

COMUNE DI AURANO

Provincia del Verbano Cusio Ossola

LAVORI DI SISTEMAZIONE RII MINORI E IMPLUVI E REGIMAZIONE DELLE ACQUE DEL VERSANTE A MONTE DEL CONCENTRICO URBANO (codice intervento VB_DB14_3964_11_3)

- Progetto Esecutivo -

Dott. Ing. Marco Lami
Albo degli Ingegneri del V.C.O. n. 161
Via Magnetti, 18
28883 Gravellona Toce (VB)
Tel. e Fax. 0323/865172

Dott. Geol. Francesco D'Elia
Via Roma, 3/A
28808 Mergozzo (VB)
Tel. e Fax. 0323/80206
E-mail geodelia@tin.it

RELAZIONE E
QUADRO
ECONOMICO

Tavola n°

A.0

Data : Febbraio 2014

Agg.

file:Aurano

SOMMARIO

1. PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO	4
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO REGIONALE	7
3. SITUAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA LOCALE E DESCRIZIONE DEI DISSESTI	11
3.1 SITUAZIONE GEOLOGICA LOCALE	11
3.2 DISSESTI DEL 4-5 SETTEMBRE 1998	12
3.3 DISSESTI DEL 6 GIUGNO 2009	12
3.4 PROPENSIONE AL DISSESTO E STATO DI FATTO	13
4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA, GEOMECCANICA E SISMICA DEI MATERIALI IN SITO	15
4.1 MATERIALI DI COPERTURA	15
4.2 SUBSTRATO ROCCIOSO	16
4.3 CARATTERIZZAZIONE SISMICA	16
5. PROPOSTE DI INTERVENTO	20
5.1 SETTORE SUPERIORE	20
5.2 SETTORE INFERIORE	21
6. SITUAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA LOCALE E DESCRIZIONE DEI DISSESTI	23
6.1 DISSESTO 1	24
6.2 DISSESTO 2	24
6.3 DISSESTO 3	25
6.4 DISSESTO 4	25
6.5 DISSESTO 5	26
6.6 DISSESTO 6	26
6.7 DISSESTO 7	27
6.8 DISSESTO 8	27
6.9 DISSESTO 9	27
7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA, GEOMECCANICA E SISMICA DEI MATERIALI IN SITO	29
7.1 MATERIALI DI COPERTURA	29
7.2 SUBSTRATO ROCCIOSO	29
7.3 CARATTERIZZAZIONE SISMICA	30
8. ANALISI IDROLOGICA DEL RIO CORGELLI	32

8.1 CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE DEL BACINO IMBRIFERO	32
8.2 CALCOLO DELLE PRECIPITAZIONI	33
8.3 CALCOLO DEI DEFLUSSI	34
8.4 RISULTATI OTTENUTI	36
8.5 VALUTAZIONI SUL TRASPORTO SOLIDO	37
9. VERIFICHE IDRAULICHE RIO CORGELLI	40
9.1 METODOLOGIA UTILIZZATA	40
9.2 RISULTATI OTTENUTI	41
10. PROPOSTE DI INTERVENTO	42
11. PIANO DI SICUREZZA, MANUTENZIONE, VERIFICHE AUTORIZZAZIONI E QUADRO ECONOMICO	46
11.1 INDICAZIONI PER IL PIANO DI SICUREZZA	46
11.2 MANUTENZIONE PROGRAMMATA	46
11.3 VERIFICHE MURI	46
11.4 AUTORIZZAZIONI	49
11.4.1 AUTORIZZAZIONE IDRAULICA N. 79/13 PER LA REALIZZAZIONE DI N. 1 ATTRAVERSAMENTO CON PASSERELLA PEDONALE SUL RIO CORGELLI IN COMUNE DI AURANO (VB)	49
11.4.2. AUTORIZZAZIONE PAESAGGISTICA N. 18AU13 DEL 14-01-2014, RILASCIATA DAL COMUNE DI AURANO	51
11.4.3. AUTORIZZAZIONE ALLA MODIFICAZIONE D'USO DEL SUOLO, AI SENSI DELLA LEGGE REGIONALE N° 45/1989, RILASCIATA DAL COMUNE DI AURANO	51
11.5. QUADRO ECONOMICO	52

ALLEGATI

- Corografia, in scala 1: 10.000,
- Carta geologica e geomorfologica, in scala 1: 5.000 (Loc. Gabbio);
- Planimetria di sintesi, in scala 1: 400 (Loc. Gabbio);
- Documentazione fotografica (Loc. Gabbio);
- Carta geologica e geomorfologica, in scala 1: 5.000 (Sentiero Scareno-Intin);
- Planimetria di sintesi, in scala 1: 2.500 (Sentiero Scareno-Intin);
- Carta del bacino idrografico del Rio Corgelli, in scala 1: 10.000 (Sentiero Scareno-Intin);
- Verifica idraulica attraversamento Rio Corgelli (Sentiero Scareno-Intin);
- Documentazione fotografica (Sentiero Scareno-Intin);

- Elab. A.1 Elenco prezzi
- Elab A.2 Computo Metrico estimativo
- Elab. A.3 Disciplinare prestazionale (capitolato speciale di Appalto)
- Elab A.4 Schema di Contratto
- Elab A.5 indicazioni per il piano di sicurezza e coordinamento
- Elab. A.6 cronoprogramma
- Tav. B1: Estratto C.T.R. – identificazione degli interventi, in scala 1: 10.000;
- Tav. B2: Planimetria degli interventi – Strada Comunale Scareno-Intin, in scala 1: 1.000;
- Tav. B3: Planimetria degli interventi – Località Gabbio, in scala 1: 500;
- Tav. B4: Località Gabbio, Planimetria delle regimazioni in sotterranea in scala 1: 200;
- Tav. B5: Località Gabbio, opere edili interventi A B C D in scala 1: 200;
- Tav. B6: Pianta sezioni particolari intervento 9 in scala varie;
- Tav. B7: Particolari costruttivi, in scala 1: 25 1:50;
- Pratica ai sensi del D.L.vo 42/04 consistente in
- Relazione paesaggistica
- Tav. B1: Estratto C.T.R. – identificazione degli interventi, in scala 1: 10.000;
- Tav. B2: Planimetria degli interventi – Strada Comunale Scareno-Intin, in scala 1: 1.000;
- Tav. B6: Pianta sezioni particolari intervento 9 in scala varie;
- Tav. B7: Particolari costruttivi, in scala 1: 25 1:50.

1. PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO

Avendo l'Amministrazione Comunale di Aurano, la necessità di far eseguire lavori di sistemazione idrogeologica nell'ambito del territorio comunale, al fine di risanare le situazioni di dissesto puntuale che si erano innescate nel corso del violento evento pluviometrico del 06/06/2009, acuitesi ed ampliatisi nel corso dei successivi eventi meteorici che hanno colpito il territorio della Regione Piemonte nei mesi di marzo e novembre 2011, concentratesi lungo alcune strade comunali (sentieri pedonali), che collegano la frazione di Scareno ad alcuni alpeggi ed all'abitato di Aurano, oltre che in frazione Gabbio, laddove le intense piogge avevano provocato il crollo parziale di due muretti di sostegno, in adiacenza alle strade comunali (pedonali) e la formazione di linee preferenziali di ruscellamento con asportazione di materiale solido, ed avendo segnalato tali situazioni alla Regione Piemonte, Settore Decentrato delle Opere Pubbliche e Difesa Assetto Idrogeologico di Verbania, la Regione Piemonte, con Ordinanza Commissariale n° 2/DB.14.00/1.2.6./3964 in data 14-02-2012, concedeva un contributo finanziario di Euro 60.000,00 per "*Sistemazione Rii minori e impluvi, regimazione delle acque versanti a monte del concentrico*" - Codice Intervento VB_DB14_3964_11_3", integrato con le provvidenze dell'Ordinanza Commissariale n° 7/DB14.00/1.2.6./3964 in data 30-11-2012, per un importo di Euro 50.000,00.

