,10 "Bibliografia" Coefficiente di correzione γ _{Dp} : 1,02 "Rilievo topografico accurato" 1,10 "Discretizzazione media"	
Franco minimo UNI11211-1	f_m	0,5		
Altezza minima dell'opera	H_{tot}	3,4		

VERIFICA DELL'OPERA

MEL (Stato limite ultimo)			
SEL (Stato limite di esercizio)			
Valore energetico opera MEL o SEL	8000	<i>Progettazione MEL o SEL</i>	
Coeff. Dd sicurezza opera	1,2	1,2 MEL	1,1 SEL
Energia cinetica sollecitante di progetto Esd	Esd 6513,8	>	E barr. Cor. 6666,67
Esd < Ed cor --- barriera paramassi 8000kJ sufficientemente			

Dati di ingresso

Coefficienti di restituzione

COEFFICIENTI DI RESTITUZIONE DEI MATERIALI COSTITUENTI IN PENDIO:

Roccia compatta:	Rn (0,42 St. Dev.0,04)	Rt. (0,92 St. Dev.0,04)	Friction Angle (10° St. Dev. 2°)	Slope Rougnes (2°)
Roccia tratt. con vegetetata:	Rn (0,37 St. Dev.0,04)	Rt. (0,87 St. Dev.0,04)	Friction Angle (15° St. Dev. 2°)	Slope Rougnes (2°)
Falda detritica attiva:	Rn (0,34 St. Dev.0,04)	Rt. (0,84 St. Dev.0,04)	Friction Angle (35° St. Dev. 2°)	Slope Rougnes (3°)
Detrito vegetato molto irregolare:	Rn (0,32 St. Dev.0,04)	Rt. (0,82 St. Dev.0,04)	Friction Angle (40° St. Dev. 2°)	Slope Rougnes (3°)
Falda detritica vegetata:	Rn (0,30 St. Dev.0,04)	Rt. (0,80 St. Dev.0,04)	Friction Angle (30° St. Dev. 2°)	Slope Rougnes (3°)
Coltre prativa:	Rn (0,28 St. Dev.0,04)	Rt. (0,78 St. Dev.0,04)	Friction Angle (05° St. Dev. 2°)	Slope Rougnes (0°)
Asfalto:	Rn (0,37 St. Dev.0,04)	Rt. (0,85 St. Dev.0,04)	Friction Angle (05° St. Dev. 2°)	Slope Rougnes (0°)

Densità della roccia (Kg/mc)

2650 Kg

Blocco di progetto

10mc

Numero scendimenti (n. blocchi)

1000

Vel. Partenza

1m/s

Profilo

DTM passo 2m da LIDAR 1m

Vel. Cut off.

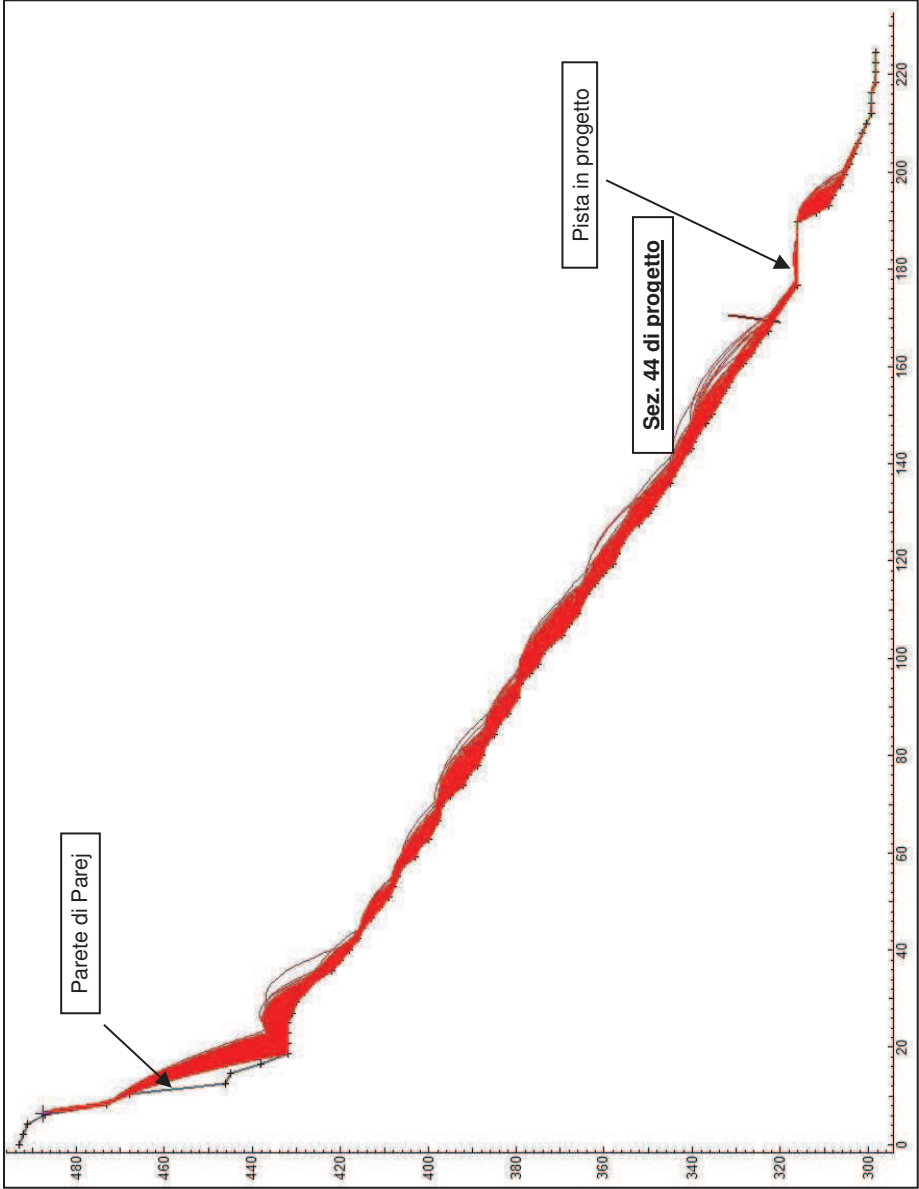
0,1m/s

Standard deviatin sui nodi del profilo

0,1m (settori boscati)

Coefficiente di correzione sulla Massa

79'500Kg



Sezione di progetto n.44

Vel. 95% = 17,1m/s

H. 95% = 1,1m

- Verifiche di caduta massi parete - Sezione di progetto n.44 -
Profilo 1c

VERIFICA BARRIERA PARAMASSI IN PROGETTO SECONDO NORMATIVA UNI

Velocità di calcolo (pari al 95% percentile)	V_t	17,1		
Coeff. di correzione	Y_F	1,122	Y_{Tr} 1,02	Y_{Dp} 1,1
Velocità di progetto	V_d	19,2	Coefficiente di correzione γ _{Tr} : 1,02 "Back analysis" 1,10 "Bibliografia" Coefficiente di correzione γ _{Dp} : 1,02 "Rilievo topografico accurato" 1.10 "Discretizzazione media"	
Volume di progetto	Vol_b	10		
Massa per unità di volume della roccia	γ	2650		
Coeff. Di sicurezza Volume blocco	γ_m	1,1	Y_{VolF1} 1,1	Y_y 1
Massa Blocco di progetto	md	29.150,0	Coeff. Rilievo volume del blocco γ _{VolF1} : 1,02 "Rilievi accurati" 1,10 "Rilievo poco accurato" Coeff. Valutazione massa per u nità di volume γ _y :	
AZIONI DI IMPATTO SULLE OPERE	Ed (J)	5.365.207,2		
	Ed (kJ)	5.365,2		

CORREZIONE DI Ed con ulteriori FS

Beni modesta importanza	c	1
Beni economici riparabili	c	1,05
Beni economici difficilmente riparabili	c	1,1
Beni economici non riparabili	c	1,2
Ed corretto	Ed corr	6.438,2

H. BARRIERA IN PROGETTO (m)

Altezza di intercettazione 95%	h_d (m)	1,1	Y_{Tr} 1,02	Y_{Dp} 1,1
Coeff. di correzione	Y_F	1,122		
Altezza di intercettazione 95% (corretta)	h_d (m) cr.	1,2	Coefficiente di correzione γ _{Tr} : 1,02 "Back analysis" 1,10 "Bibliografia" Coefficiente di correzione γ _{Dp} : 1,02 "Rilievo topografico accurato" 1.10 "Discretizzazione media"	
Franco minimo UNI11211-1	f_m	0,5		
Altezza minima dell'opera	H_{tot}	1,7		

VERIFICA DELL'OPERA

MEL (Stato limite ultimo)			
SEL (Stato limite di esercizio)			
Valore energetico opera MEL o SEL	8000	<i>Progettazione MEL o SEL</i>	
Coeff. Dd sicurezza opera	1,2	1,2 MEL	1,1 SEL
Energia cinetica sollecitante di progetto Esd	Esd 6438,2	>	E barr. Cor. 6666,67
Esd < Ed cor --- barriera paramassi 8000kJ sufficientemente			

- Verifiche di caduta massi parete - Sezione di progetto n.37 -
Profilo 2a

Dati di ingresso

Coefficienti di restituzione

COEFFICIENTI DI RESTITUZIONE DEI MATERIALI COSTITUENTI IN PENDIO:

Roccia compatta: Rn (0,42 St. Dev.0,04) Rt. (0,92 St. Dev.0,04) Friction Angle (10° St. Dev. 2°) Slope Rougnes (2°)
Roccia fratt. con vegetetata: Rn (0,37 St. Dev.0,04) Rt. (0,87 St. Dev.0,04) Friction Angle (15° St. Dev. 2°) Slope Rougnes (2°)
Falda detritica attiva: Rn (0,34 St. Dev.0,05) Rt. (0,84 St. Dev.0,05) Friction Angle (35° St. Dev. 2°) Slope Rougnes (3°)
Detrito vegetato molto irregolare: Rn (0,32 St. Dev.0,05) Rt. (0,82 St. Dev.0,05) Friction Angle (40° St. Dev. 2°) Slope Rougnes (2°)
Falda detritica vegetata: Rn (0,30 St. Dev.0,05) Rt. (0,80 St. Dev.0,05) Friction Angle (30° St. Dev. 2°) Slope Rougnes (2°)
Colture prativa: Rn (0,28 St. Dev.0,04) Rt. (0,78 St. Dev.0,04) Friction Angle (05° St. Dev. 2°) Slope Rougnes (0°)
Asfalto: Rn (0,37 St. Dev.0,04) Rt. (0,85 St. Dev.0,04) Friction Angle (05° St. Dev. 2°) Slope Rougnes (0°)

Densità della roccia (Kg/mc)

Numero scendimenti (n. blocchi)

Profilo

Standard deviatin sui nodi del profilo

2650 Kg

1000

DTM passo 10m integrato da sopralluoghi

0,4m

Blocco di progetto

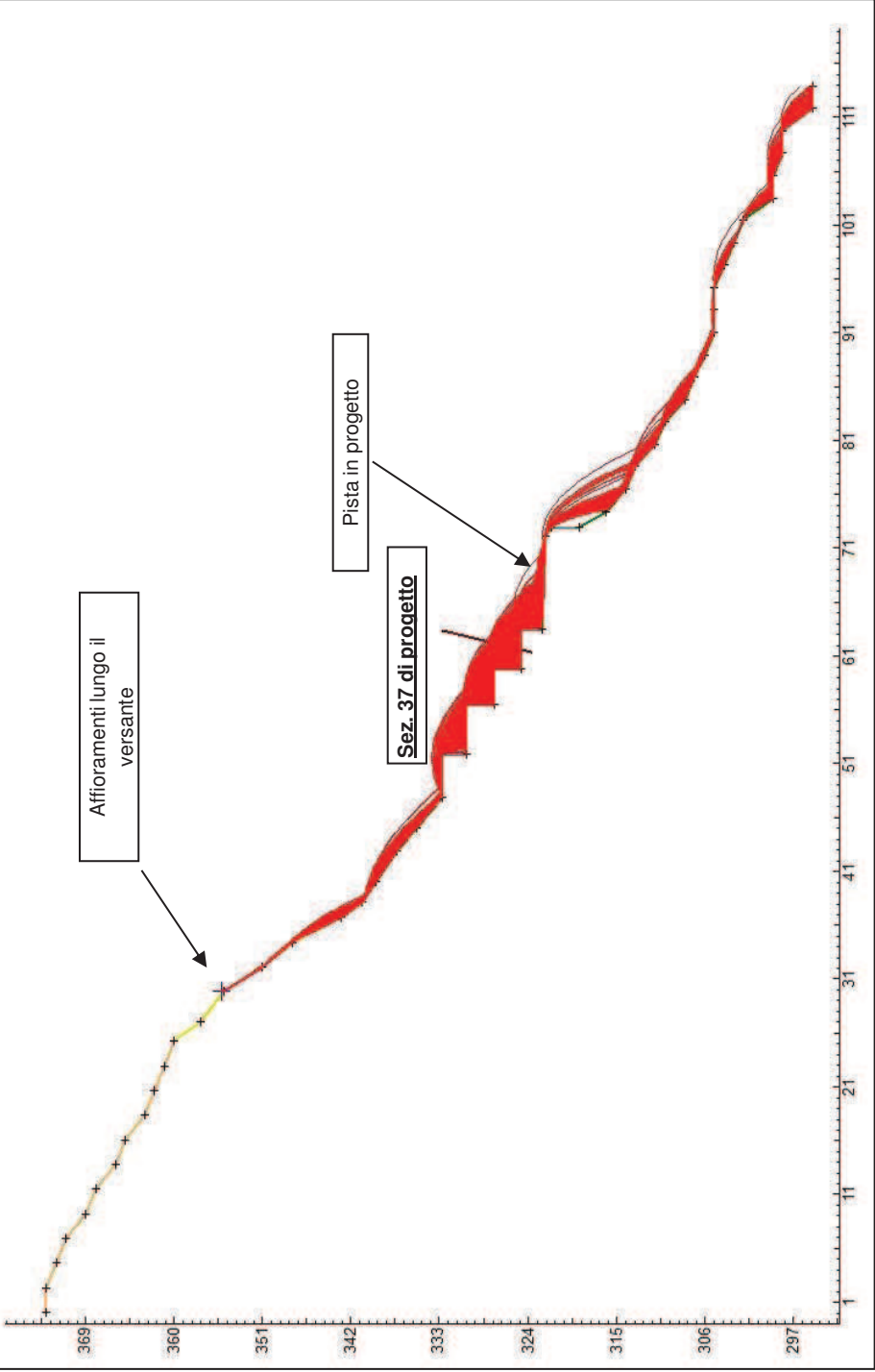
Vel. Partenza

Vel. Cut off.