A tal fine, l'Amministrazione Comunale di Aurano conferiva incarico congiunto al dr. ing. Marco Lami di Gravellona Toce (Determinazione n. 22 del 09-04-2013) ed al dr. geol. Francesco D'Elia di Mergozzo (Determinazione n. 23 del 09-04-2013) di effettuare le necessarie indagini geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche ed idrologiche all'interno delle aree in esame e di redigere la progettazione delle opere di sistemazione idrogeologica necessarie ed il ripristino delle infrastrutture danneggiate e/o distrutte, al fine di contrastare, mediante opportune opere di ingegneria naturalistica, l'evoluzione dei processi dissestivi in atto.

In ottemperanza all'incarico ricevuto, è stata effettuata una ricognizione delle aree interessate dai fenomeni dissestivi, durante la quale è stato possibile riconoscere gli aspetti geologici, geomorfologici ed idrologici salienti dei vari settori interessati dai fenomeni dissestivi verificatisi nel corso dei ripetuti eventi meteorologici eccezionali, in riferimento alle eventuali situazioni di dissesto, in atto e potenziali, sia lungo i versanti, che lungo le aste degli impluvi; in particolare, le recenti ricognizioni nelle aree interessate dai dissesti hanno consentito di integrare le conoscenze pregresse degli scriventi, risalenti al giugno 2009, aggiornando lo "stato del dissesto" della località Gabbio e del sentiero Scareno – Alpe Intin – Aurano, con particolare riguardo agli elementi morfologici, idrologici ed antropici.

Nel corso del sopralluogo, sono stati effettuati gli opportuni rilievi e misure, acquisendo in tal modo gli elementi necessari per formulare una proposta di intervento, in funzione degli obiettivi da raggiungere e delle problematiche riscontrate.

Il progetto definitivo è stato inoltrato agli Enti competenti per le necessarie autorizzazioni, i quali hanno emesso i provvedimenti autorizzativi di competenza: la Regione Piemonte, Settore Decentrato OO. PP. e

Assetto Idrogeologico di Verbania ha rilasciato l'Autorizzazione Idraulica n. 79/13, formalizzata con Determinazione n° 2537 del 25-10-2013, con relativa Concessione n. 2832/DB1413 rilasciata in data 28-11-2013, per la realizzazione di n. 1 attraversamento con passerella pedonale sul Rio Corgelli; il progetto definitivo ha ottenuto, altresì, l'Autorizzazione Paesaggistica n. 18AU13 del 14-01-2014 dallo stesso Comune di Aurano, che si avvale della Commissione Locale del Paesaggio istituita presso la Comunità Montana del Verbano, la quale ha espresso Parere Favorevole in data 01-10-2013. Il Comune di Aurano, avvalendosi dello Sportello Unico per l'Edilizia della Comunità Montana Valgrande per l'istruttoria di rito, ha ottenuto l'Autorizzazione ai sensi della L.R. n. 45/1989 per eseguire i lavori nelle aree sottoposte a Vincolo per scopi Idrogeologici.

Quindi è stata predisposta la progettazione esecutiva, recependo le prescrizioni contenute nei provvedimenti autorizzativi, e le presenti brevi note rappresentano la sintesi esplicativa di quanto emerso dai rilievi di dettaglio effettuati in sito e dalle successive elaborazioni e considerazioni (suddividendole a seconda dell'intervento esaminato), e sono state così strutturate:

- inquadramento geologico e geomorfologico regionale;
- situazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica locale e descrizione dei dissesti;
- caratterizzazione geotecnica, geomeccanica e sismica dei materiali in sito;
- analisi idrologica e verifiche idrauliche del Rio Corgelli;
- proposte d'intervento;
- piano di sicurezza, manutenzione e quadro economico.

Il capitolo di inquadramento regionale, è valido per l'intero territorio Comunale, mentre gli altri capitoli, più particolareggiati, sono stati suddivisi a seconda dell'area esaminata (Loc. Gabbio e sentiero Scareno – Intin – Corte Marza); il quadro economico, è comprensivo i tutti gli interventi in esame.

In allegato alla presente relazione, vengono proposti i seguenti elaborati grafici:

- Corografia, in scala 1: 10.000,
- Carta geologica e geomorfologica, in scala 1: 5.000 (Loc. Gabbio);
- Planimetria di sintesi, in scala 1: 400 (Loc. Gabbio);
- Documentazione fotografica (Loc. Gabbio);
- Carta geologica e geomorfologica, in scala 1: 5.000 (Sentiero Scareno-Intin);
- Planimetria di sintesi, in scala 1: 2.500 (Sentiero Scareno-Intin);
- Carta del bacino idrografico del Rio Corgelli, in scala 1: 10.000 (Sentiero Scareno-Intin);
- Verifica idraulica attraversamento Rio Corgelli (Sentiero Scareno-Intin);
- Documentazione fotografica (Sentiero Scareno-Intin);

Completano il presente Progetto Esecutivo, i seguenti elaborati:

- Elab. A.1 Elenco prezzi
- Elab A.2 Computo Metrico estimativo
- Elab. A.3 Capitolato Speciale di Appalto
- Elab A.4 Schema di Contratto
- Elab A.5 Piano di sicurezza e coordinamento e fascicolo tecnico
- Elab. A.6 cronoprogramma
- Tav. B1: Estratto C.T.R. – identificazione degli interventi, in scala 1: 10.000;
- Tav. B2: Planimetria degli interventi – Strada Comunale Scareno-Intin, in scala 1: 1.000;
- Tav. B3: Planimetria degli interventi – Località Gabbio, in scala 1: 500;
- Tav. B4: Località Gabbio, Planimetria delle regimazioni in sotterranea in scala 1: 200;
- Tav. B5: Località Gabbio, opere edili interventi A B C D in scala 1: 200;
- Tav. B6: Pianta sezioni particolari intervento 9 in scala varie;
- Tav. B7: Particolari costruttivi, in scala 1: 25 1:50.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO REGIONALE

L'area oggetto di indagine, che ricade nei limiti amministrativi del Comune di Aurano, risulta inserite nella cartografia ufficiale della Carta d'Italia, Tavoleta "Ghiffa", foglio 31 - quadrante IV NE, in scala 1: 25.000, e nella Carta Tecnica Regionale, sezione 052160 "Trarego-Viggiona", in scala 1: 10.000.

Per quanto attiene alla cartografia geologica ufficiale, il settore esaminato nell'ambito della presente relazione si inquadra nella Carta Geologica d'Italia in scala 1: 100.000 nel Foglio n. 31 "Varese"; ulteriori informazioni circa l'assetto geologico e tettonico della zona di interesse sono inoltre desumibili dall'analisi della "Carta geologica della zona di Verbania", in scala 1: 50.000, realizzata dal C.N.R., Centro di Studi per la Petrografia e la Stratigrafia delle Alpi Centrali (prof. Boriani et Al.).