6mc

1m/s

0,1m/s



Sezione di progetto n.37

Vel. 95% = 11,1m/s

H. 95% = 3,1m

- Verifiche di caduta massi parete - Sezione di progetto n.37 -
Profilo 2a

VERIFICA BARRIERA PARAMASSI ESISTENTE SECONDO NORMATIVA UNI

Velocità di calcolo (pari al 95% percentile)	V_t	11,1		
Coeff. di correzione	Y_F	1,21	Y_{Tr} 1,1	Y_{Dp} 1,1
Velocità di progetto	V_d	13,4	Coefficiente di correzione γ _{Tr} : 1,02 "Back analysis" 1,10 "Bibliografia" Coefficiente di correzione γ _{Dp} : 1,02 "Rilievo topografico accurato" 1.10 "Discretizzazione media"	
Volume di progetto	Vol_b	6		
Massa per unità di volume della roccia	γ	2650		
Coeff. Di sicurezza Volume blocco	γ_m	1,1	Y_{VolF1} 1,1	Y_y 1
Massa Blocco di progetto	md	17.490,0	Coeff. Rilievo volume del blocco γ _{VolF1} : 1,02 "Rilievi accurati" 1,10 "Rilievo poco accurato" Coeff. Valutazione massa per u nità di volume γ _y :	
AZIONI DI IMPATTO SULLE OPERE	Ed (J)	1.577.525,9		
	Ed (kJ)	1.577,5		

CORREZIONE DI Ed con ulteriori FS

Beni modesta importanza	c	1
Beni economici riparabili	c	1,05
Beni economici difficilmente riparabili	c	1,1
Beni economici non riparabili	c	1,2
Ed corretto	Ed corr	1.893,0

H. BARRIERA IN PROGETTO (m)

Altezza di intercettazione 95%	h_d (m)	3,1	Y_{Tr} 1,02	Y_{Dp} 1,1
Coeff. di correzione	Y_F	1,122		
Altezza di intercettazione 95% (corretta)	h_d (m) cr.	3,5	Coefficiente di correzione γ _{Tr} : 1,02 "Back analysis" 1,10 "Bibliografia" Coefficiente di correzione γ _{Dp} : 1,02 "Rilievo topografico accurato" 1.10 "Discretizzazione media"	
Franco minimo UNI11211-1	f_m	0,5		
Altezza minima dell'opera	H_{tot}	4,0		

VERIFICA DELL'OPERA

MEL (Stato limite ultimo)			
SEL (Stato limite di esercizio)			
Valore energetico opera MEL o SEL	8000	<i>Progettazione MEL o SEL</i>	
Coeff. Dd sicurezza opera	1,2	1,2 MEL	1,1 SEL
Energia cinetica sollecitante di progetto Esd	Esd 1893,0	>	E barr. Cor. 6666,67
Esd < Ed cor --- barriera paramassi 8000kJ sufficientemente			

Dati di ingresso

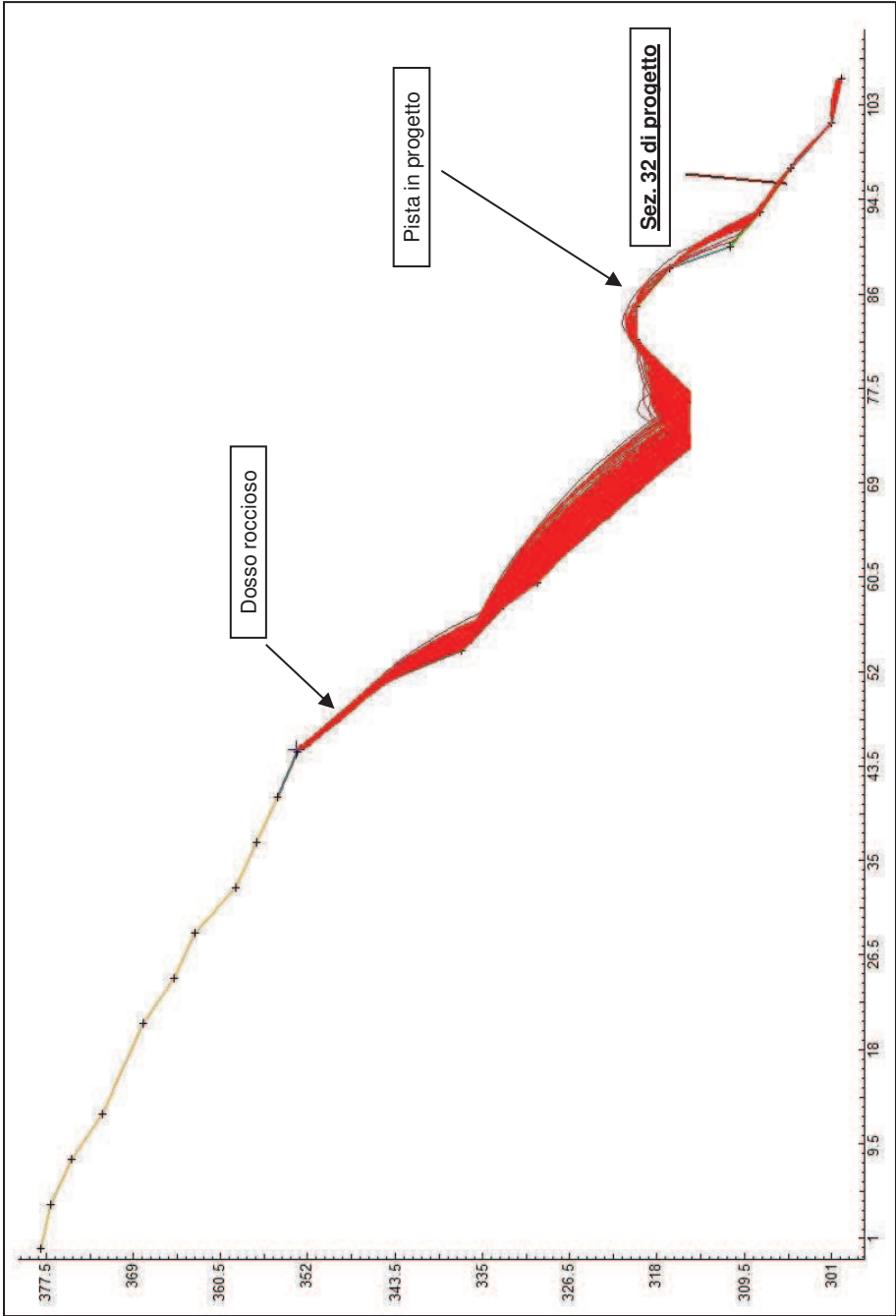
Coefficienti di restituzione

COEFFICIENTI DI RESTITUZIONE DEI MATERIALI COSTITUENTI IN PENDIO:

- Roccia compatta:
Rn (0,42 St. Dev.0,04) Rt. (0,92 St. Dev.0,04) Friction Angle (10° St. Dev. 2°) Slope Rougnes (2°)
- Roccia tratti. con vegetetata:
Rn (0,37 St. Dev.0,04) Rt. (0,87 St. Dev.0,04) Friction Angle (15° St. Dev. 2°) Slope Rougnes (2°)
- Falda detritica attiva:
Rn (0,34 St. Dev.0,04) Rt. (0,84 St. Dev.0,04) Friction Angle (35° St. Dev. 2°) Slope Rougnes (3°)
- Detrito vegetato molto irregolare:
Rn (0,32 St. Dev.0,04) Rt. (0,82 St. Dev.0,04) Friction Angle (40° St. Dev. 2°) Slope Rougnes (3°)
- Falda detritica vegetata:
Rn (0,30 St. Dev.0,04) Rt. (0,80 St. Dev.0,04) Friction Angle (30° St. Dev. 2°) Slope Rougnes (3°)
- Coltre prativa:
Rn (0,28 St. Dev.0,04) Rt. (0,78 St. Dev.0,04) Friction Angle (05° St. Dev. 2°) Slope Rougnes (0°)
- Asfalto:
Rn (0,37 St. Dev.0,04) Rt. (0,85 St. Dev.0,04) Friction Angle (05° St. Dev. 2°) Slope Rougnes (0°)

Densità della roccia (Kg/mc)	2650 Kg	Blocco di progetto	2mc
Numero scendimenti (n. blocchi)	1000	Vel. Partenza	1m/s
Profilo	DTM passo 2m da LIDAR 1m	Vel. Cut off.	0,1m/s
Standard deviatin sui nodi del profilo	0,1m (settori boscati)	Coefficiente di correzione sulla Massa	non attivo

Sezione di progetto n.32
Vel. ca 95% = 9,9m/s
H. ca 95% = <0,5m



**- Verifiche di caduta massi parete - Sezione di progetto n.32 -
Profilo 2b**

VERIFICA BARRIERA PARAMASSI ESISTENTE SECONDO NORMATIVA UNI

Velocità di calcolo (pari al 95% percentile)	V_t	9,9		
Coeff. di correzione	Y_F	1,21	Y_{Tr} 1,1	Y_{Dp} 1,1
Velocità di progetto	V_d	12,0	Coefficiente di correzione γ _{Tr} : 1,02 "Back analysis" 1,10 "Bibliografia" Coefficiente di correzione γ _{Dp} : 1,02 "Rilievo topografico accurato" 1.10 "Discretizzazione media"	
Volume di progetto	Vol_b	2		
Massa per unità di volume della roccia	γ	2650		
Coeff. Di sicurezza Volume blocco	γ_m	1,1	Y_{VolF1} 1,1	Y_y 1
Massa Blocco di progetto	md	5.830,0	Coeff. Rilievo volume del blocco γ _{VolF1} : 1,02 "Rilievi accurati" 1,10 "Rilievo poco accurato" Coeff. Valutazione massa per u nità di volume γ _y :	
AZIONI DI IMPATTO SULLE OPERE	Ed (J)	418.292,1		
	Ed (kJ)	418,3		

CORREZIONE DI Ed con ulteriori FS

Beni modesta importanza	c	1
Beni economici riparabili	c	1,05
Beni economici difficilmente riparabili	c	1,1
Beni economici non riparabili	c	1,2
Ed corretto	Ed corr	502,0

H. BARRIERA IN PROGETTO (m)

Altezza di intercettazione 95%	h_d (m)	0,5	Y_{Tr} 1,02	Y_{Dp} 1,1
Coeff. di correzione	Y_F	1,122	Coefficiente di correzione γ _{Tr} : 1,02 "Back analysis" 1,10 "Bibliografia" Coefficiente di correzione γ _{Dp} : 1,02 "Rilievo topografico accurato" 1.10 "Discretizzazione media"	
Altezza di intercettazione 95% (corretta)	h_d (m) cr.	0,6		
Franco minimo UNI11211-1	f_m	0,5		
Altezza minima dell'opera	H_{tot}	1,1		

VERIFICA DELL'OPERA

MEL (Stato limite ultimo)			
SEL (Stato limite di esercizio)			
Valore energetico opera MEL o SEL	1000	<i>Progettazione MEL o SEL</i>	
Coeff. Dd sicurezza opera	1,2	1,2 MEL	1,1 SEL
Energia cinetica sollecitante di progetto Esd	Esd 502,0	>	E barr. Cor. 833,33
Esd < Ed cor --- barriera paramassi 1000kJ sufficientemente			

Dati di ingresso

Coefficienti di restituzione

COEFFICIENTI DI RESTITUZIONE DEI MATERIALI COSTITUENTI IN PENDIO:

- Roccia compatta:
Rn (0,42 St. Dev.0,04) Rt. (0,92 St. Dev. 2°) Slope Rougnes (2°)
- Roccia fratt. con vegetetata:
Rn (0,37 St. Dev.0,04) Rt. (0,87 St. Dev.0,04) Friction Angle (15° St. Dev. 2°) Slope Rougnes (2°)
- Falda detritica attiva:
Rn (0,34 St. Dev.0,04) Rt. (0,84 St. Dev.0,04) Friction Angle (35° St. Dev. 2°) Slope Rougnes (3°)
- Detrito vegetato molto irregolare:
Rn (0,32 St. Dev.0,04) Rt. (0,82 St. Dev.0,04) Friction Angle (40° St. Dev. 2°) Slope Rougnes (3°)
- Falda detritica vegetata:
Rn (0,30 St. Dev.0,04) Rt. (0,80 St. Dev.0,04) Friction Angle (30° St. Dev. 2°) Slope Rougnes (3°)
- Coltre prativa:
Rn (0,28 St. Dev.0,04) Rt. (0,78 St. Dev.0,04) Friction Angle (05° St. Dev. 2°) Slope Rougnes (0°)
- Asfalto:
Rn (0,37 St. Dev.0,04) Rt. (0,85 St. Dev.0,04) Friction Angle (05° St. Dev. 2°) Slope Rougnes (0°)

Densità della roccia (Kg/mc)

2650 Kg

Numero scendimenti (n. blocchi)

1000

Profilo

DTM passo 2m da LIDAR 1m

Standard deviatin sui nodi del profilo

0,1m (settori boscati)

Blocco di progetto

2mc

Vel. Partenza

1m/s

Vel. Cut off.

0,1m/s

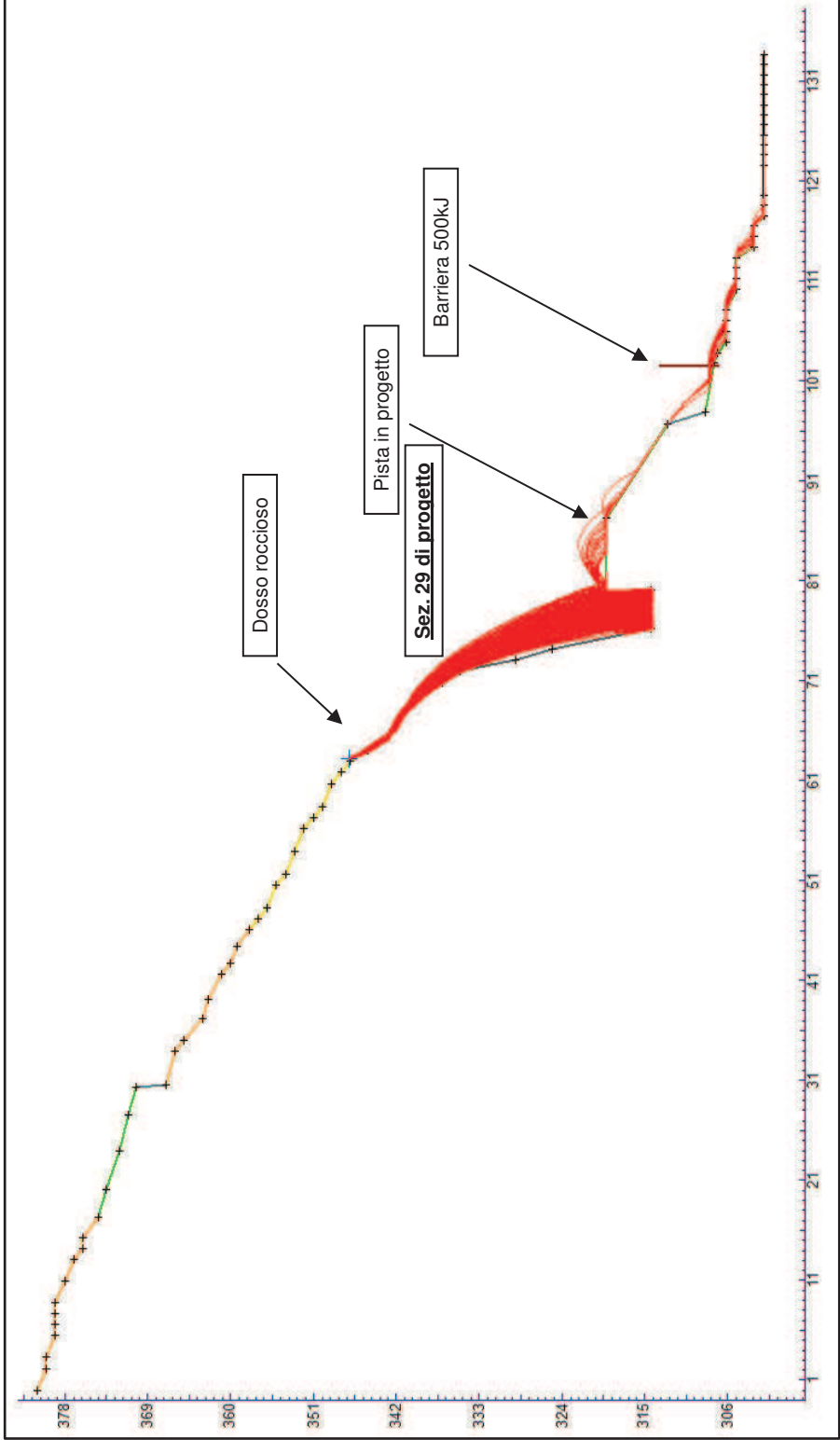
Coefficiente di correzione sulla Massa

non attivo

Sezione di progetto n.29

Vel. ca 95% = 7,5m/s

H. ca 95% = <0,5m



**- Verifiche di caduta massi parete - Sezione di progetto n.29 -
Profilo 2c - Coronamento**

VERIFICA BARRIERA PARAMASSI ESISTENTE SECONDO NORMATIVA UNI

Velocità di calcolo (pari al 95% percentile)	V_t	7,5		
Coeff. di correzione	Y_F	1,21	Y_{Tr} 1,1	Y_{Dp} 1,1
Velocità di progetto	V_d	9,1	Coefficiente di correzione γ_{Tr} : 1,02 "Back analysis" 1,10 "Bibliografia" Coefficiente di correzione γ_{Dp} : 1,02 "Rilievo topografico accurato" 1,10 "Discretizzazione media"	
Volume di progetto	Vol_b	2		
Massa per unità di volume della roccia	γ	2650		
Coeff. Di sicurezza Volume blocco	γ_m	1,1	Y_{VolF1} 1,1	Y_y 1
Massa Blocco di progetto	md	5.830,0	Coeff. Rilievo volume del blocco γ_{VolF1} : 1,02 "Rilievi accurati" 1,10 "Rilievo poco accurato" Coeff. Valutazione massa per u nità di volume γ_y :	
AZIONI DI IMPATTO SULLE OPERE	Ed (J)	240.066,6		
	Ed (kJ)	240,1		

CORREZIONE DI Ed con ulteriori FS

Beni modesta importanza	c	1
Beni economici riparabili	c	1,05
Beni economici difficilmente riparabili	c	1,1
Beni economici non riparabili	c	1,2
Ed corretto	Ed corr	288,1