La fascia costiera del Lago Maggiore ed il suo entroterra, in cui l'area risulta compresa, è impostata sulle strutture metamorfiche che costituiscono il basamento cristallino delle *Alpi Meridionali o Sudalpino*, una struttura a falde di ricoprimento caratterizzata da vergenza verso Sud; quest'ultimo complesso tettonico-strutturale risulta svincolato dalle unità Nord-vergenti europee dalla "Linea del Canavese", che nella zona rappresenta il lineamento tettonico Periadriatico (*Linea Insubrica*) e risulta ulteriormente suddivisibile in due unità: la "Serie dei Laghi" e la "Zona Ivrea-Verbania",

La Serie dei Laghi, che caratterizza quasi interamente le zone ad occidente del Lago Maggiore; può essere ulteriormente suddivisa in due sub-unità:

- la Strona-Ceneri, costituita da gneiss, generalmente micacei, con locali inclusioni di Ca-silicati e con tessitura variabile da massiccia a fortemente scistosa e lineata; essa rappresenta l'espressione della crosta intermedia pre-alpina, costituita da protoliti di composizione arenacea sottoposti ad un metamorfismo di età ercinica, in facies anfibolitica; tale sub-unità caratterizza il territorio posto indicativamente a Nord del lineamento A. Ompio-Scareno-M.te Spalavera-M.te Carza;
- gli Scisti dei Laghi, costituiti in prevalenza da micascisti e paragneiss a due miche, talora con granato e Ca-silicati; essi rappresentano la porzione superiore della crosta pre-alpina, di natura essenzialmente pelitica, caratterizzata anch'essa da metamorfismo ercinico, in facies anfibolitica, localmente retrocessa in facies scisti verdi; si fa risalire all'età permiana l'intrusione, in tale basamento, dei plutoni granitici e dello sciame dei corpi filoniani ad essi collegati. Gli Scisti dei Laghi affiorano in tutta l'area collinare posta a Nord di Verbania.

Tra queste due sub-unità principali si riscontra la presenza di una sottile fascia lungo cui affiorano in maniera praticamente continua livelli di metabasiti, costituite essenzialmente da anfiboliti ad orneblenda e plagioclasio, passanti, al contatto con gli Scisti dei Laghi, a gneiss anfibolitici, con biotite e grossi "occhi" di K-feldspato; i litotipi basici ed ultrabasici sono completati da affioramenti di pirosseniti, metagabbri, serpentiniti ed eclogiti.

Questa fascia di rocce mafiche ed ultramafiche, “raddoppiata” in corrispondenza dell’abitato di Caprezzo, è stata interpretata come il prodotto del metamorfismo varisico di scaglie ofiolitiche di età pre-ercinica.

Nello specifico, nell’areale indagato, le associazioni litologiche direttamente osservabili nell’ambito di interesse, ai fini del presente lavoro, risultano ascrivibili all’unità della “*Serie dei Laghi*” e, più precisamente, alla sub-unità degli “*Scisti dei Laghi*”, affioranti con buona continuità nelle zone collinari e montuose situate a Nord e Nord-Est di Verbania; si tratta di un complesso di metamorfiti rappresentative di una sezione di crosta superiore, con foliazione pervasiva evidenziante direzione media NE-SW, costituite da prevalenti ortogneiss a orneblenda, a cui si intercalano, in bande più o meno potenti, paragneiss biotitici e micascisti a due miche, talora evidenzianti nella loro paragenesi minerali quali cianite, staurolite e granato.

I limiti della Serie dei Laghi sono essenzialmente di natura tettonica e sono rappresentati da lineamenti di diversa età e con differenti caratteristiche: a Nord il confine coincide con la Linea Insubrica ed a Sud con la Linea della Cremosina.

Il limite occidentale con la Zona Ivrea-Verbania è rappresentato dalla Linea Cossato-Mergozzo Brissago, di età tardo-ercinica, caratterizzata da movimenti distensivi a basso angolo, con componente trascorrente; tale lineamento e le strutture adiacenti, sarebbero state successivamente intersecate e dislocate, con una trascorrenza laterale sinistra di circa 11 km, dalla linea Pogallo-Lago d’Orta, che viene fatta risalire all’epoca dell’intrusione dei Graniti dei Laghi di età Permiana.

Altri importanti lineamenti tettonici sono rappresentati da alcune faglie inverse e da sovrascorrimenti vergenti verso SE, che ritroviamo frequentemente anche nei territori ad Est del Lago Maggiore; quella di Cannero è probabilmente la più importante faglia inversa della zona ed è sicuramente collegata al sovrascorrimento del M.te Morissolo; nella zona compresa tra Caprezzo, Aurano e il M.te Bavarione, si trova poi un esteso sistema di faglie subverticali, disposte tutte in senso meridiano, caratterizzate da una discreta componente trascorrente sinistra.

Per quanto attiene alle forme caratteristiche del paesaggio, esse appaiono condizionate oltre che dall’assetto tettonico-strutturale del substrato, da una serie di processi geomorfologici verificatisi in tempi differenti, ad opera di svariati agenti esogeni, che hanno provveduto a modellare, ed in parte ad obliterare, i lineamenti preesistenti; per tale ragione, a livello generale, i rilievi prospicienti il Lago Maggiore presentano morfologia alquanto variabile, pur prevalendo nei settori indagati, i versanti ad elevata acclività.

Tra i principali processi morfogenetici che si sono verificati durante il quaternario, occorre innanzitutto ricordare l’azione di modellamento espletata dalle lingue di ablazione glaciale, che, attraverso successive pulsazioni di espansione e ritiro, hanno dato luogo a intensi processi di esarazione, nonché a fasi ripetute di deposizione; a conferma di quanto affermato permangono, in parecchi settori del territorio, placche e lembi di depositi morenici e/o fluvioglaciali, più o meno estesi e potenti, generalmente contraddistinti da una morfologia dolce e per tale ragione oggetto di insediamenti antropici; ulteriori evidenze dell’azione svolta

dalle masse glaciali, sono costituite da superfici rocciose esarate e montonate e dalla presenza di numerosi massi erratici, abbandonati durante le fase di ritiro.

La profonda alterazione che caratterizza normalmente il substrato litico alle quote più elevate, può essere ricondotta in prima istanza al fatto che, in tali settori, non si sarebbero verificati i processi di cui si è riferito poco sopra, con conseguente conservazione delle morfologie pre-glaciali e mancata asportazione del cappellaccio.

L'azione esercitata dagli agenti erosivi atmosferici, con conseguenti processi di disgregazione-disfacimento del substrato e rimaneggiamento dei livelli superficiali dei materiali di copertura, hanno successivamente favorito la formazione di depositi di versante di natura detritica o, più spesso, eluvio-colluviale, presenti soprattutto nei settori ad acclività media o medio-alta; all'evoluzione di queste ultime coltri, in particolare, è collegata la formazione dei suoli che, tuttavia, presentano normalmente uno spessore alquanto esiguo.

L'azione erosiva esercitata dalle acque superficiali incanalate, rappresentate da un reticolo idrografico impostatosi preferenzialmente in corrispondenza di linee di dislocazione tettonica, ha quindi determinato la formazione lungo il versante di incisioni generalmente profonde, con canali di deflusso intestati a livello del substrato metamorfico.

Per i suddetti motivi, dunque, la dinamica fluvio-torrentizia e, in parte, quella gravitativa, si sono sovrapposte ed hanno localmente cancellato la preesistente morfologia glaciale, specie lungo i fondovalle ed al piede dei versanti.

LOCALITÀ GABBIO

3. SITUAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA LOCALE E DESCRIZIONE DEI DISSESTI

3.1 SITUAZIONE GEOLOGICA LOCALE

Nell'area esaminata, il versante risulta caratterizzato da una morfologia mediamente acclive, digradante verso Sud, lungo il pendio meridionale della dorsale morfologica, allungata all'incirca lungo la direttrice SW-NE, comprendente le località Gabbio, C.te Giovanoli e Segletta, alla cui sommità è presente una coltre di depositi di origine glaciale, avente spessori variabili da alcuni decimetri a diversi metri.