H. BARRIERA IN PROGETTO (m)

Altezza di intercettazione 95%	h_d (m)	0,5	Y_{Tr} 1,02	Y_{Dp} 1,1
Coeff. di correzione	Y_F	1,122		
Altezza di intercettazione 95% (corretta)	h_d (m) cr.	0,6	Coefficiente di correzione γ_{Tr} : 1,02 "Back analysis" 1,10 "Bibliografia" Coefficiente di correzione γ_{Dp} : 1,02 "Rilievo topografico accurato" 1,10 "Discretizzazione media"	
Franco minimo UNI11211-1	f_m	0,5		
Altezza minima dell'opera	H_{tot}	1,1		

VERIFICA DELL'OPERA

MEL (Stato limite ultimo)			
SEL (Stato limite di esercizio)			
Valore energetico opera MEL o SEL	500	<i>Progettazione MEL o SEL</i>	
Coeff. Dd sicurezza opera	1,2	1,2 MEL	1,1 SEL
Energia cinetica sollecitante di progetto Esd	Esd 288,1	>	E barr. Cor. 416,67
Esd < Ed cor --- barriera paramassi 500kJ sufficientemente			

Dati di ingresso

Coefficienti di restituzione

COEFFICIENTI DI RESTITUZIONE DEI MATERIALI COSTITUENTI IN PENDIO:

- Roccia compatta:
Rn (0,42 St. Dev.0,04) Rt. (0,92 St. Dev. 2°) Friction Angle (10° St. Dev. 2°) Slope Rougnes (2°)
Rn (0,37 St. Dev.0,04) Rt. (0,87 St. Dev.0,04) Friction Angle (15° St. Dev. 2°) Slope Rougnes (2°)
- Falda detritica attiva:
Rn (0,34 St. Dev.0,04) Rt. (0,84 St. Dev.0,04) Friction Angle (35° St. Dev. 2°) Slope Rougnes (3°)
Rn (0,32 St. Dev.0,04) Rt. (0,82 St. Dev.0,04) Friction Angle (40° St. Dev. 2°) Slope Rougnes (3°)
- Detrito vegetato molto irregolare:
Rn (0,30 St. Dev.0,04) Rt. (0,80 St. Dev.0,04) Friction Angle (30° St. Dev. 2°) Slope Rougnes (3°)
Rn (0,28 St. Dev.0,04) Rt. (0,78 St. Dev.0,04) Friction Angle (05° St. Dev. 2°) Slope Rougnes (0°)
- Falda detritica vegetata:
Rn (0,37 St. Dev.0,04) Rt. (0,85 St. Dev.0,04) Friction Angle (05° St. Dev. 2°) Slope Rougnes (0°)
- Coltre prativa:
Asfalto:

Densità della roccia (Kg/mc)

2650 Kg

Numero scendimenti (n. blocchi)

1000

Profilo

DTM passo 2m da LIDAR 1m

Standard deviatin sui nodi del profilo

0,1m (settori boscati)

Blocco di progetto

2mc

Vel. Partenza

1m/s

Vel. Cut off.

0,1m/s

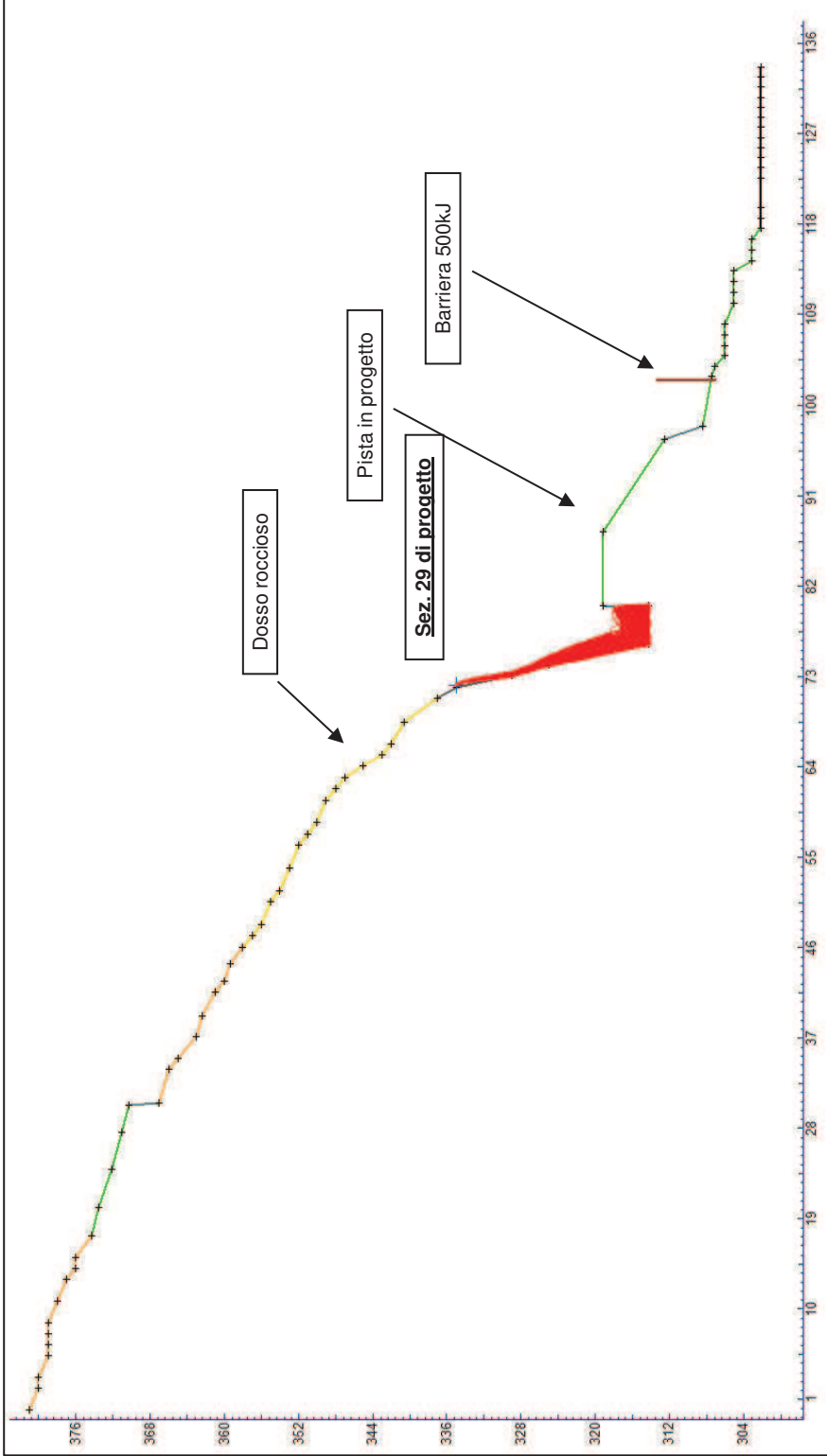
Coefficiente di correzione sulla Massa

non attivo

Sezione di progetto n.29

Vel. ca 95% = 0m/s

H. ca 95% = 0m



**- Verifiche di caduta massi parete - Sezione di progetto n.29 -
Profilo 2c - Strapiombo**

VERIFICA BARRIERA PARAMASSI ESISTENTE SECONDO NORMATIVA UNI

Velocità di calcolo (pari al 95% percentile)	Vt	0		
Coeff. di correzione	Y _F	1,21	Y _{Tr} 1,1	Y _{Dp} 1,1
Velocità di progetto	Vd	0,0	Coefficiente di correzione γ _{Tr} : 1,02 "Back analysis" 1,10 "Bibliografia" Coefficiente di correzione γ _{Dp} : 1,02 "Rilievo topografico accurato" 1.10 "Discretizzazione media"	
Volume di progetto	Vol _b	2		
Massa per unità di volume della roccia	γ	2650		
Coeff. Di sicurezza Volume blocco	γ _m	1,1	Y _{VolF1} 1,1	Y _y 1
Massa Blocco di progetto	md	5.830,0	Coeff. Rilievo volume del blocco γ _{VolF1} : 1,02 "Rilievi accurati" 1,10 "Rilievo poco accurato" Coeff. Valutazione massa per u nità di volume γ _y :	
AZIONI DI IMPATTO SULLE OPERE	Ed (J)	0,0		
	Ed (kJ)	0,0		

CORREZIONE DI Ed con ulteriori FS

Beni modesta importanza	c	1
Beni economici riparabili	c	1,05
Beni economici difficilmente riparabili	c	1,1
Beni economici non riparabili	c	1,2
Ed corretto	Ed corr	0,0

H. BARRIERA IN PROGETTO (m)

Altezza di intercettazione 95%	h _d (m)	0,0	Y _{Tr}	Y _{Dp}
Coeff. di correzione	Y _F	1,122	1,02	1,1
Altezza di intercettazione 95% (corretta)	h _d (m) cr.	0,0	Coefficiente di correzione γ _{Tr} : 1,02 "Back analysis" 1,10 "Bibliografia" Coefficiente di correzione γ _{Dp} : 1,02 "Rilievo topografico accurato" 1.10 "Discretizzazione media"	
Franco minimo UNI11211-1	f _m	0,5		
Altezza minima dell'opera	H_{tot}	0,5		

VERIFICA DELL'OPERA

MEL (Stato limite ultimo)			
SEL (Stato limite di esercizio)			
Valore energetico opera MEL o SEL	500	Progettazione MEL o SEL	
Coeff. Dd sicurezza opera	1,2	1,2 MEL	1,1 SEL
Energia cinetica sollecitante di progetto Esd	Esd 0,0	>	E barr. Cor. 416,67
Esd < Ed cor --- barriera paramassi 500kJ sufficientemente			

Dati di ingresso

Coefficienti di restituzione

COEFFICIENTI DI RESTITUZIONE DEI MATERIALI COSTITUENTI IN PENDIO:

Roccia compatta:	Rn (0,42 St. Dev.0,04)	Rt. (0,92 St. Dev. 2°)	Slope Rougnes (2°)
Roccia fratt. con vegetetata:	Rn (0,37 St. Dev.0,04)	Rt. (0,87 St. Dev.0,04)	Slope Rougnes (2°)
Falda detritica attiva:	Rn (0,34 St. Dev.0,04)	Rt. (0,84 St. Dev.0,04)	Slope Rougnes (3°)
Detrito vegetato molto irregolare:	Rn (0,32 St. Dev.0,04)	Rt. (0,82 St. Dev.0,04)	Slope Rougnes (3°)
Falda detritica vegetata:	Rn (0,30 St. Dev.0,04)	Rt. (0,80 St. Dev.0,04)	Slope Rougnes (3°)
Coltre prativa:	Rn (0,28 St. Dev.0,04)	Rt. (0,78 St. Dev.0,04)	Slope Rougnes (0°)
Asfalto:	Rn (0,37 St. Dev.0,04)	Rt. (0,85 St. Dev.0,04)	Slope Rougnes (0°)
Murature:	Rn (0,40 St. Dev.0,04)	Rt. (0,85 St. Dev.0,04)	Slope Rougnes (0°)

Densità della roccia (Kg/mc)

2650 Kg

Numero scendimenti (n. blocchi)

1000

Profilo

DTM passo 2m da LIDAR 1m

Standard deviatin sui nodi del profilo

0,1m (settori boscati)

Blocco di progetto

0,5mc

Vel. Partenza

1m/s

Vel. Cut off.

0,1m/s

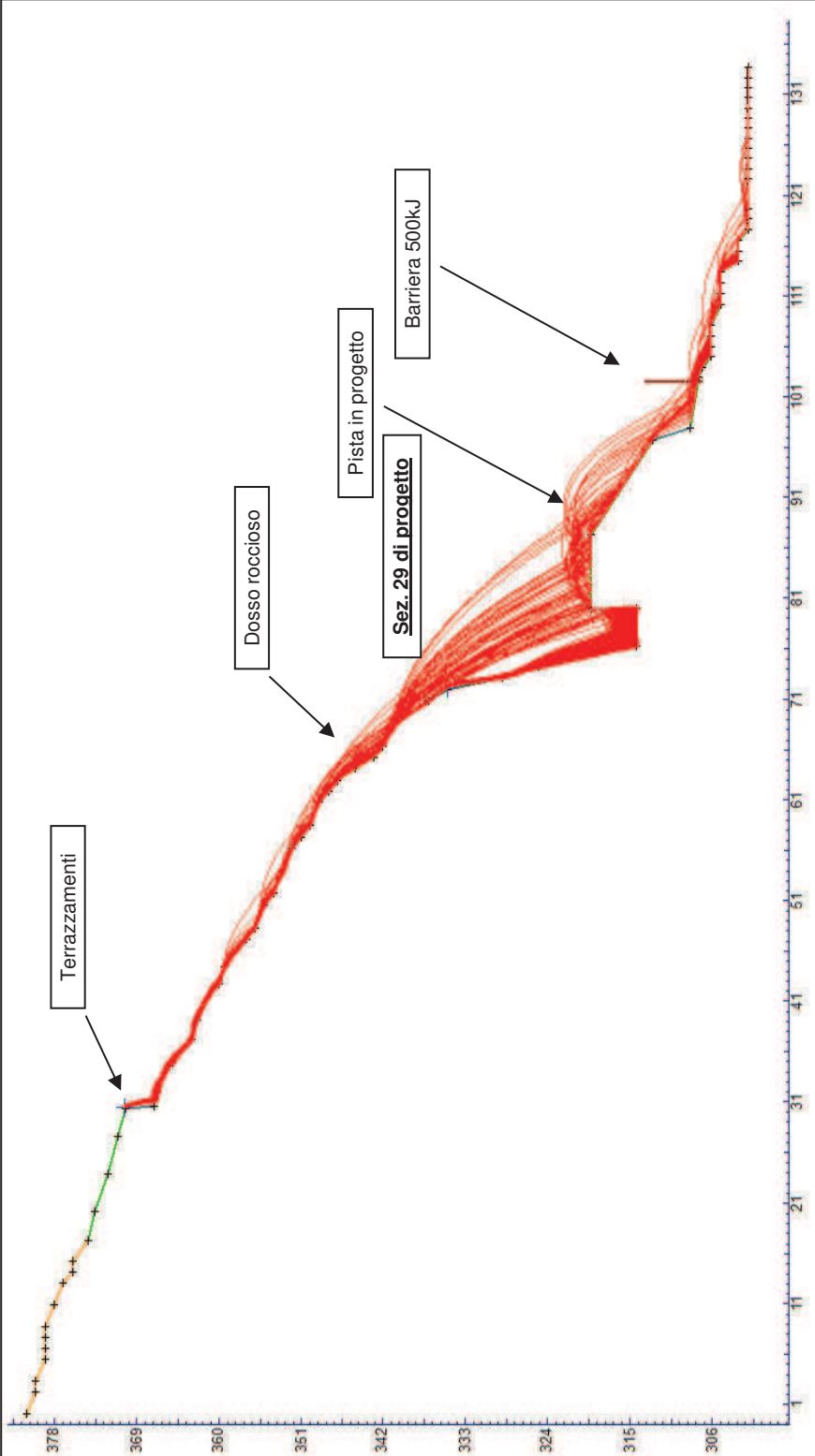
Coefficiente di correzione sulla Massa

non attivo

Sezione di progetto n.29

Vel. ca 95% = 10,9m/s

H. ca 95% = 0,6m



**- Verifiche di caduta massi parete - Sezione di progetto n.29 -
Profilo 2c - Terrazzamenti**

VERIFICA BARRIERA PARAMASSI ESISTENTE SECONDO NORMATIVA UNI

Velocità di calcolo (pari al 95% percentile)	V_t	10,9		
Coeff. di correzione	Y_F	1,21	Y_{Tr} 1,1	Y_{Dp} 1,1
Velocità di progetto	V_d	13,2	Coefficiente di correzione γ _{Tr} : 1,02 "Back analysis" 1,10 "Bibliografia" Coefficiente di correzione γ _{Dp} : 1,02 "Rilievo topografico accurato" 1,10 "Discretizzazione media"	
Volume di progetto	Vol_b	0,5		
Massa per unità di volume della roccia	γ	2650		
Coeff. Di sicurezza Volume blocco	γ_m	1,1	Y_{VolF1} 1,1	Y_y 1
Massa Blocco di progetto	md	1.457,5	Coeff. Rilievo volume del blocco γ _{VolF1} : 1,02 "Rilievi accurati" 1,10 "Rilievo poco accurato" Coeff. Valutazione massa per u nità di volume γ _y :	
AZIONI DI IMPATTO SULLE OPERE	Ed (J)	126.765,9		
	Ed (kJ)	126,8		

CORREZIONE DI Ed con ulteriori FS

Beni modesta importanza	c	1
Beni economici riparabili	c	1,05
Beni economici difficilmente riparabili	c	1,1
Beni economici non riparabili	c	1,2
Ed corretto	Ed corr	152,1

H. BARRIERA IN PROGETTO (m)

Altezza di intercettazione 95%	h_d (m)	0,6	Y_{Tr} 1,02	Y_{Dp} 1,1
Coeff. di correzione	Y_F	1,122		
Altezza di intercettazione 95% (corretta)	h_d (m) cr.	0,7	Coefficiente di correzione γ _{Tr} : 1,02 "Back analysis" 1,10 "Bibliografia" Coefficiente di correzione γ _{Dp} : 1,02 "Rilievo topografico accurato" 1,10 "Discretizzazione media"	
Franco minimo UNI11211-1	f_m	0,5		
Altezza minima dell'opera	H_{tot}	1,2		

VERIFICA DELL'OPERA

MEL (Stato limite ultimo)			
SEL (Stato limite di esercizio)			
Valore energetico opera MEL o SEL	500	<i>Progettazione MEL o SEL</i>	
Coeff. Di sicurezza opera	1,2	1,2 MEL	1,1 SEL
Energia cinetica sollecitante di progetto Esd	Esd 152,1	>	E barr. Cor. 416,67
Esd < Ed cor --- barriera paramassi 500kJ sufficientemente			

Dati di ingresso

Coefficienti di restituzione

COEFFICIENTI DI RESTITUZIONE DEI MATERIALI COSTITUENTI IN PENDIO:

- Roccia compatta:
Rn (0,42 St. Dev.0,04) Rt. (0,92 St. Dev.0,04) Friction Angle (10° St. Dev. 2°) Slope Roughnes (2°)
Rn (0,37 St. Dev.0,04) Rt. (0,87 St. Dev.0,04) Friction Angle (15° St. Dev. 2°) Slope Roughnes (2°)
- Falda detritica attiva:
Rn (0,34 St. Dev.0,04) Rt. (0,84 St. Dev.0,04) Friction Angle (35° St. Dev. 2°) Slope Roughnes (3°)
Rn (0,32 St. Dev.0,04) Rt. (0,82 St. Dev.0,04) Friction Angle (40° St. Dev. 2°) Slope Roughnes (3°)
- Detrito vegetato molto irregolare:
Rn (0,30 St. Dev.0,04) Rt. (0,80 St. Dev.0,04) Friction Angle (30° St. Dev. 2°) Slope Roughnes (3°)
Rn (0,28 St. Dev.0,04) Rt. (0,78 St. Dev.0,04) Friction Angle (05° St. Dev. 2°) Slope Roughnes (0°)
- Falda detritica vegetata:
Rn (0,37 St. Dev.0,04) Rt. (0,85 St. Dev.0,04) Friction Angle (05° St. Dev. 2°) Slope Roughnes (0°)
- Coilire prativa:
Asfalto:

Densità della roccia (Kg/mc)

Numero scendimenti (n. blocchi)

Profilo

Standard deviatin sui nodi del profilo

Blocco di progetto

Vel. Partenza

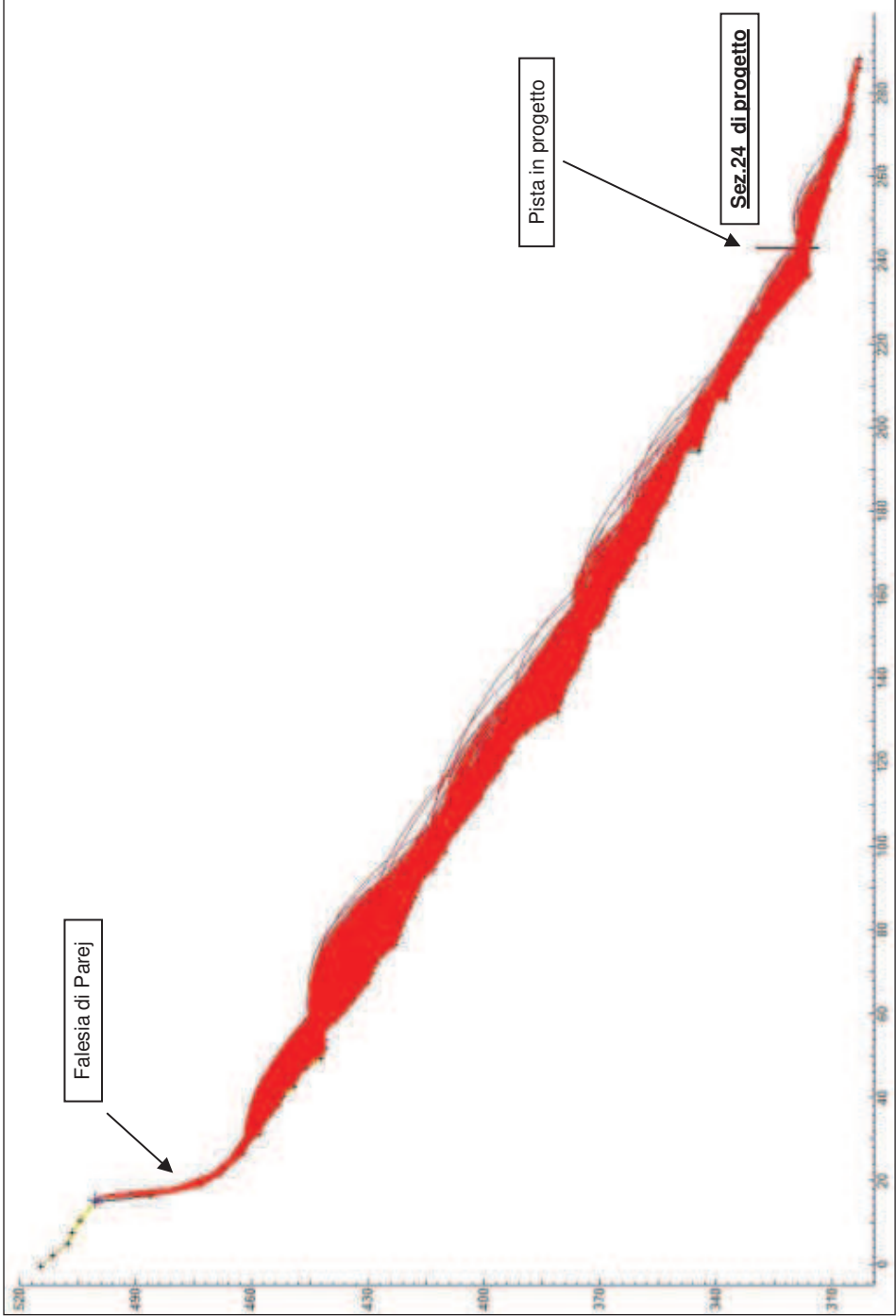
Vel. Cut off.

Coefficiente di correzione sulla Massa

Sezione di progetto n.24

Vel. 95% = 18,5m/s

H. 95% = 2,4m



- Verifiche di caduta massi parete - Sezione di progetto n.24 -
Profilo 3a

VERIFICA BARRIERA PARAMASSI IN PROGETTO SECONDO NORMATIVA UNI

Velocità di calcolo (pari al 95% percentile)	V_t	18,5		
Coeff. di correzione	Y_F	1,122	Y_{Tr} 1,02	Y_{Dp} 1,1
Velocità di progetto	V_d	20,8	Coefficiente di correzione γ _{Tr} : 1,02 "Back analysis" 1,10 "Bibliografia" Coefficiente di correzione γ _{Dp} : 1,02 "Rilievo topografico accurato" 1,10 "Discretizzazione media"	
Volume di progetto	Vol_b	10		
Massa per unità di volume della roccia	γ	2650		
Coeff. Di sicurezza Volume blocco	γ_m	1,1	Y_{VolF1} 1,1	Y_y 1
Massa Blocco di progetto	md	29.150,0	Coeff. Rilievo volume del blocco γ _{VolF1} : 1,02 "Rilievi accurati" 1,10 "Rilievo poco accurato" Coeff. Valutazione massa per u nità di volume γ _y :	
AZIONI DI IMPATTO SULLE OPERE	Ed (J)	6.279.683,2		
	Ed (kJ)	6.279,7		

CORREZIONE DI Ed con ulteriori FS

Beni modesta importanza	c	1
Beni economici riparabili	c	1,05
Beni economici difficilmente riparabili	c	1,1
Beni economici non riparabili	c	1,2
Ed corretto	Ed corr	7.535,6

H. VALLO IN PROGETTO (m)

Altezza di intercettazione 95%	h_d (m)	2,4	Y_{Tr} 1,02	Y_{Dp} 1,1
Coeff. di correzione	Y_F	1,122		
Altezza di intercettazione 95% (corretta)	h_d (m) cr.	2,7	Coefficiente di correzione γ _{Tr} : 1,02 "Back analysis" 1,10 "Bibliografia" Coefficiente di correzione γ _{Dp} : 1,02 "Rilievo topografico accurato" 1,10 "Discretizzazione media"	
Franco minimo UNI11211-1	f_m	1,35		
Altezza minima dell'opera	H_{tot}	4,0		

VERIFICA DELL'OPERA

MEL (Stato limite ultimo)			
SEL (Stato limite di esercizio)			
Valore energetico opera MEL o SEL	8000	<i>Progettazione MEL o SEL</i>	
Coeff. Dd sicurezza opera	1,2	1,2 MEL	1,1 SEL
Energia cinetica sollecitante di progetto Esd	Esd 7535,6	>	E barr. Cor. 6666,67
Esd > Ed cor --- barriera paramassi 8000kJ insufficientemente			

Dati di ingresso

Coefficienti di restituzione

COEFFICIENTI DI RESTITUZIONE DEI MATERIALI COSTITUENTI IN PENDIO:

- Roccia compatta: Rn (0.42 St. Dev.0,04) Rt. (0.92 St. Dev.0,04) Friction Angle (10° St. Dev. 2°) Slope Roughnes (2°)
- Roccia fratt. con vegetetata: Rn (0.37 St. Dev.0,04) Rt. (0.87 St. Dev.0,04) Friction Angle (15° St. Dev. 2°) Slope Roughnes (2°)
- Falda detritica attiva: Rn (0.34 St. Dev.0,04) Rt. (0.84 St. Dev.0,04) Friction Angle (35° St. Dev. 2°) Slope Roughnes (3°)
- Detrito vegetato molto irregolare: Rn (0.32 St. Dev.0,04) Rt. (0.82 St. Dev.0,04) Friction Angle (40° St. Dev. 2°) Slope Roughnes (3°)
- Falda detritica vegetata: Rn (0.30 St. Dev.0,04) Rt. (0.80 St. Dev.0,04) Friction Angle (30° St. Dev. 2°) Slope Roughnes (3°)
- Coltre prativa: Rn (0.28 St. Dev.0,04) Rt. (0.78 St. Dev.0,04) Friction Angle (05° St. Dev. 2°) Slope Roughnes (0°)
- Asfalto: Rn (0.37 St. Dev.0,04) Rt. (0.85 St. Dev.0,04) Friction Angle (05° St. Dev. 2°) Slope Roughnes (0°)

Densità della roccia (Kg/mc)

2650 Kg

Blocco di progetto

10mc

Numero scendimenti (n. blocchi)

1000

Vel. Partenza

1m/s

Profilo

DTM passo 2m da LIDAR 1m

Vel. Cut off.

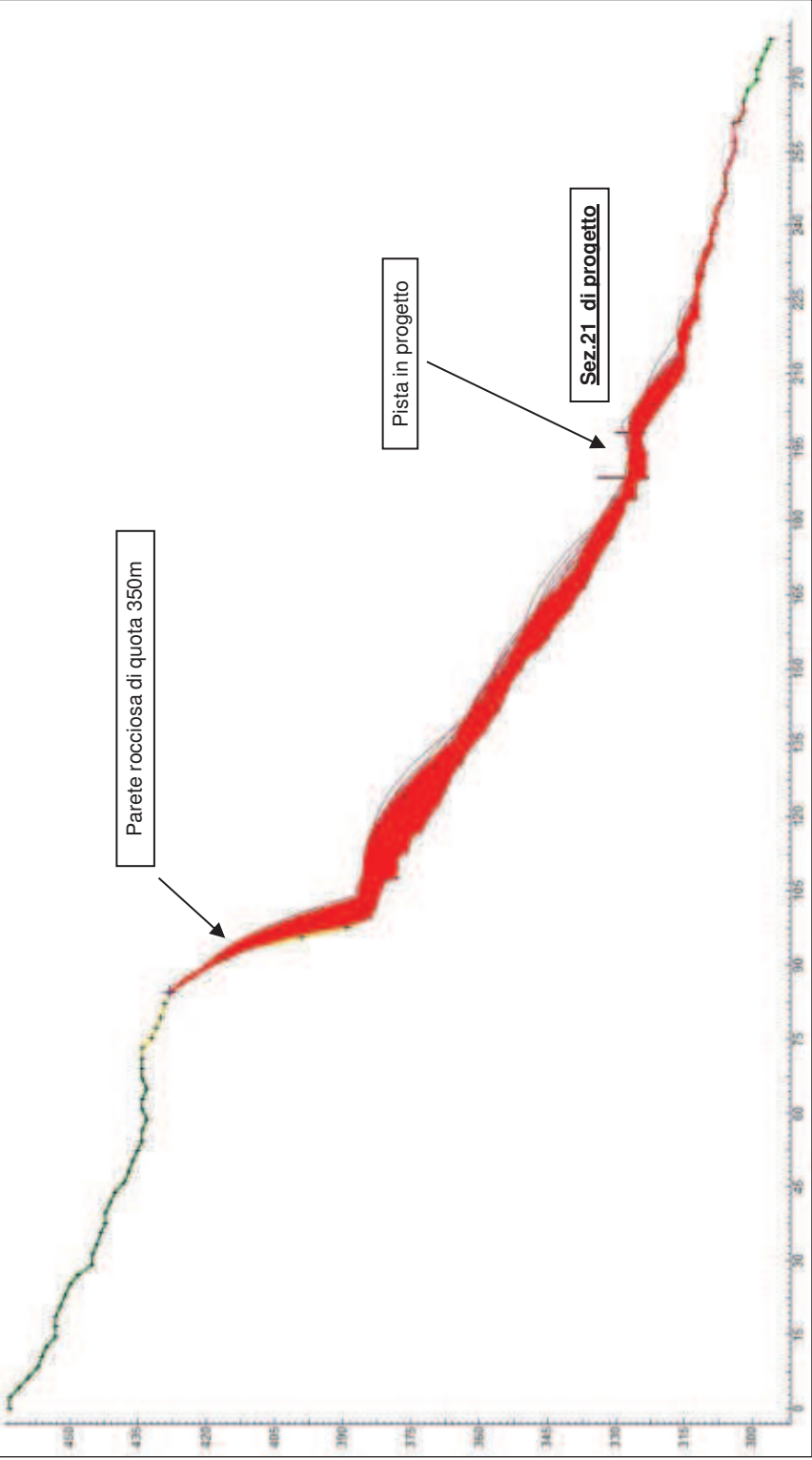
0,1m/s

Standard deviatin sui nodi del profilo

0,1m (settori boscati)

Coefficiente di correzione sulla Massa

79'500Kg



Sezione di progetto n.21

Vel. 95% = 17,2-12,0m/s

H. 95% = 1,9-1,8m

**- Verifiche di caduta massi parete - Sezione di progetto n.21 -
Profilo 3b**

VERIFICA BARRIERA PARAMASSI IN PROGETTO SECONDO NORMATIVA UNI

Velocità di calcolo (pari al 95% percentile)	V_t	17,2		
Coeff. di correzione	Y_F	1,122	Y_{Tr} 1,02	Y_{Dp} 1,1
Velocità di progetto	V_d	19,3	Coefficiente di correzione γ _{Tr} : 1,02 "Back analysis" 1,10 "Bibliografia" Coefficiente di correzione γ _{Dp} : 1,02 "Rilievo topografico accurato" 1,10 "Discretizzazione media"	
Volume di progetto	Vol_b	10		
Massa per unità di volume della roccia	γ	2650		
Coeff. Di sicurezza Volume blocco	γ_m	1,1	Y_{VolF1} 1,1	Y_y 1
Massa Blocco di progetto	md	29.150,0	Coeff. Rilievo volume del blocco γ _{VolF1} : 1,02 "Rilievi accurati" 1,10 "Rilievo poco accurato" Coeff. Valutazione massa per u nità di volume γ _y :	
AZIONI DI IMPATTO SULLE OPERE	Ed (J)	5.428.141,6		
	Ed (kJ)	5.428,1		

CORREZIONE DI Ed con ulteriori FS

Beni modesta importanza	c	1
Beni economici riparabili	c	1,05
Beni economici difficilmente riparabili	c	1,1
Beni economici non riparabili	c	1,2
Ed corretto	Ed corr	6.513,8