Si tratta generalmente di depositi ben addensati, rappresentati da sabbie giallastre, con locali venature rossastre, debolmente limose, nei quali sono immersi frammenti lapidei eterometrici e spigolosi; un "cappello" di materiale regolitico, separa tali depositi dal sottostante substrato roccioso metamorfico, rappresentato dai litotipi appartenenti alla formazione degli Scisti dei Laghi, costituiti da micascisti e paragneiss a due miche, affioranti a valle della frazione Gabbio e che, spostandosi ulteriormente verso Sud, lasciano il posto agli ortogneiss ad orneblenda.

In particolare, i litotipi scistosi, costituenti il substrato roccioso presente nella località Gabbio, sono caratterizzati da una giacitura subverticale e direzione delle bancate NE-SW, con struttura marcatamente scistosa, discretamente fratturati, con locali fasce cataclasate ed alterate; detto substrato, affiora soprattutto in corrispondenza degli intagli stradali (nelle tratte più a valle) e delle incisioni torrentizie dei tributari del T. Erbia, che scorrono a Sud della zona in esame.

Allontanandosi dalla sommità della dorsale morfologica, ovverosia, spostandosi a valle, in direzione Sud, il substrato risulta spesso obliterato anche da sottili coltri di materiali eluvio-colluviali, discontinue e di difficile rappresentazione cartografica, formati a seguito dell'alterazione chimico-fisica delle rocce sottostanti e dal rimaneggiamento delle placche glaciali più elevate.

Nei settori urbanizzati, ove sorgono gli alpeggi e le varie frazioni, la coltre superficiale dei materiali di copertura, risulta rimaneggiata dall'intervento antropico e, spesso, frammista a materiali di riporto per la formazione di terrazzamenti, contenuti da muretti in pietrame o cls.

Durante il sopralluogo, è stata rilevata la presenza di un reticolo idrografico superficiale, caratterizzato dalla presenza di incisioni rettilinee, più o meno incise nel versante e sviluppate lungo la linea di massima pendenza, ad andamento convergente, sviluppato soprattutto lungo le linee di disturbo tettonico.

Le acque superficiali, che non defluiscono immediatamente entro tali impluvi, tendono in parte ad infiltrarsi all'interno del substrato, sfruttando la presenza delle linee di frattura che attraversano l'ammasso roccioso; anche laddove sono presenti coltri di depositi superficiali, gli spessori risultano talmente esigui che non riesce a svilupparsi una vera e propria falda freatica, ma solo una falda effimera, in caso di precipitazioni intense e prolungate, defluente lungo la linea di massima pendenza e poggiate sul basamento metamorfico.

3.2 DISSESTI DEL 4-5 SETTEMBRE 1998

Nella notte fra il 4 e 5 settembre 1998, durante il violento nubifragio che aveva interessato tutto il Verbano, nell'ambito edificato della frazione Gabbio, si era innescato un movimento franoso, che aveva avuto origine alla quota di circa 890 m s.l.m., immediatamente a valle di una strada pedonale, in un settore di versante compreso tra alcuni fabbricati (alcuni dei quali rurali, altri adibiti ad abitazione estiva temporanea), determinando la parziale demolizione del muretto in pietrame che delimitava la sede viaria ed interessando un fronte, complessivamente ampio circa 15.0 m; lo scivolamento gravitativo, aveva mobilizzato i depositi di copertura (terreno vegetale frammisto a depositi eluvio-colluviali e glaciali), mettendo a nudo localmente il substrato roccioso; i materiali erano scivolati lungo il pendio, per circa 25 m, dapprima coinvolgendo un sentiero pedonale trasversale al pendio e, infine, raggiungendo la sottostante Strada Provinciale.

Successivamente, l'Amministrazione Comunale, aveva provveduto a realizzare una serie di interventi per stabilizzare l'area, così riassumibili:

- regimazione delle acque meteoriche, intercettando le acque di scolo delle stradine interne sovrastanti l'area di frana, convogliandole dapprima in una tubazione grigliata, realizzata in corrispondenza del sentiero intermedio e, quindi, accompagnate a valle della sottostante S.P.;
- realizzazione di opere di contenimento, date da muri in cls, opportunamente rivestiti in pietra, nella zona di distacco della frana, con formazione di terrazzamenti;
- sistemazione della sottostante zona di scivolamento, mediante realizzazione di opere di ingegneria naturalistica, rappresentate da grate in legname, con talee e posa di rete con inerbimento della superficie, per favorire l'inserimento ambientale e la rinaturalizzazione;

3.3 DISSESTI DEL 6 GIUGNO 2009

Nel corso del violento evento pluviometrico del 06/06/2009, nella frazione Gabbio, si innescarono alcune situazioni di dissesto puntuale, che coinvolsero sia una modesta parte della vecchia area di frana del 1998, sia i settori limitrofi e sovrastanti.

Per quanto riguarda l'area della vecchia frana, a causa di parziali intasamenti delle tubazioni posate per la regimazione delle acque meteoriche, oltre che per la presenza di bruschi "gomiti" nei raccordi tra le varie tratte, non era stato garantito un ottimale smaltimento di tali acque, che in parte avevano ruscellato lungo il piano viario dei sentieri pedonali e lungo il pendio immediatamente latistante la frana.

La non appropriata regimazione delle acque meteoriche nell'ambito dell'intera frazione Gabbio, ha alterato la situazione idrogeologica nella zona della vecchia frana, altrimenti stabile, creando un nuovo fenomeno di scollamento, largo alcuni metri, nel settore precedentemente sistemato, che ha coinvolto la coltre superficiale di terreno di riporto, dello spessore di pochi decimetri, mettendo a nudo il substrato roccioso sottostante ed asportando anche il tondame di castagno della grata; il materiale così mobilizzato, ha invaso il sottostante sentiero pedonale ed il pendio verso la S.P.

Oltre ai suddetti dissesti, si sono verificati crolli di porzioni di muri in pietrame, sia a monte della strada comunale pedonale, che risale diagonalmente il pendio a monte della S.P., oltre che al confine con una proprietà privata, a lato della suddetta strada pedonale, il cui sedime, inoltre, è stato parzialmente asportato, con la formazione di un solco di ruscellamento.

Inoltre, all'interno del nucleo abitato, lungo un modesto settore di pendio erboso, censito al mappale n. 444, compreso tra alcuni fabbricati rurali (posti a valle) ed il sedime di un sentiero pedonale a monte, la saturazione dei depositi di copertura, costituiti da materiale di origine glaciale rimaneggiato, ha causato la formazione di uno scollamento puntiforme, con nicchia ampia alla sommità circa 2.0 m; tra le altre cose, va sottolineato che, il materiale fangoso mobilizzato, si è incanalato nella stradina sottostante, aggravando le difficoltà di smaltimento acque, del sistema di regimazione delle acque meteoriche, precedentemente descritto, a monte della vecchia frana.

Tale dissesto, è successivamente stato parzialmente contenuto al piede, con la messa in opera di una sorta di palizzata, con tavole di legname orizzontali, sostenute da palotti infissi nei depositi di copertura, lasciando però la nicchia dello scollamento, priva di opere di consolidamento.

3.4 PROPENSIONE AL DISSESTO E STATO DI FATTO

La regimazione non ottimale delle acque meteoriche e di ruscellamento superficiale, nell'ambito del nucleo abitato di Gabbio, è stata la principale concausa dell'insorgere dei dissesti gravitativi, prima descritti.

Tale propensione al dissesto, è stata confermata anche dalle ricognizioni di dettaglio condotte in sito, osservando le linee di deflusso delle acque meteoriche, nell'ambito della loc. Gabbio, con particolare riferimento alla regimazione delle acque lungo le strade pedonali (sentiero pedonale superiore, sentiero pedonale intermedio e sentiero pedonale inferiore) interne al nucleo abitato e nel suo immediato intorno.