H. VALLO IN PROGETTO (m)

Altezza di intercettazione 95%	h_d (m)	1,9	Y_{Tr} 1,02	Y_{Dp} 1,1
Coeff. di correzione	Y_F	1,122		
Altezza di intercettazione 95% (corretta)	h_d (m) cr.	2,1	Coefficiente di correzione γ _{Tr} : 1,02 "Back analysis" 1,10 "Bibliografia" Coefficiente di correzione γ _{Dp} : 1,02 "Rilievo topografico accurato" 1,10 "Discretizzazione media"	
Franco minimo UNI11211-1	f_m	1,35		
Altezza minima dell'opera	H_{tot}	3,5		

VERIFICA DELL'OPERA

MEL (Stato limite ultimo)			
SEL (Stato limite di esercizio)			
Valore energetico opera MEL o SEL	8000	<i>Progettazione MEL o SEL</i>	
Coeff. Dd sicurezza opera	1,2	1,2 MEL	1,1 SEL
Energia cinetica sollecitante di progetto Esd	Esd 6513,8	>	E barr. Cor. 6666,67
Esd < Ed cor --- barriera paramassi 8000kJ sufficientemente			

- Verifiche di caduta massi parete - Sezione di progetto n.19 -

Profilo 3c - Falda detritica

Dati di ingresso

Coefficienti di restituzione

COEFFICIENTI DI RESTITUZIONE DEI MATERIALI COSTITUENTI IN PENDIO:

- Roccia compatta: Rn (0.42 St. Dev.0,04) Rt. (0.92 St. Dev.0,04) Friction Angle (10° St. Dev. 2°) Slope Roughnes (2°)
- Roccia fratt. con vegetetata: Rn (0.37 St. Dev.0,04) Rt. (0.87 St. Dev.0,04) Friction Angle (15° St. Dev. 2°) Slope Roughnes (2°)
- Falda detritica attiva: Rn (0.34 St. Dev.0,04) Rt. (0.84 St. Dev.0,04) Friction Angle (35° St. Dev. 2°) Slope Roughnes (3°)
- Detrito vegetato molto irregolare: Rn (0.32 St. Dev.0,04) Rt. (0.82 St. Dev.0,04) Friction Angle (40° St. Dev. 2°) Slope Roughnes (3°)
- Falda detritica vegetata: Rn (0.30 St. Dev.0,04) Rt. (0.80 St. Dev.0,04) Friction Angle (30° St. Dev. 2°) Slope Roughnes (3°)
- Coltre prativa: Rn (0.28 St. Dev.0,04) Rt. (0.78 St. Dev.0,04) Friction Angle (05° St. Dev. 2°) Slope Roughnes (0°)
- Asfalto: Rn (0.37 St. Dev.0,04) Rt. (0.85 St. Dev.0,04) Friction Angle (05° St. Dev. 2°) Slope Roughnes (0°)

Densità della roccia (Kg/mc)

2650 Kg

Blocco di progetto

10mc

Numero scendimenti (n. blocchi)

1000

Vel. Partenza

1m/s

Profilo

DTM passo 2m da LIDAR 1m

Vel. Cut off.

0,1m/s

Standard deviatin sui nodi del profilo

0,1m (settori boscati)

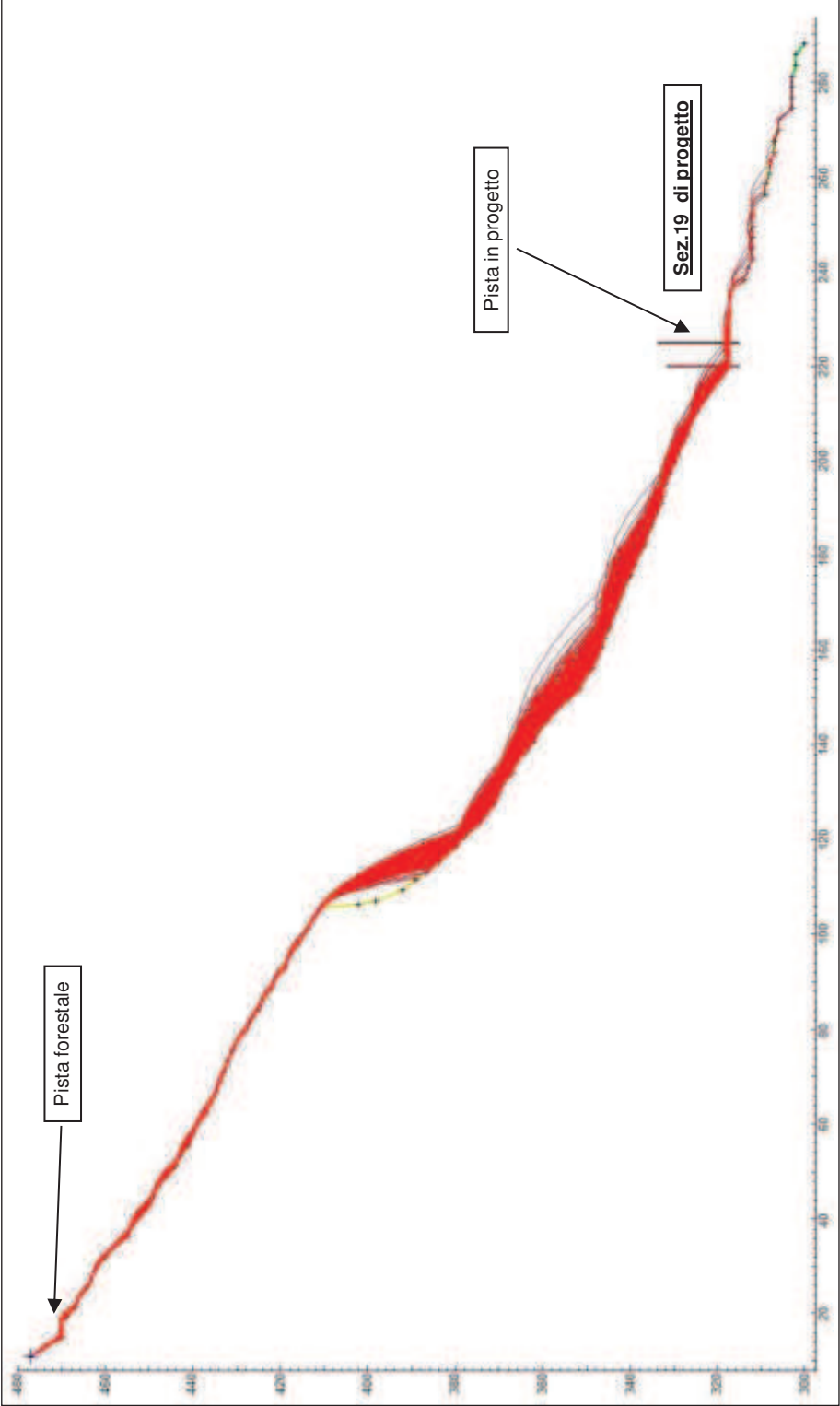
Coefficiente di correzione sulla Massa

79'500Kg

Sezione di progetto n.19

Vel. 95% = 17,9-10,3m/s

H. 95% = 2,1-0,7m



- Verifiche di caduta massi parete - Sezione di progetto n.19 -
Profilo 3c - Falda detritica

VERIFICA BARRIERA PARAMASSI IN PROGETTO SECONDO NORMATIVA UNI

Velocità di calcolo (pari al 95% percentile)	V_t	17,9		
Coeff. di correzione	Y_F	1,122	Y_{Tr} 1,02	Y_{Dp} 1,1
Velocità di progetto	V_d	20,1	Coefficiente di correzione γ _{Tr} : 1,02 "Back analysis" 1,10 "Bibliografia" Coefficiente di correzione γ _{Dp} : 1,02 "Rilievo topografico accurato" 1,10 "Discretizzazione media"	
Volume di progetto	Vol_b	10		
Massa per unità di volume della roccia	γ	2650		
Coeff. Di sicurezza Volume blocco	γ_m	1,1	Y_{VolF1} 1,1	Y_y 1
Massa Blocco di progetto	md	29.150,0	Coeff. Rilievo volume del blocco γ _{VolF1} : 1,02 "Rilievi accurati" 1,10 "Rilievo poco accurato" Coeff. Valutazione massa per u nità di volume γ _y :	
AZIONI DI IMPATTO SULLE OPERE	Ed (J)	5.878.957,8		
	Ed (kJ)	5.879,0		

CORREZIONE DI Ed con ulteriori FS

Beni modesta importanza	c	1
Beni economici riparabili	c	1,05
Beni economici difficilmente riparabili	c	1,1
Beni economici non riparabili	c	1,2
Ed corretto	Ed corr	7.054,7

H. VALLO IN PROGETTO (m)

Altezza di intercettazione 95%	h_d (m)	2,1	Y_{Tr} 1,02	Y_{Dp} 1,1
Coeff. di correzione	Y_F	1,122		
Altezza di intercettazione 95% (corretta)	h_d (m) cr.	2,4	Coefficiente di correzione γ _{Tr} : 1,02 "Back analysis" 1,10 "Bibliografia" Coefficiente di correzione γ _{Dp} : 1,02 "Rilievo topografico accurato" 1,10 "Discretizzazione media"	
Franco minimo UNI11211-1	f_m	1,35		
Altezza minima dell'opera	H_{tot}	3,7		

VERIFICA DELL'OPERA

MEL (Stato limite ultimo)			
SEL (Stato limite di esercizio)			
Valore energetico opera MEL o SEL	8000	<i>Progettazione MEL o SEL</i>	
Coeff. Dd sicurezza opera	1,2	1,2 MEL	1,1 SEL
Energia cinetica sollecitante di progetto Esd	Esd	E barr. Cor.	
	7054,7	>	6666,67
Esd > Ed cor --- barriera paramassi 8000kJ insufficientemente			

- Verifiche di caduta massi parete - Sezione di progetto n.19 -
Profilo 3c - Parete rocciosa 500m di quota

Dati di ingresso

Coefficienti di restituzione

COEFFICIENTI DI RESTITUZIONE DEI MATERIALI COSTITUENTI IN PENDIO:

- Roccia compatta:
Rn (0,42 St. Dev.0,04) Rt. (0,92 St. Dev.0,04) Friction Angle (10° St. Dev. 2°) Slope Roughnes (2°)
Rn (0,37 St. Dev.0,04) Rt. (0,87 St. Dev.0,04) Friction Angle (15° St. Dev. 2°) Slope Roughnes (2°)
Roccia fratt. con vegetetata:
Rn (0,34 St. Dev.0,04) Rt. (0,84 St. Dev.0,04) Friction Angle (35° St. Dev. 2°) Slope Roughnes (3°)
Falda detritica attiva:
Rn (0,32 St. Dev.0,04) Rt. (0,82 St. Dev.0,04) Friction Angle (40° St. Dev. 2°) Slope Roughnes (3°)
Detrito vegetato molto irregolare:
Rn (0,30 St. Dev.0,04) Rt. (0,80 St. Dev.0,04) Friction Angle (30° St. Dev. 2°) Slope Roughnes (3°)
Falda detritica vegetata:
Rn (0,28 St. Dev.0,04) Rt. (0,78 St. Dev.0,04) Friction Angle (05° St. Dev. 2°) Slope Roughnes (0°)
Coltre prativa:
Rn (0,37 St. Dev.0,04) Rt. (0,85 St. Dev.0,04) Friction Angle (05° St. Dev. 2°) Slope Roughnes (0°)
Asfalto:

Densità della roccia (Kg/mc)

Numero scendimenti (n. blocchi)

Profilo

Standard deviatin sui nodi del profilo

Blocco di progetto

Vel. Partenza

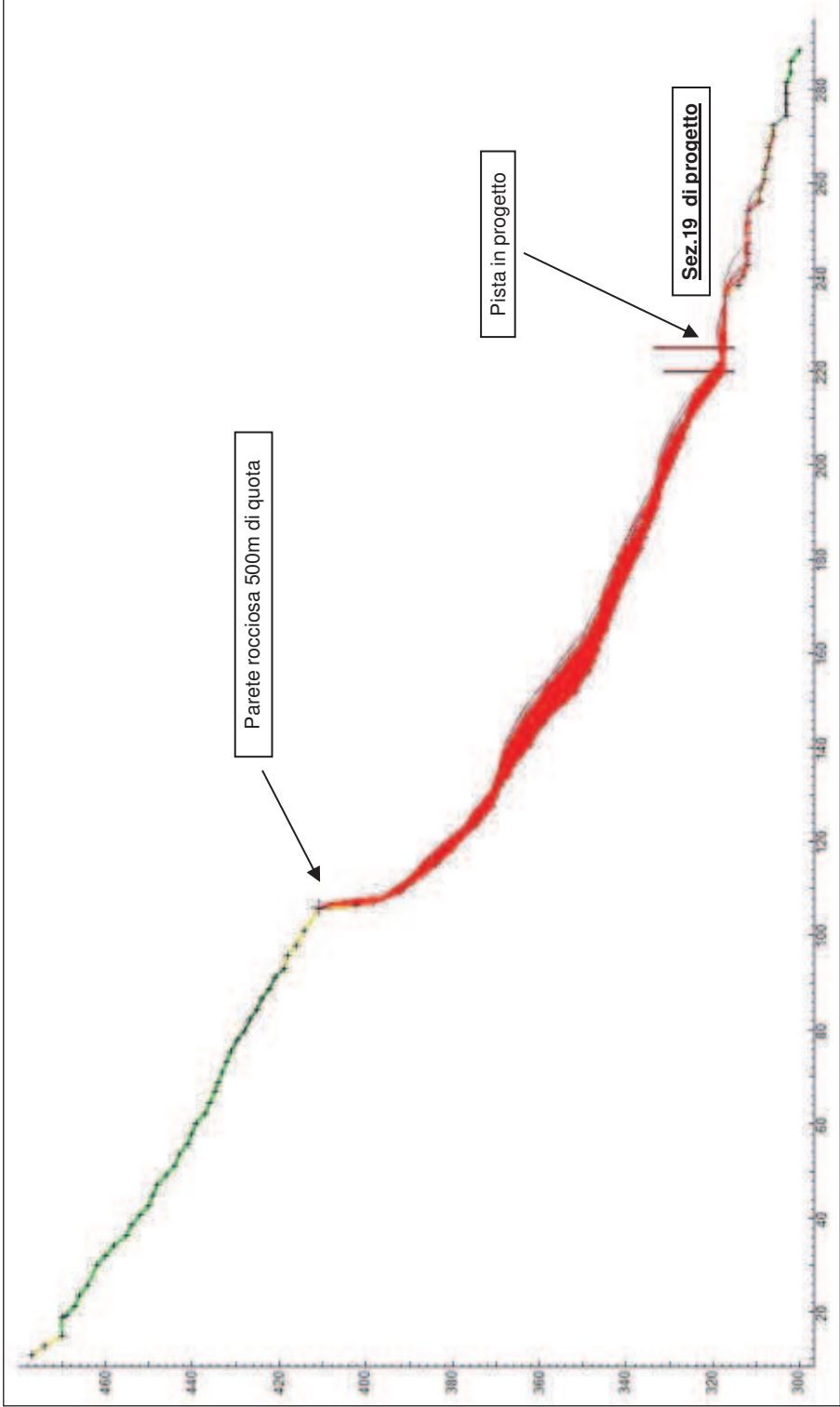
Vel. Cut off.

Coefficiente di correzione sulla Massa

Sezione di progetto n.19

Vel. 95% = 17,5-9,6m/s

H. 95% = 2,1-0,6m



- Verifiche di caduta massi parete - Sezione di progetto n.19 -
Profilo 3c - Parete rocciosa 500m di quota

VERIFICA BARRIERA PARAMASSI IN PROGETTO SECONDO NORMATIVA UNI

Velocità di calcolo (pari al 95% percentile)	V_t	17,5		
Coeff. di correzione	Y_F	1,122	Y_{Tr} 1,02	Y_{Dp} 1,1
Velocità di progetto	V_d	19,6	Coefficiente di correzione γ _{Tr} : 1,02 "Back analysis" 1,10 "Bibliografia" Coefficiente di correzione γ _{Dp} : 1,02 "Rilievo topografico accurato" 1,10 "Discretizzazione media"	
Volume di progetto	Vol_b	10		
Massa per unità di volume della roccia	γ	2650		
Coeff. Di sicurezza Volume blocco	γ_m	1,1	Y_{VolF1} 1,1	Y_y 1
Massa Blocco di progetto	md	29.150,0	Coeff. Rilievo volume del blocco γ _{VolF1} : 1,02 "Rilievi accurati" 1,10 "Rilievo poco accurato" Coeff. Valutazione massa per u nità di volume γ _y :	
AZIONI DI IMPATTO SULLE OPERE	Ed (J)	5.619.146,8		
	Ed (kJ)	5.619,1		

CORREZIONE DI Ed con ulteriori FS

Beni modesta importanza	c	1
Beni economici riparabili	c	1,05
Beni economici difficilmente riparabili	c	1,1
Beni economici non riparabili	c	1,2
Ed corretto	Ed corr	6.743,0

H. VALLO IN PROGETTO (m)

Altezza di intercettazione 95%	h_d (m)	2,1	Y_{Tr} 1,02	Y_{Dp} 1,1
Coeff. di correzione	Y_F	1,122		
Altezza di intercettazione 95% (corretta)	h_d (m) cr.	2,4	Coefficiente di correzione γ _{Tr} : 1,02 "Back analysis" 1,10 "Bibliografia" Coefficiente di correzione γ _{Dp} : 1,02 "Rilievo topografico accurato" 1,10 "Discretizzazione media"	
Franco minimo UNI11211-1	f_m	1,35		
Altezza minima dell'opera	H_{tot}	3,7		

VERIFICA DELL'OPERA

MEL (Stato limite ultimo)			
SEL (Stato limite di esercizio)			
Valore energetico opera MEL o SEL	8000	<i>Progettazione MEL o SEL</i>	
Coeff. Dd sicurezza opera	1,2	1,2 MEL	1,1 SEL
Energia cinetica sollecitante di progetto Esd	Esd 6743,0	>	E barr. Cor. 6666,67
Esd > Ed cor --- barriera paramassi 8000kJ insufficientemente			

ALLEGATO RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE

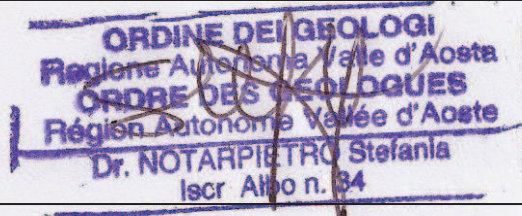
PROVINCIA DI TORINO

COMUNE DI QUINCINETTO

INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE PER L'APPROFONDIMENTO DEL QUADRO CONOSCITIVO DELLE COLTRI DETRITICHE DEL BASSO VERSANTE IN LOC. PAREY-VAL

Geol. NOTARPIETRO Stefania
Via Kaolack n.13 – 11100 Aosta

AOSTA, 04/11/2017



INDICE

1	PREMESSA	1
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	1
3	INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE E TOMOGRAFIA	2
3.1	<i>SISMICA A RIFRAZIONE SETTORI 1 E 2</i>	4
4	INDAGINI SISMICHE MASW	5
4.1	<i>INDAGINI MASW</i>	7
5	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	9

Geol. NOTARPIETRO Stefania	Indagine sismica a rifrazione per l'approfondimento del quadro conoscitivo delle coltri detritiche del basso versante in loc. Parey-Val, nel comune di Quincinetto (TO)
	Rapporto sismica a rifrazione

1 PREMESSA

Su incarico del gruppo di progettazione è stata svolta in data 24.10.2017 una indagine sismica lungo il basso versante in loc. Parey-Val nel comune di Quincinetto per migliorare il quadro conoscitivo delle coltri detritiche che costituiscono il settore basale del versante.

A tal fine sono state svolte:

- n.2 prove sismiche a rifrazione;
- n.2 prove sismiche MASW.

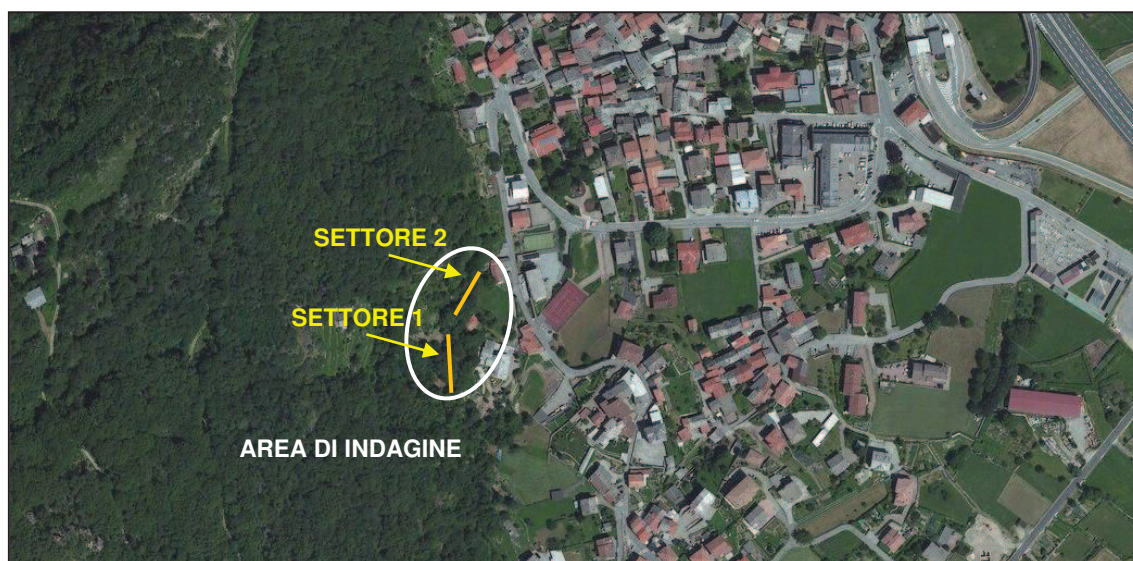
Queste hanno interessato una stretta fascia di pendio posta a ridosso dei fabbricati ubicati a monte di via Val, in un settore di versante accidentato con la presenza di terrazzamenti e salti topografici che non hanno permesso la realizzazione di un'unica stesa geofonica. Ne consegue che l'area di studio è stata divisa in due settori, rispettivamente denominati settore 1 e 2, i quali nel complesso coprono una fascia di pendio lunga ca. 100m. Le prove sono state eseguite con energizzazioni verticali, pertanto l'analisi dei dati MASW e la definizione dei modelli è stata svolta in onde di Rayleigh. Per quanto concerne la strumentazione utilizzata, la registrazione dei dati è stata svolta con l'ausilio di un geofono triassiale modello GEMINI 2Hz, mentre per l'interpretazione dei dati sono stati utilizzati i software RA2dTomo (tomografia sismica a rifrazione) e Winmasw 3C (prove MASW).

Le finalità delle indagini sono quelle di migliorare il quadro conoscitivo del deposito detritico posto al piede del versante mediante la caratterizzazione della sua composizione e la definizione della quota del substrato roccioso.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area di indagine si attesta al piede del versante che raccorda il fondovalle su cui sorge l'abitato di Quincinetto e la falesia rocciosa di Parey, posta a ca. 440m di quota.

Questo tratto di pendio è caratterizzato nel settore meridionale (settor 1) da coltri detritiche a grandi blocchi, a tratti con veri e propri accatastamenti di massi ciclopici, che lasciano intuire ad una genesi correlata ad un evento di paleofrana. Il settore settentrionale dell'area di studio (settor 2) interessa invece una piccola conoide di genesi mista, attualmente solcata da un ruscello che drena le acque provenienti dal pendio. Tra questi due settori, si evidenzia la presenza di un salto morfologico di ca. 4-6m e la presenza di antichi terrazzamenti agricoli, ormai totalmente ammalorati, che movimentano l'andamento delle coltri naturali del pendio. Direttamente a valle della fascia di pendio interessata dalle indagini sismiche, si attestano i fabbricati della frazione di Val, con alcuni fabbricati abbandonati ed in totale degrado, mentre altri risultano recentemente ristrutturati (Es. Agriturismo Val).



3 INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE E TOMOGRAFIA

Le indagini di tipo sismico sono tra le tecniche geofisiche quelle con il più ampio campo di impiego in ambito geologico ed ingegneristico. Queste si basano sulla propagazione delle onde sismiche da una sorgente di energia artificiale o naturale ad una serie di ricevitori predisposti secondo una precisa geometria di registrazione. Il passaggio delle onde attraverso il mezzo indagato e le variazioni che esse subiscono permettono di ricostruire parte delle caratteristiche meccaniche e geometriche del sottosuolo.

L'analisi del segnale sismico si basa sullo studio della propagazione delle 4 componenti principali del segnale:

Onde di volume:

- Onde "P" primarie o di compressione;
- Onde "S" secondarie o di taglio.

Onde di superficie:

- Onde "L" di Love (movimento longitudinale e trasversale);
- Onde "R" di Rayleigh (movimento ellittico retrogrado).

Le onde sismiche generate dalla sorgente attraversando il sottosuolo, possono incontrare limiti tra materiali con differenti proprietà. Il fronte d'onda potrà essere quindi riflesso o rifratto secondo la legge Snell, la quale descrive il cambio di direzione quando essa incide su un'interfaccia che separa due mezzi caratterizzati da velocità diverse. Il rapporto tra il seno dell'angolo di incidenza e la velocità del mezzo in cui incide il raggio è uguale al rapporto tra il seno con cui viene deflesso il raggio e la velocità del mezzo in cui si ha rifrazione.

Relativamente alla tecnica della rifrazione, si ricorda che essa si genera e risulta registrabile in superficie solo se è presente una variazione positiva delle velocità tra due mezzi.

Geol. NOTARPIETRO Stefania	Indagine sismica a rifrazione per l'approfondimento del quadro conoscitivo delle coltri detritiche del basso versante in loc. Parey-Val, nel comune di Quincinetto (TO)
	Rapporto sismica a rifrazione

Ovvero, solo se la velocità delle onde aumenta all'aumentare della profondità. Ad un particolare angolo di incidenza chiamato "angolo critico", tutta l'energia della rifrazione si propaga all'interfaccia tra i due mezzi, generando un fenomeno chiamato "onda di testa". Lungo l'interfaccia si possono verificare quindi delle convulsioni del segnale, dove parte dell'energia della componente P può generare onde S e viceversa. Se l'onda incidente e quella riflessa sono dello stesso tipo (P o S), si ha che l'angolo di incidenza è uguale all'angolo di riflessione. Qualora invece lungo le superfici di interfaccia si ha una conversione dell'onda P-S, l'angolo di riflessione risulta variabile. Nello specifico se la componente incidente P è maggiore di quella riflessa S, allora si ha che l'angolo di riflessione è minore di quello di incidenza. Mentre se la componente incidente S è maggiore di quella P, l'angolo di riflessione è maggiore di quello di incidenza.

Nel caso di studio, è stata utilizzata la tecnica a rifrazione, che permette di determinare le velocità delle onde sismiche, le quali dipendono dalle caratteristiche geomeccaniche dei terreni, lo spessore delle coltri di copertura e la profondità del basamento roccioso. Il metodo si basa sui tempi di primo arrivo degli impulsi (battute) al geofono, dove in ragione dell'utilizzo di un unico geofono triassiale, sono state necessarie n.4 profili sismici denominati A-B-C-D per ogni settore di indagine. I dati raccolti per ogni profilo sismico sono stati utilizzati per la costruzione di un diagramma (dromocrona) nella quale in ascissa sono rappresentate le distanze (posizioni battute), mentre in ordinata sono indicati i tempi.

Per ciascun diagramma sono identificabili le onde dirette, le quali viaggiano dalla sorgente al ricevitore con velocità V_1 (nella dromocrona sono rappresentate dalla linea che dall'origine ha una pendenza pari a $1/v_1$) e raggiungono il geofono in un tempo

$$T = \frac{X}{V_1}$$

Le onde rifratte viaggiano invece lungo l'interfaccia a una profondità "Z" (retta dromocrona con pendenza $1/V_2$) e raggiungono il ricevitore in un tempo (tempo intercetta):

$$Ti = \frac{x}{V_2} + \frac{2z * \sqrt{V_2^2 - V_1^2}}{V_2 * V_1}$$

Nell'analisi dei dati è possibile attraverso differenti tecniche individuare il rifrattore, in particolare, il punto di Crossover (il punto di intersezione tra le due rette, definito come punto di ginocchio), il quale permette di calcolare la profondità del rifrattore.

Nel caso di studio è stato utilizzato il metodo tomografico, che prevede di utilizzare i primi arrivi di tutti i canali. Le dromocrone di ogni settore sono state così caricate nel software RA2dTomo che permette di effettuare un'inversione tomografica del dato sismico. Si ricorda

Geol. NOTARPIETRO Stefania	Indagine sismica a rifrazione per l'approfondimento del quadro conoscitivo delle coltri detritiche del basso versante in loc. Parey-Val, nel comune di Quincinetto (TO)
	Rapporto sismica a rifrazione

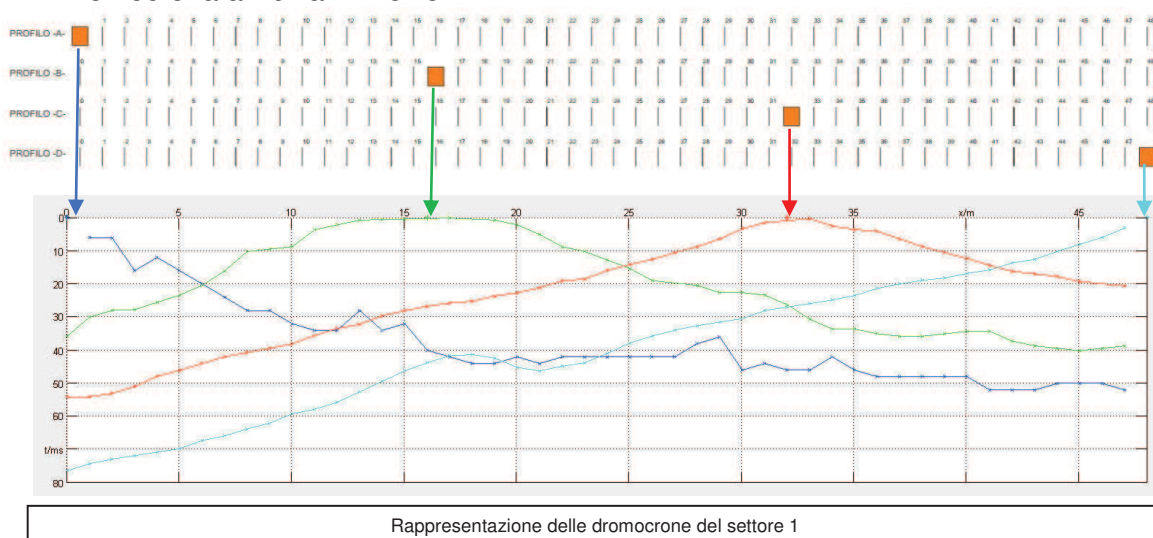
infatti che la tomografia è una tecnica di ricostruzione per immagini, che permette di caratterizzare un'area non accessibile per mezzo di impulsi di energia che attraversano l'area oggetto di studio.

3.1 SISMICA A RIFRAZIONE SETTORI 1 E 2

In corrispondenza del settore 1 è stato svolto uno stendimento lungo 48m, precedentemente picchettato, con punti di energizzazione spazati di 1m per un totale di n.4 profili denominati A-B-C-D (Vd allegato). Questi si differenziano per la posizione del geofono, che è stato spostato nelle differenti fasi di svolgimento delle indagini dal primo punto di battuta (profilo A) all'ultimo (profilo D) passando per le posizioni poste a 1/3 e 2/3 della lunghezza dello stendimento, individuabili rispettivamente in corrispondenza dei canali 16 (profilo B) e 32 (profilo C). La registrazione delle tracce ha previsto un Sample rate di 2ms (500Hz) e un Acquisition Length di 5 secondi.

In figura 4 vengono mostrate le quattro dromocrone ottenute dai picking dei primi arrivi dei quattro sismogrammi rilevati:

- Dromocrona blu = Profilo A;
- Dromocrona verde = Profilo B;
- Dromocrona rossa = Profilo C;
- Dromocrona azzurra = Profilo D.



Definite le dromocrone si è passato alla definizione della MASH, per la quale si è impostata una profondità massima di 16m, i cui risultati sono riportati in allegato.

Analogamente a quanto descritto per il settore n.1, è stato svolto il medesimo procedimento anche per il n.2, il quale differisce dal precedente in quanto presenta uno

Geol. NOTARPIETRO Stefania	Indagine sismica a rifrazione per l'approfondimento del quadro conoscitivo delle coltri detritiche del basso versante in loc. Parey-Val, nel comune di Quincinetto (TO)
	Rapporto sismica a rifrazione

sviluppo di 40m, con i canali 13 (profilo B) e 26 (profilo C) posti rispettivamente a 1/3 e 2/3 della lunghezza.

La taratura dei modelli interpretativi è stata svolta sulla base del settore terminale della stesa geofonica del settore n.2, in quanto in corrispondenza i canali 38-39-40 risultavano a breve distanza da un affioramento di roccia montonata. Pertanto, il controllo della MESH e la coerenza dei dati di velocità sono stati valutati sulla base di questo punto, che presenta di fatto della roccia affiorante.