Settore superiore.

In particolare, lungo il sentiero superiore, nella tratta che, dall'abitato, si inoltra lungo il versante boscato, tendono ad incanalarsi le acque meteoriche, ruscellando verso Gabbio; a circa 26.0 m di distanza dal primo fabbricato, le acque di ruscellamento vengono in parte intercettate da un dosso in terra battuta, che le indirizza lungo il sottostante pendio boscato, ove si disperdono, infiltrandosi nei materiali di copertura, senza dare origine a fenomeni dissestivi.

La modesta aliquota di acque non intercettate dal dosso, viene incrementata dalle acque provenienti da una rampa di scale in cls, prossima al settore edificato; le acque meteoriche, entrano quindi nel nucleo edificato, incanalandosi lungo una tratta del sentiero pedonale lastricata, ricevendo il contributo degli scarichi dei pluviali dei vari fabbricati latitanti a monte il sentiero.

Le acque di ruscellamento, tendono quindi a defluire in parte lungo il sottostante pendio erboso, nel settore ove si è innescato lo scollamento del 06-06-2009, censito al mappale n. 444, ed in parte continuano a scorrere verso Ovest, lungo il sentiero, ricevendo ulteriori contributi liquidi.

La nicchia del suddetto scollamento, è impostata circa 2.0 m a valle del sentiero superiore; alla sommità, è ampia 2.0 m, allargandosi verso valle, con un intaglio alto 0.60 m e, rispetto alla situazione rilevata nel gennaio 2010, presenta segni di inerbimento, pur essendo tuttora attiva e soggetta a dilavamento ed erosione, con possibilità di evoluzione regressiva sino a coinvolgere il sovrastante sentiero pedonale.

Il piede del dissesto, è tuttora contenuto da una sorta di palizzata rudimentale ed irregolare, con tavole di legname orizzontali, sostenute da palotti infissi nei depositi di copertura; il pendio, tenuto a prato, presente ad Ovest (mapp. 443), compreso tra il dissesto ed il fabbricato censito al mapp. 603, è contenuto al piede da un muretto in pietrame, delimitante il sottostante sentiero pedonale, e non presenta evidenze di dissesto in atto, tuttavia, l'acclività del pendio ed il dilavamento operato dalle acque meteoriche provenienti dal sentiero superiore, potrebbero portare alla destabilizzazione della copertura.

Settore inferiore.

Le acque meteoriche, sia quelle provenienti da monte (comprese quelle dal settore ove si è impostato lo scollamento prima descritto), sia quelle scaricate dai pluviali, si raccolgono lungo il sentiero pedonale intermedio, avente sedime in parte inerbito, in parte lastricato in pietrame.

Una parte di tali acque meteoriche, viene intercettata da una canalina grigliata, trasversale al sentiero, realizzata all'altezza di una fontana, successivamente al dissesto del settembre '98, mentre un'aliquota di tali acque, si riversa a valle del sentiero, il cui sedime risulta contenuto da muretti, di estensione irregolare, estesamente ammalorati e localmente mancanti (crollati).

Le acque, intercettate dalla canalina grigliata, vengono accompagnate con una tubazione in pvc (\varnothing 10 cm), fino al sentiero pedonale inferiore; la tubazione si sviluppa all'incirca lungo la linea di massima pendenza, lungo il pendio erboso del mappale 478, latistante (ad Ovest) il settore terrazzato e l'area interessata dal dissesto gravitativo del settembre 1998.

Lungo il sentiero inferiore, in corrispondenza del punto di arrivo della tubazione in pvc, è presente una seconda canalina grigliata, che raccoglie le acque ruscellanti lungo il sedime erboso; le acque così raccolte, unitamente a quelle provenienti dal sentiero intermedio, vengono convogliate con un'unica tubazione in pvc in direzione Est, interrata parallelamente al sentiero, al piede del dissesto gravitativo; lungo il sentiero inferiore, vi sono evidenze di ruscellamento concentrato, mentre il dissesto gravitativo, in parte sistemato con opere naturalistiche, successivamente ai dissesti del settembre '98 e del giugno 2009, presenta tuttora la nicchia di scollamento attiva e soggetta ad erosione.

Superato il dissesto, la tubazione in pvc si sviluppa lungo la linea di massima pendenza, verso la sottostante Strada Provinciale, confluendo in un pozzetto in cls, dotato di coperchio grigliato, anch'esso in cls, situato in aderenza al muro stradale di controripa; da tale pozzetto, una tubazione convoglia le acque parallelamente alla Strada Provinciale, sul lato monte, sino ad un pozzetto stradale, da cui un tubo in cls (\varnothing 40 cm), indirizza le acque a valle del sedime stradale; allo stato attuale, l'imbocco di valle del tubo in cls si presenta parzialmente intasato da detrito (materiale terroso).

4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA, GEOMECCANICA E SISMICA DEI MATERIALI IN SITO

Poiché tra gli interventi di sistemazione in Progetto, è previsto il rifacimento dei muri in pietrame esistenti lungo il sentiero pedonale intermedio, con costruzione di nuovi muri, di pari altezza ma dotati di cordolo di fondazione, oltre alla posa di opere di ingegneria naturalistica, comprendente una palificata doppia al piede del dissesto superiore, che verrà saldamente ancorata ai materiali di fondo, non si ritiene necessario effettuare alcuna verifica di stabilità nello stato indotto dalle nuove opere, di modesta incidenza; per completezza di trattazione ed a supporto delle verifiche statiche delle opere stesse, viene di seguito fornita una caratterizzazione sintetica dei materiali di copertura.

4.1 MATERIALI DI COPERTURA

In base alle osservazioni effettuate sugli “spaccati” naturali ed artificiali, presenti all’interno dell’area investigata, nonché dai dati raccolti nel corso di precedenti indagini svolte all’interno del territorio comunale, facendo riferimento alle tabelle *Valori di ϕ per i vari tipi di terreno* (NAVFAC, 1971), per terreni non coesivi con frazione fine non plastica, è stato possibile stimare i parametri geotecnici dei materiali investigati, fornendo il riferimento alla classificazione U.S.C.S. (*Unified Soil Classification System*); le tabelle di riferimento, vengono allegate di seguito.

Si ricorda che i valori di ϕ così deducibili sono valori di picco, utilizzabili direttamente solo in problemi caratterizzati da bassi livelli tensionali e piccole deformazioni; in situazioni, che comportino fenomeni di rottura progressiva (spinta passiva) è preferibile fare riferimento all’angolo di attrito a volume costante (ϕ_{CV}), considerando che l’angolo di dilatanza, $\phi_{dilatante} = \phi_{TC} - \phi_{CV}$, funzione della densità relativa, è valutabile in circa 4-5°.

I depositi glaciali, parzialmente rimaneggiati in superficie dall’azione gravitativa, sono costituiti da clasti e frammenti lapidei angolosi ed eterometrici (da pluricimetrici a pluridecimetrici), immersi in una matrice di sabbie debolmente limose, a ricoprire, con spessori irregolari, a volte inferiori a 1.0 m, il sottostante substrato roccioso; per tali materiali, si può fare riferimento ai seguenti valori dei parametri geotecnici:

Depositi glaciali (SW)

γ (peso di volume secco)	1.80 t/m ³
γ_{sat} (peso di volume saturo)	2.10 t/m ³
γ' (peso di volume sommerso)	1.10 t/ m ³
D_r (densità relativa)	40÷50 %
ϕ_{TC} (angolo di attrito interno di picco)	33°
ϕ_{CV} (angolo di attrito interno a volume costante)	29°

c (coesione) 0.2 t/m²

I valori attribuiti ai vari parametri geotecnici, soprattutto per quanto riguarda la coesione, sono cautelativi e non tengono conto della pseudo-coesione dovuta all'addensamento della matrice (in profondità) ed alla presenza legante degli apparati radicali (in superficie); si sottolinea in ogni caso che, considerando l'estrema eterogeneità dei materiali in esame, i valori dei parametri geotecnici qui forniti, sono da considerarsi come un dato medio, eventualmente soggetto a variazioni locali.