4 INDAGINI SISMICHE MASW

In accordo con quanto previsto nelle NTC 2008, sono state svolte n.2 indagini MASW poste rispettivamente nei settori n.1 e n.2 per la valutazione delle Vs30 e la definizione della relativa categoria sismica dei depositi.

Con il termine MASW si indica uno studio della propagazione delle onde di superficie mediante una energizzazione del terreno. Tale pratica viene comunemente svolta mediante l'impiego di una mazza battente o, nel caso di necessità di indagine a profondità superiori ai 30/50m, l'utilizzo del cosiddetto cannoncino sismico. Comunemente tale analisi viene effettuata analizzando la sola componente delle onde di Rayleigh (R), la cui generazione avviene attraverso un'energizzazione verticale del sito.

Tuttavia, tale tipologia di acquisizione risulta il più delle volte incompleta o fuorviante a causa di alcune ambiguità degli spettri di risposta che caratterizzano questo tipo di onda superficiale. Pertanto è buona norma, e talvolta necessario, abbinare a questa tipologia di analisi lo studio di un'altra famiglia di onde di superficie, vale a dire quelle di Love (L), la cui interpretazione risulta meglio rappresentativa del modello litologico in esame per via del minor numero di modi di propagazione.

Queste onde vengono dette di superficie, in quanto la loro ampiezza decresce con la profondità di propagazione, pertanto il loro sviluppo interessa quasi esclusivamente le porzioni più superficiali di terreno. Le due tipologie di onde si differenziano a seconda di come si propagano nel mezzo attraversato, le onde di Rayleigh hanno un moto radiale di tipo retrogrado, mentre quelle di Love si muovono esclusivamente sul piano orizzontale con una oscillazione che si presenta perpendicolare alla direzione di propagazione.

A prescindere dalla loro tipologia, un'onda sismica è costituita dalla sommatoria di diverse componenti (frequenza e lunghezza d'onda) con differenti valori di ampiezza e di fase che, una volta sommate, danno luogo all'onda di propagazione.

Geol. NOTARPIETRO Stefania	Indagine sismica a rifrazione per l'approfondimento del quadro conoscitivo delle coltri detritiche del basso versante in loc. Parey-Val, nel comune di Quincinetto (TO)
	Rapporto sismica a rifrazione

$$\lambda = \frac{V}{f}$$

Dove: λ = lunghezza d'onda, V = velocità di propagazione, f = frequenza.

In particolare la velocità di propagazione di una specifica componente (frequenza) dipende dalle caratteristiche del mezzo attraversato, e interessa indicativamente una profondità pari a circa $\lambda/2$ o $\lambda/3$, secondo una approssimazione che viene spesso definita "steady state approximation". Analizzando così la velocità di propagazione di ciascuna componente, si è in grado di quantificare le caratteristiche del mezzo attraversato in funzione della profondità di osservazione.

Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale, ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga, tale proprietà si chiama dispersione.

Sebbene le onde superficiali siano considerate "rumore", per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

L'intero processo avviene seguendo tre passi fondamentali:

1. Acquisizione delle onde superficiali (Ground Roll);
2. Costruzione della curva di dispersione (Velocità di fase - Frequenza);
3. Inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs.

Al fine di ottenere un profilo di velocità (V_s), è obbligatorio generare un treno d'onde superficiali a banda larga, cercando per quanto possibile di ridurre al minimo la registrazione del cosiddetto "rumore ambientale".

A tal fine sono presenti molteplici tecniche attuabili nella fase di acquisizione che variano principalmente in funzione della strumentazione utilizzata, della geologia del sito, dalla possibilità o meno di effettuare una stesa sismica sufficientemente sviluppata e del livello di disturbo antropico "rumori accidentali". Nel caso si voglia effettuare un'analisi del rapporto spettrale delle onde di Rayleigh, sarà buona norma energizzare il terreno mediante un colpo verticale, in modo da massimizzare la risposta radiale nel terreno. Al contrario se si vuole eseguire un'analisi del rapporto spettrale delle onde di Love, la migliore energizzazione sarà quella fornita da un colpo di taglio, ortogonale rispetto alla direzione dello stendimento.

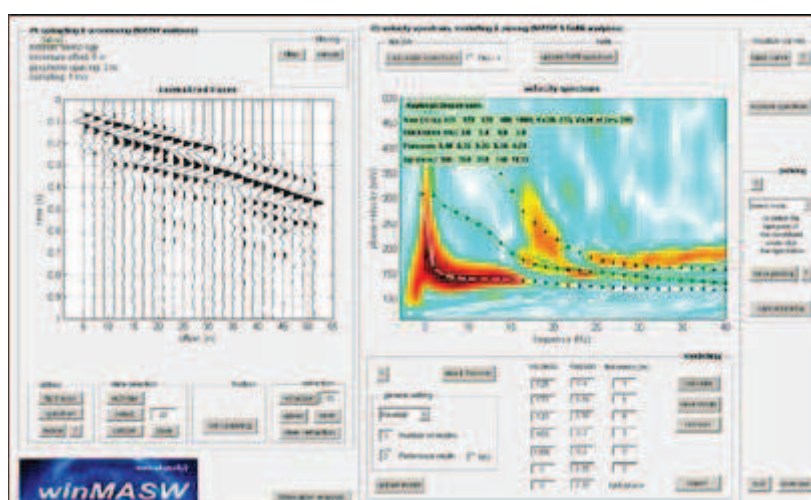
L'interpretazione della curva di dispersione ottenuta dalla combinazione dei dati di campagna, viene svolta mediante un procedimento iterativo, finalizzato all'interpretazione dello

Geol. NOTARPIETRO Stefania	Indagine sismica a rifrazione per l'approfondimento del quadro conoscitivo delle coltri detritiche del basso versante in loc. Parey-Val, nel comune di Quincinetto (TO)
	Rapporto sismica a rifrazione

spettro delle velocità di fase, mediante confronto con un modello teorico del sito formulato dall'interprete sulla base delle proprie conoscenze stratigrafiche e geologiche.

Questo approccio è talvolta preferito alla classica procedura di picking, in quanto evita l'insorgere di errori dovuti alla presenza di modi superiori che potrebbero concentrarsi all'interno dello stesso dataset, traendo in inganno l'interprete.

Questa metodologia risulta quindi molto efficace, sia in condizioni "ordinarie" sia in condizioni geologiche relativamente complesse (spettri di risposta particolarmente difficili o disturbati). Di conseguenza, partendo da una stratigrafia desunta da eventuali indagini geotecniche svolte in sito, è possibile attribuire dei valori di velocità e relativi spessori ai singoli strati seguendo un processo iterativo che riguarda sia il modo fondamentale che quelli superiori fino al raggiungimento del "fitting" ottimale con la curva di dispersione.



Esempio della fase di interpretazione mediante la metodologia: "Modellazione delle curve di dispersione".

4.1 INDAGINI MASW

L'acquisizione dei dati MASW è stata svolta utilizzando i dati raccolti nei due stendimenti A dei settori n.1 e 2. In considerazione delle condizioni logistiche si è optato nell'utilizzare i dati in sismica attiva in onde di Rayleigh già acquisiti per i profili a rifrazione piuttosto di rifare le energizzazioni in onde orizzontali di Love. Data la tipologia di strumentazione utilizzata (singolo geofono triassiale), gli scoppi sono stati svolti a intervalli di retrocessione regolari di 1m, partendo dal punto più lontano (48m) per la MASW del settore n.1 e (40m) per la MASW del settore n.2, fino a raggiungere l'ultima energizzazione avvenuta per entrambe a 1m dal geofono.

Geol. NOTARPIETRO Stefania	Indagine sismica a rifrazione per l'approfondimento del quadro conoscitivo delle coltri detritiche del basso versante in loc. Parey-Val, nel comune di Quincinetto (TO)
	Rapporto sismica a rifrazione

L'energizzazione necessaria per la fase di acquisizione dei dati MASW (sismica attiva) è stata eseguita con mazza battente da 8 kg, mentre i parametri delle due stese sismiche sono i seguenti:

Linea	Lunghezza	N° Shot	Distanza intercanale	Distanza minima canale	Tipologia di acquisizione
MASW Settore 1	48m	48	1m	1m	Rayleigh (Verticali)
MASW Settore 2	40m	40	1m	1m	Rayleigh (Verticali)

Successivamente alla fase di acquisizione, i dati raccolti sono stati elaborati con il software WinMASW-3C prodotto dalla società Eliosoft, il quale ha permesso di elaborare la prova MASW mediante l'utilizzo delle curve modali.

Dall'elaborazioni delle prove MASW è possibile risalire al parametro delle Vs e di conseguenza al parametro di Vs30 (a partire da quota del p.c.) per le aree indagate di cui si riporta nel seguito la sintesi dei risultati.

MASW SETTORE 1		MASW SETTORE 2	
Velocità (m/s)	Spessore presunto strati (m)	Velocità (m/s)	Spessore presunto strati (m)
227	1,5	180	2,2
380	2,5	380	1,4
425	3,9	400	4,6
502	6,1	510	4,1
900	7,5	900	7,5
1500	50	1500	50
2200	-	2200	-
V_{S30}	618m/s	V_{S30}	593m/s
Riassunto delle stratigrafie sismiche ottenute dalle indagini MASW svolte nei settori 1 e 2.			

Geol. NOTARPIETRO Stefania	Indagine sismica a rifrazione per l'approfondimento del quadro conoscitivo delle coltri detritiche del basso versante in loc. Parey-Val, nel comune di Quincinetto (TO)
	Rapporto sismica a rifrazione

5 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Sulla base di quanto esposto nelle sezioni precedenti e dall'osservazione dei profili tomografici della sismica a rifrazione si evidenzia che il modello ottenuto presenta nel complesso valori di velocità delle onde P contenute, con valori massimi che si aggirano intorno ai 1'100m/s, non del tutto coerenti con un substrato roccioso in posto. Tuttavia, il buon grado di interpretazione del modello deriva dal fatto che in corrispondenza del settore terminale della stesa del settore n.2 è presente della roccia in posto (superfici montonate), che permettono di tarare i modelli con un sufficiente grado di approssimazione.

Sulla base di tale considerazione, si riporta nel seguito un commento sintetico dei due profili tomografici a rifrazione:

Settore n.1: In corrispondenza del settore n.1, la roccia in posto si attesta a ca. 10m di profondità dal piano campagna, con una tendenziale diminuzione di quota nel settore mediano dello stendimento. In corrispondenza del settore terminale, dalle progressive 35m a 45m, si evidenzia un settore di incertezza in quanto le velocità raggiungono i 1'100 m/s a breve distanza dal piano campagna. Dato l'assetto morfologico dei luoghi, tale settore di incertezza può essere correlato o ad una diminuzione di quota del substrato o alla presenza di un corpo immerso dalle grandi dimensioni (anche frazionato in più settori), le cui velocità del materiale si avvicinano molto a quelle della roccia in posto. Superficialmente, si nota che in corrispondenza del settore iniziale, mediano e terminale della stesa sono presenti depositi dalle velocità molto scadenti, nell'ordine dei 400m/s compatibili con un terreno sciolto fortemente areato. Il resto del materiale presenta velocità comprese tra gli 700m/s ed i 950m/s, compatibili con un deposito gravitativo.

Settore n.2: In questo settore, in accordo con l'andamento topografico del pendio, l'andamento del substrato roccioso si presenta più articolato. Esso si attesta ad una profondità di ca 5m dal pc in corrispondenza del settore iniziale della stesa, per poi passa a ca 10-12m in corrispondenza di quello centrale. Mentre in quello terminale ritorna più superficiale fino quasi ad essere subaffiorante nel tratto terminale della stesa (punto di taratura dei modelli). Rispetto al settore n.1, si evidenzia una maggiore preponderanza dei depositi sciolti, che raggiungono anche i 3.5-4m di spessore in corrispondenza del tratto centrale, dove si posiziona l'alveo del ruscello che ha formato la piccola conoide. Analogamente a quanto detto per il settore n.1, anche in questo si evidenzia la presenza di un deposito potente dai 1-2m agli 8m, le cui velocità sono compatibili con quelle di un deposito gravitativo.

Geol. NOTARPIETRO Stefania	Indagine sismica a rifrazione per l'approfondimento del quadro conoscitivo delle coltri detritiche del basso versante in loc. Parey-Val, nel comune di Quincinetto (TO)
	Rapporto sismica a rifrazione

Tuttavia, si evidenzia che in entrambi i settori, la natura del metodo utilizzato non ha permesso una completa caratterizzazione del deposito gravitativo, in quanto l'analisi delle velocità sismiche mal si presta ad evidenziare la presenza di grossi blocchi immersi nella matrice. Infatti, la natura del deposito presente nel sito lascia ad intuire che lo stesso sia costituito da grandi blocchi accatastati da una serie di fenomeni gravitativi e circondati da una matrice più sciolta. Questi, date le loro dimensioni, ai fini delle attività di scavo e movimentazione terra previsti dal progetto, dovrebbero essere trattati come roccia fratturato e/o in posto.

Qualora si renda necessario un ulteriore approfondimento della granulometria del deposito, si suggerisce di abbinare al presente studio un approfondito con metodologie geoelettriche che permettono di meglio discriminare i salti di continuità dei materiali.

Relativamente alle indagini MASW, si evidenzia che in entrambi i settori si individua un riflettore rigido con velocità delle $V_s > 800\text{m/s}$ ad una quota minore di 20m dal pc. La caratterizzazione delle coltri poste al di sopra di tale settore evidenzia delle velocità delle V_s pari a ca. 406m/s nel settore n.1 e 347m/s per il settore n.2. Pertanto, sulla base di quanto argomentato nelle NTC del 2008, si evidenzia che la categoria sismica dei siti sarebbero le seguenti:

Settore n.1 --- Cat. B (Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250\text{ kPa}$ nei terreni a grana fina).

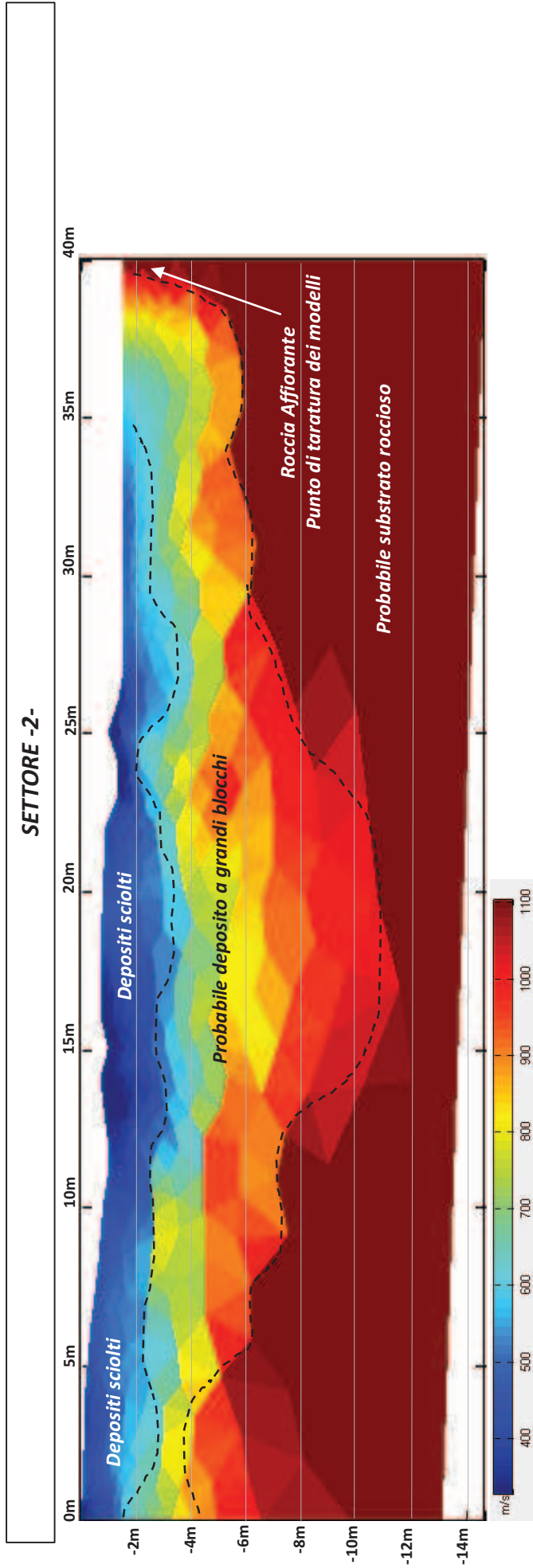
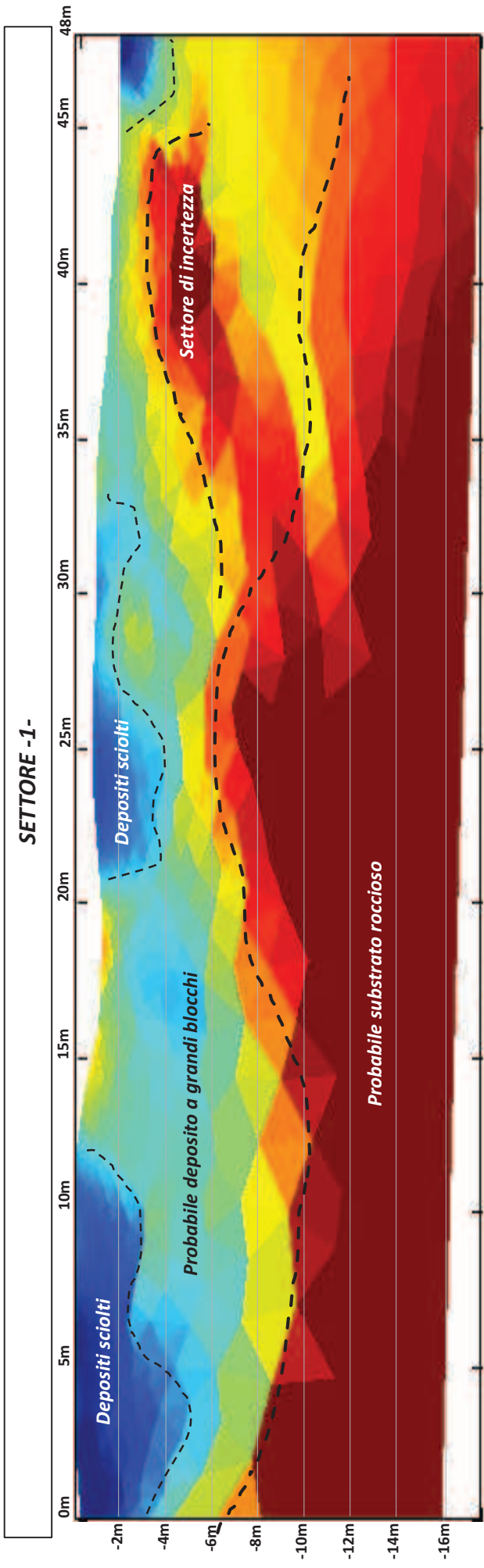
Settore n.2 --- Cat. E (Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800\text{ m/s}$).