4.2 SUBSTRATO ROCCIOSO

Le rocce che costituiscono il substrato roccioso, sono costituite dalle metamorfite della Serie dei Laghi, qui rappresentate da micascisti e paragneiss a due miche, a grana medio-fine, aventi talvolta una tessitura marcatamente scistosa.

In base alle osservazioni effettuate, si può affermare che i litotipi sono caratterizzati da una scistosità regionale avente direzione media NE – SW, con inclinazione generalmente elevata (circa 70°÷80°); l'ammasso roccioso risulta controllato da una serie di faglie e fratture, aventi direzione NW-SE ed ENE-WSW, che contribuiscono a definire l'assetto strutturale dell'ammasso ed a modellare la morfologia del versante.

L'assetto strutturale dell'ammasso, presenta localmente settori in cui le discontinuità sono poco sviluppate, alternati ad zone in cui le fratture risultano piuttosto frequenti e persistenti; le caratteristiche geomeccaniche medie del substrato roccioso integro, possono essere valutate come segue:

- γ (peso di volume) = 2.7 t/m³
- σ_c (resistenza a compressione monoassiale del materiale roccia) = 80-100 MPa
- φ_b (angolo di attrito di base) = 36°
- c (coesione dell'ammasso roccioso) = 3.1 t/m²

4.3 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Le Categorie di suolo di fondazione, definite in base alle velocità di propagazione delle onde trasversali o di taglio V_{S30} , secondo i criteri specificati al capitolo 3.2, *Azione Sismica*, paragrafo 3.2.2. *Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche* - Tabella 3.2.II delle N.T.C. del D.M. 14-01-2008, fanno riferimento anche alla sequenza stratigrafica ed alle caratteristiche di addensamento e consistenza dei terreni:

<i>Categoria</i>	<i>Descrizione</i>
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Sulla scorta delle osservazioni condotte in sito, supportate dalle conoscenze pregresse della zona, acquisite nel corso di numerose indagini geologiche e geotecniche condotte nel territorio comunale, anche in prossimità della zona in oggetto, è possibile assegnare i terreni di fondazione ad un Suolo di tipo A.

Le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC), adottano un approccio prestazionale alla progettazione delle nuove strutture ed alla verifica di quelle esistenti: la pericolosità sismica in un generico sito deve essere descritta in modo da dotarla di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici, che in termini temporali; questo porta ad un approfondimento dell'aspetto relativo ai valori di accelerazione sismica orizzontale a_g (effetti di sito), superando il concetto di attribuzione di un unico valore di a_g , all'intero territorio comunale, in base alla sua Zona Sismica.

Per gli spettri di risposta delle componenti verticale ed orizzontale delle azioni sismiche, è stato utilizzato il foglio di calcolo GeoStru software, sviluppato ai sensi del D.M. 14-01-2008; in base a tali fogli di calcolo, la definizione dei vari spettri di risposta, è articolata in 3 fasi:

- *Fase 1: individuazione della pericolosità del sito.* Per valutare le azioni sismiche all'interno del territorio comunale, si effettua una ricerca in base alle coordinate (WGS84) del sito specifico:

Latitudine: 46,0038 (°)

Longitudine: 8.5943 (°)

- *Fase 2: scelta della strategia di progettazione.* Trattandosi di Strade Comunali extraurbane, costituite da semplici sentieri pedonali (opere infrastrutturali e reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o IV), in base alle tabelle di riferimento delle Nuove Norme Tecniche per la Costruzioni, sono stati inseriti i dati relativi alla vita nominale della costruzione ($V_N \geq 50$ anni "opere ordinarie") e del suo Coefficiente d'uso ($C_U = 1.0$ - Classe II "affollamento normale di persone"), ricavando il periodo di ritorno per la definizione dell'azione sismica.
- *Fase 3: determinazione dell'azione di progetto.* sono stati considerati i vari Stati Limite (SLO "Operatività" – SLD "Stato Limite Danno" - SLV "Salvaguardia Vita" e SLC "Prevenzione Collasso"); per le condizioni topografiche, è stata selezionata la categoria T2 "pendii con inclinazione media $>15^\circ$ ", corrispondente ad un coefficiente di amplificazione topografica $S_T = 1.20$.

In base ai dati inseriti, si ottengono, per ciascuno Stato Limite, i valori di F_0 (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale), a_g (accelerazione sismica orizzontale massima) e T^*C (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale):

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_0	Tc^* [s]
Operatività (SLO)	30	0,016	2,571	0,154
Danno (SLD)	50	0,021	2,554	0,175
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,046	2,637	0,281
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,056	2,719	0,303

A questo punto si può ottenere, per ciascuno Stato Limite, il valore di a_{max} (accelerazione massima attesa), dove $a_{max} = S_s \cdot a_g \cdot S_T$ e dove S_s = fattore di amplificazione dipendente dalla categoria del suolo di fondazione, è così definito:

CATEGORIA SUOLO	S_s
A	1.0
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.20$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.50$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.80$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.60$

Nel caso in esame (categoria di suolo A), il valore di $S_s = 1.00$, mentre per quanto riguarda S_T (fattore di amplificazione topografica), trattandosi di terreni con inclinazione $>15^\circ$, tale valore è pari a 1.2.

Per il calcolo dei coefficienti sismici orizzontali e verticali K_h e K_v , si procede con le seguenti formule:

$$K_h = \beta_s \cdot a_{\max} / g$$

$$K_v = 0.5 K_h$$

dove:

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima del sito, definita in base alla seguente tabella:

Tabella 7.11.1 - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (N.T.C.)

	CATEGORIA SUOLO	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0.2 < \cdot ag/g \leq 0.4$	0.30	0.28
$0.1 < \cdot ag/g \leq 0.2$	0.27	0.24
$ag/g \leq 0.1$	0.20	0.20

Quindi, i coefficienti sismici relativi a ciascuno Stato Limite, in base alle caratteristiche dell'area, della categoria del suolo e della morfologia, sono le seguenti:

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
k_h	0,004	0,005	0,011	0,013
k_v	0,002	0,002	0,006	0,007
a_{\max} [m/s ²]	0,191	0,244	0,543	0,656
β_s	0,2			

5. PROPOSTE DI INTERVENTO

Con riferimento alle tavole grafiche di progetto, al fine di minimizzare o annullare la propensione al dissesto per le varie aree, dettagliata al cap. 3.4, le proposte di intervento saranno così articolate.

5.1 SETTORE SUPERIORE

La proposta d'intervento, è finalizzata a migliorare la regimazione delle acque meteoriche e di ruscellamento superficiale lungo il sentiero pedonale superiore, provvedendo inoltre alla stabilizzazione del dissesto gravitativo, mettendo nel contempo in sicurezza anche le aree limitrofe.

Per la regimazione delle acque lungo il sentiero, da monte a valle, si propongono i seguenti interventi:

- ripristino dell'efficienza dell'esistente arginello (dosso in terra battuta), individuato circa a 26.0 m di distanza (Est) dal primo fabbricato, trasversale al sentiero, che indirizza le acque ruscellanti lungo il sedime sterrato, verso il sottostante pendio boscato; qualche metro a monte dell'arginello, lungo il sentiero, verrà formato un modesto gradino, per attenuare la velocità delle acque di ruscellamento;
- al piede della rampa di scale in cls, prossima al settore edificato, verrà realizzata una cunetta pavimentata con profilo a corda molle (larga 2.0 m e lunga 3.0 m), trasversale al sentiero, per facilitare il deflusso delle acque lungo il versante boscato sottostante;
- presso il vertice Sud-occidentale del primo fabbricato, verrà realizzata una canaletta grigliata trasversale al sentiero, che intercetterà sia le acque ruscellanti lungo il sentiero, sia quelle dei pluviali del suddetto edificio; da tale griglia, verrà interrata sotto il sedime del sentiero, una tubazione in pvc (\varnothing 160 mm), lunga 20.0 m, che convoglierà le acque a valle rispetto al settore interessato dal dissesto gravitativo; le acque torneranno quindi a scorrere a cielo aperto sul sedime del sentiero pedonale;
- l'intervento verrà completato con la sistemazione della pavimentazione del sentiero pedonale, nell'ambito dell'area interessata dai lavori.

Per quanto riguarda la stabilizzazione del dissesto gravitativo, si propongono i seguenti interventi:

- riprofilatura della nicchia dello scollamento e stabilizzazione del pendio mediante messa in opera di una palizzata in legno, avente lunghezza di 6.0 m; i pali saranno legati a barre in acciaio ad aderenza migliorata, infisse nei materiali di fondo addensati o, se possibile, ancorate al substrato roccioso;
- il piede del dissesto verrà consolidato con la messa in opera di una palificata in legname, a parete doppia, eliminando la rudimentale palizzata esistente; tale opera, si estenderà per 8.0 m, coprendo l'intero settore compreso tra i due fabbricati censiti ai mappali n. 464 e 603, risultando costituita da una struttura formata da correnti e traversi scortecciati di legno idoneo e durabile, di diametro minimo 20-25 cm, con base d'appoggio sagomata a reggipoggio, ulteriormente stabilizzata mediante barre d'acciaio, infisse nei materiali di fondo o, se possibile, ancorate al sottostante substrato roccioso;
- l'intervento verrà completato con la riprofilatura del pendio e l'inerbimento dell'area.

5.2 SETTORE INFERIORE

La proposta d'intervento consiste nel migliorare la regimazione delle acque meteoriche e di ruscellamento superficiale lungo i sentieri pedonali intermedio ed inferiore, provvedendo inoltre alla messa in sicurezza dei sedimi stradali, mediante operazioni di costruzione o rifacimento dei muri di sostegno o contenimento.

Per quanto riguarda la regimazione delle acque, si propongono i seguenti interventi:

- lungo il sentiero pedonale intermedio, presso il vertice Sud-orientale del fabbricato censito al mappale n. 463, verrà realizzata una canaletta trasversale al sentiero, con copertura grigliata, che intercetterà sia le acque ruscellanti, sia quelle scaricate dai pluviali; da tale griglia, verrà interrata sotto il sedime del sentiero, una tubazione in pvc (\varnothing 200 mm), lunga 16.0 m, che convoglierà le acque presso l'esistente canalina grigliata, trasversale al sentiero, realizzata all'altezza di una fontana;
- l'esistente tubazione in pvc (\varnothing 10 cm), che accompagna le acque, dalla canalina grigliata fino al sentiero pedonale inferiore, che si sviluppa lungo il pendio erboso, verrà sostituita con una più idonea tubazione in PEAD 250, prevedendo di realizzare un nuovo pozzetto presso il sentiero inferiore, in sostituzione dell'attuale canaletta grigliata, stabilizzando il pendio con due palizzate in legname;
- all'estremità occidentale del sentiero inferiore, verrà realizzata una canaletta trasversale al sentiero, con copertura grigliata; da tale griglia, verrà interrata sotto il sedime del sentiero, una tubazione in PEAD 250, sino al suddetto, nuovo pozzetto;
- da tale pozzetto, verranno sostituite le tubazioni in pvc esistenti, con tubazioni in PEAD 315, lungo il sentiero e fino al pozzetto grigliato in cls, posto a monte della S.P. e, quindi, sino al pozzetto stradale della S.P.
- infine, verranno effettuate operazioni di manutenzione del pozzetto stradale e del tubo in cls di attraversamento della S.P. (\varnothing 400 mm), prevedendo la formazione di una soglia in pietrame a valle.

Per quanto riguarda le operazioni di costruzione / rifacimento dei muri, si propongono i seguenti interventi:

- rifacimento dei muri di contenimento del sentiero intermedio, per 3 tratte lunghe rispettivamente 4.0 m, 7.0 m e 5.0 m, di altezza variabile tra 1.0 m e 1.60 m;
- costruzione di un cordolo in cls, alto 30 cm e lungo 14.0 m, sul lato monte del sentiero pedonale ed al piede del dissesto gravitativo.

SENTIERO SCARENO - INTIN – CORTE MARZA

(Strada Com.le Scareno Intino)

6. SITUAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA LOCALE E DESCRIZIONE DEI DISSESTI

Nell'area esaminata, il versante risulta caratterizzato da una morfologia uniforme, piuttosto acclive, digradante verso Sud, con presenza del substrato roccioso affiorante e subaffiorante, rappresentato dai litotipi appartenenti alla formazione degli Scisti dei Laghi, costituiti da micascisti e paragneiss a due miche, caratterizzati da evidente foliazione e localmente inframmezzati da lenti di anfiboliti.

Il substrato roccioso metamorfico risulta spesso obliterato da una coltre di materiale detritico-colluviale ed eluvio-colluviale, costituita da ciottoli e clasti spigolosi, immersi in matrice sabbioso-ghiaiosa, spesso frammista a detrito di versante, la cui potenza risulta compresa tra i pochi decimetri ed 1.0-2.0 m; localmente, sono presenti taluni muretti di terrazzamento in pietrame a secco, spesso mal conservati, a testimonianza del passato utilizzo del versante per scopi agricoli.

Laddove l'acclività del versante si addolcisce, generalmente in corrispondenza dei centri abitati (Scareno) e degli alpeggi (Intin), è possibile rinvenire placche più o meno estese di depositi glaciali, quasi sempre rimaneggiati sia dall'azione gravitativa che dall'intervento antropico (tessitura caotica); anche in questo caso, lo spessore di tali depositi risulta comunque esiguo, infatti all'interno di dette placche, si rinvengono numerosi lembi isolati di substrato affiorante.

L'assetto strutturale del substrato roccioso, influenza fortemente la morfologia del versante, che si presenta piuttosto acclive, con impluvi rettilinei impostati lungo la linea di massima pendenza ed affermati nel substrato, con incisioni a V, anche piuttosto profonde, poste in corrispondenza di linee tettoniche; il profilo longitudinale, piuttosto uniforme, presenta occasionali, modesti cambi di pendenza e salti morfologici, con substrato roccioso affiorante, anch'essi legati a controllo strutturale.

Per quanto attiene all'idrologia superficiale, due risultano essere gli assi di drenaggio principali: il primo, è costituito dal T. S. Giovanni, che defluisce nella profonda valle ad Ovest dell'abitato di Scareno; il secondo è formato dall'asse del Rio Scarnasca, un suo affluente di sinistra, che delimita a Sud il versante in esame.

Durante il sopralluogo, è stata rilevata la presenza di un reticolo idrografico superficiale, caratterizzato dalla presenza di numerose incisioni rettilinee, più o meno incise nel versante e sviluppate lungo la linea di massima pendenza, con substrato roccioso affiorante in corrispondenza degli impluvi più significativi.