A titolo cautelativo ed in considerazione della finalità dell'opera in relazione alla aleatorietà dei metodi utilizzati, si suggerisce a favore di sicurezza di inquadrare entrambi i siti in una **Cat. E** (Vd NTC 2008).

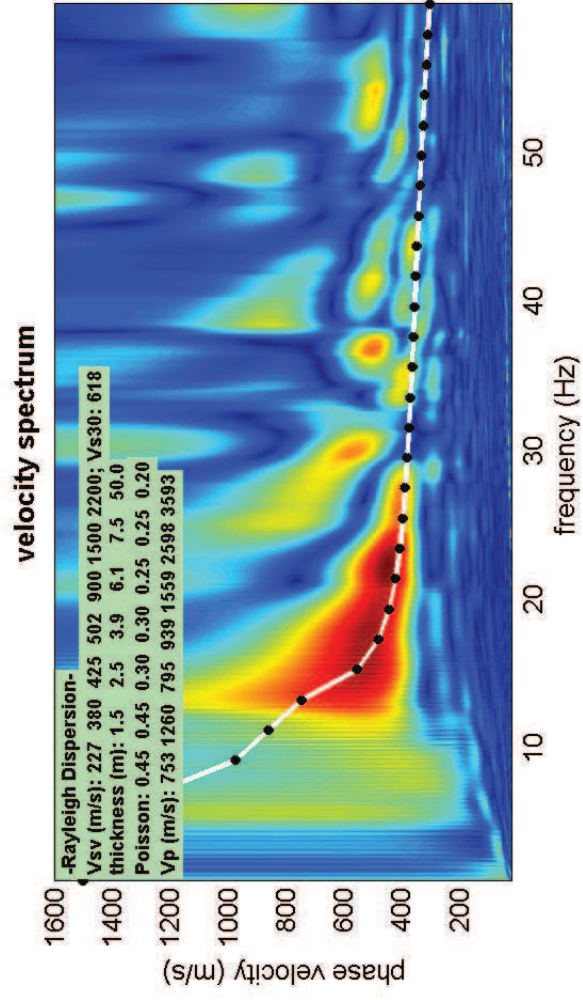
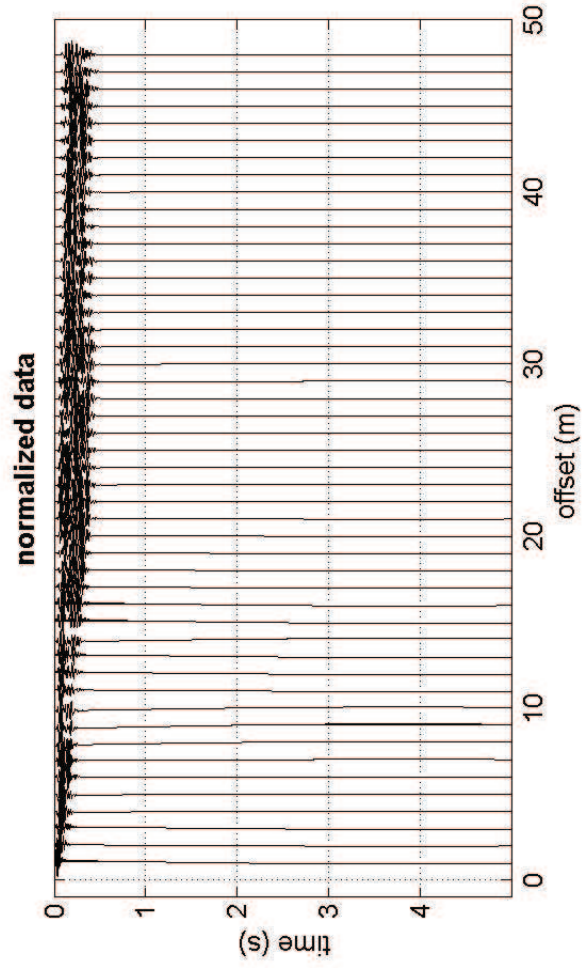
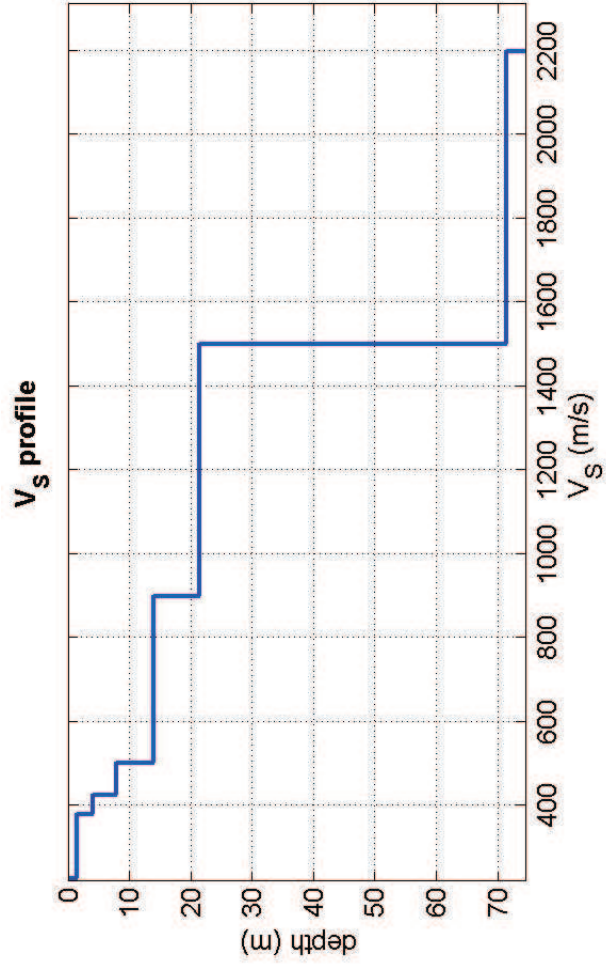
Aosta, 04 novembre 2017

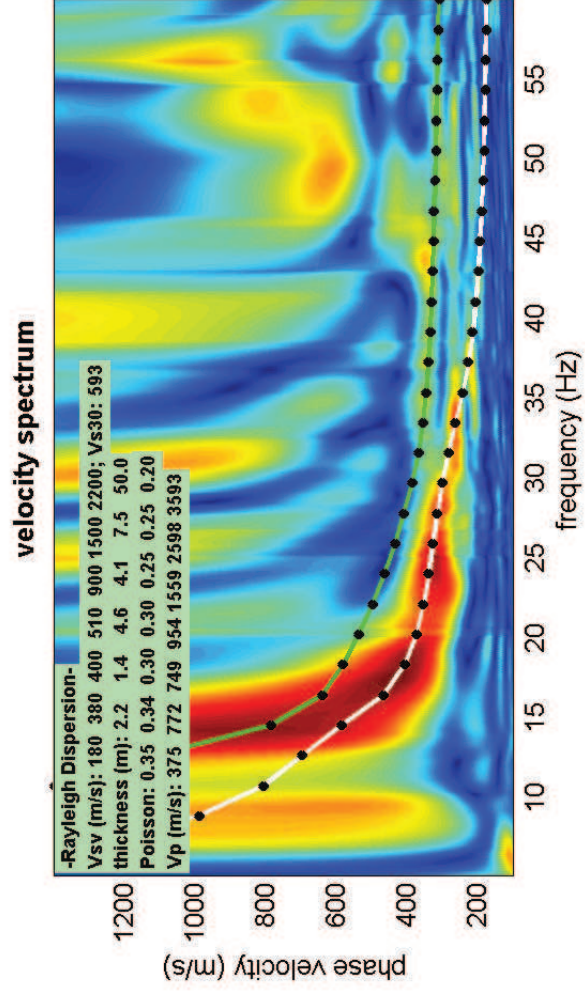
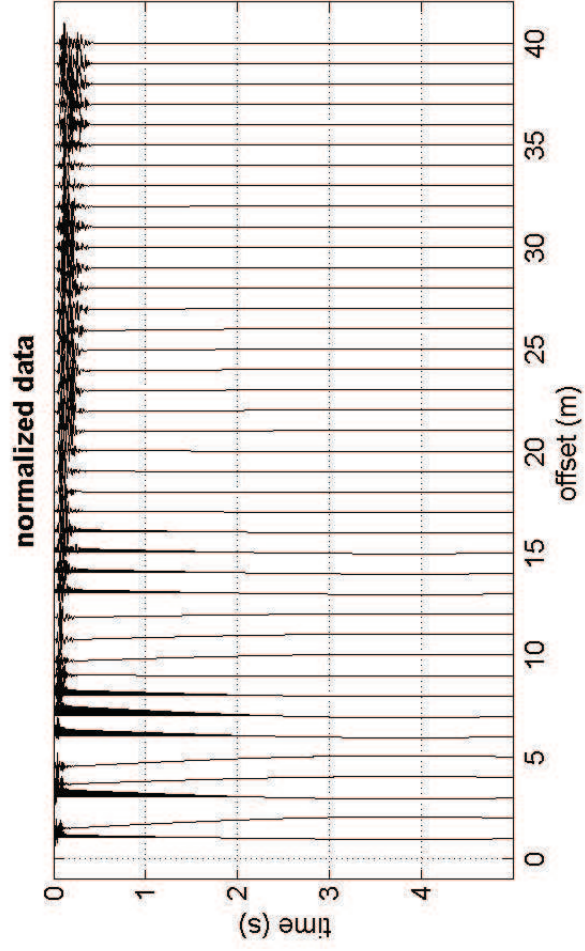
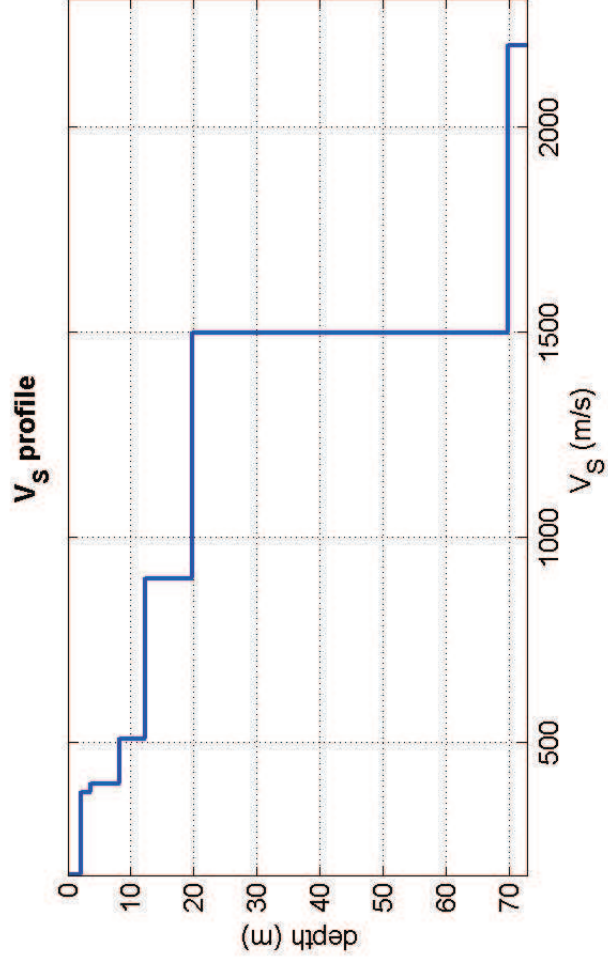
SCHEMA DI ACQUISIZIONE SETTORI 1 E 2

SISMICA A RIFRAZIONE SETTORI 1 E 2

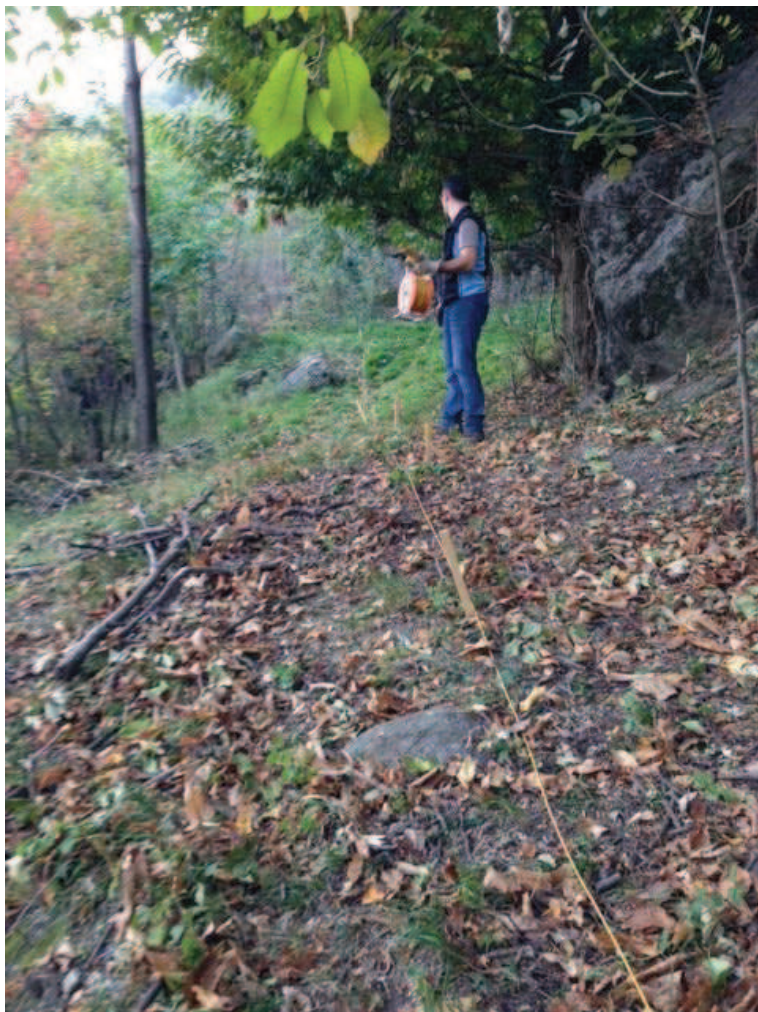


PROFILI VS DA INDAGINI MASW SETTORI 1 E 2





ALLEGATO FOTOGRAFICO



Particolari delle fasi di approntamento della stesa geofonica del settore n.1



Particolari di alcune fasi di acquisizione del dato lungo la stesa del settore n.2 e della bancata di roccia montonata affiorante a breve distanza dai canali 37-38-39-40.