In particolare, lungo la tratta di sentiero esaminata, sono stati rilevati 2 impluvi principali, affluenti di destra del Rio Scarnasca, di cui uno posto ad Ovest di Intin (Rio Brigalone, comprendente taluni impluvi secondari nella zona di testata), e l'altro situato ad Est della località Corte Marza (Rio Corgelli); lungo questi due corsi d'acqua, entrambi sviluppati lungo linee di debolezza strutturale, in occasione dell'evento pluviometrico del 06/06/2009, si sono attivati fenomeni di trasporto solido significativi.

Le acque superficiali, che non defluiscono immediatamente entro tali impluvi, tendono in parte ad infiltrarsi all'interno del substrato, sfruttando la presenza delle linee di frattura che attraversano l'ammasso

roccioso; la maggior parte delle acque di precipitazione meteorica, vengono comunque smaltite dalle linee di ruscellamento presenti lungo il versante.

Anche laddove sono presenti coltri di depositi superficiali, dotati di un discreto grado di permeabilità, gli spessori risultano talmente esigui che non riesce a svilupparsi una vera e propria falda; solo in caso di precipitazioni intense e prolungate, riesce a formarsi una sorta di “falda” molto effimera, defluente lungo la linea di massima pendenza e poggiante sul basamento metamorfico.

6.1 DISSESTO 1

Il primo dissesto, individuato lungo il sentiero pedonale che collega Scareno all'alpeggio di Intin, in stretta vicinanza all'incrocio con il sentiero pedonale che collega Scareno ed Aurano, è situato circa alla quota di 690 m s.l.m., lungo un settore di versante interessato dalla presenza di coltri di materiali detritico colluviali, generalmente di modesto spessore, al margine di settori con presenza del substrato roccioso estesamente affiorante; i materiali di copertura, sono costituiti da clasti e blocchi spigolosi, da pluricentimetrici a pluridecimetrici, immersi in matrice sabbiosa.

A circa 10.0 m di distanza dall'incrocio, immediatamente a valle del sentiero Scareno-Intin, a causa della saturazione dei materiali di copertura e del crollo di un esemplare arboreo lungo il sottostante pendio, si è attivato uno scollamento gravitativo dei depositi colluviali, con formazione di una modesta nicchia di frana, che ha coinvolto parte del sedime esterno, larga circa 3.0 m e con fronte di 0.50 m.

I materiali detritico-colluviali, sono scivolati lungo il pendio, raggiungendo il sottostante sentiero Scareno – Aurano, ove si è accumulato il modesto “piede” del corpo di frana; l'esemplare arboreo franato sul sentiero sottostante, è stato successivamente tagliato ed asportato, ripristinando il transito pedonale.

Allo stato attuale, il passaggio pedonale non è ostacolato, né lungo il sentiero superiore, né lungo quello inferiore, ma la situazione di potenziale dissesto è tuttora in evoluzione, ed in assenza di consolidamento, potrebbero verificarsi ulteriori cedimenti, che interromperebbero i collegamenti pedonali.

6.2 DISSESTO 2

Il secondo dissesto, individuato lungo il sentiero pedonale che collega Scareno all'alpeggio di Intin, è situato circa alla quota di 710 m s.l.m., in corrispondenza di una tratta di sentiero lunga circa 7.0 m, con presenza di roccia affiorante e subaffiorante, piuttosto fratturata in superficie, con numerosi blocchi disarticolati, parzialmente franata a causa dell'azione diffusa delle acque superficiali, che hanno dilavato ed asportato la modesta copertura.

Allo stato attuale, non sono stati realizzati interventi di sistemazione, neppure temporanei; il passaggio pedonale è difficoltoso ed il dissesto è tuttora in evoluzione, con franamenti secondari: per questa tratta, si proporranno interventi di sistemazione.

A titolo informativo, si segnala che, pochi metri prima di questa tratta, in corrispondenza di un settore con presenza di una placca di materiali detritico colluviali, nel giugno 2009, si era attivato uno scollamento dei depositi colluviali, per uno spessore di circa 1.50 m, (alla base della nicchia, affiora un lembo di roccia, che ha impedito l'ulteriore approfondimento ed arretramento del dissesto), coinvolgendo la testata di un vecchio muro ed alcune matricine di castagno; lungo il pendio a valle, si era formato un canale di scivolamento ampio 4.0-5.0 m, asportando una tratta del sedime viario.

Allo stato attuale, il passaggio pedonale è stato ripristinato, con la sistemazione di una passerella in legname, trasversalmente al canale, oltre che con il sezionamento degli esemplari arborei crollati, lasciando le ceppaie ed i tronchi, a lato del sentiero: per questa tratta, non verrà proposto alcun intervento.

6.3 DISSESTO 3

Il terzo dissesto, individuato circa alla quota di 710 m s.l.m., è situato in corrispondenza di una tratta di sentiero che si sviluppa a valle rispetto ad un settore con presenza di estesi affioramenti del substrato roccioso, a formare paretine acclivi che, localmente, danno origine ad una falda di detrito lapideo; in particolare, in corrispondenza di una falda detritica, incanalata lungo una vallecchia, lungo il lato monte del sentiero ed a protezione del sedime pedonale, era stata realizzata, in passato, una palizzata in legname, lunga circa 5.0 m, con pali verticali ed assi orizzontali, per trattenere il detrito lapideo ed impedire che lo stesso invadesse il sentiero.

Allo stato attuale, le spinte esercitate dal progressivo accumularsi del detrito di media-piccola pezzatura, hanno provocato il degrado della palizzata, che si è inclinata e sta cedendo in diversi punti.

6.4 DISSESTO 4

In destra idrografica rispetto all'incisione del Rio Brigalone, il sentiero si avvicina ad un impluvio, affluente di destra del Rio Brigalone, sviluppato entro una vallecchia ad "V", lungo un canale naturale, impostato nei depositi di copertura detritici e delimitato lateralmente da affioramenti del substrato roccioso, che si attiva solo in occasione di eventi intensi e prolungati.

Questa tratta di sentiero è contenuta al piede da tronchi in legname e si sviluppa a valle rispetto ad un settore con presenza di estesi affioramenti del substrato roccioso, a formare paretine acclivi che, localmente, danno origine a modeste falde detritiche, allungate lungo avvallamenti morfologici; in particolare, appena prima di attraversare l'impluvio secondario, è presente una vallecchia, che costituisce una linea preferenziale di accumulo di materiale lapideo, tanto che a monte del sentiero, come opera di protezione, era stata realizzata, in passato, una palizzata in legname.

Lungo la parete rocciosa sovrastante il sentiero (circa 30.0 m più in alto), presumibilmente nel corso degli eventi meteorici dei mesi di marzo e novembre 2011, si innescata una frana di crollo, con corpo di frana formato da materiale lapideo a pezzatura medio-piccola, che si è riversato lungo la vallecchia, asportando

interamente la palizzata in legname ed obliterando una tratta del sentiero, lunga circa 4.0 m, demolendo anche parte dei tronchi posti a contenimento del lato di valle del sentiero.

Allo stato attuale, il transito pedonale è possibile, ma è necessario ripristinare l'efficienza del sentiero e realizzare degli interventi maggiormente efficaci a protezione del sedime viario, lungo il pendio immediatamente a monte.

6.5 DISSESTO 5

Superato il suddetto impluvio ad "V", il sentiero si sviluppa immediatamente in sponda destra del Rio Brigalone, in corrispondenza di una fascia di versante caratterizzata da depositi di copertura detritico-colluviali, di potenza presumibilmente plurimetrica.

Detti materiali superficiali, risultano imbibiti d'acqua, con modeste infiltrazioni e scaturigini, visibili anche in periodi caratterizzati da precipitazioni relativamente modeste; i depositi di copertura, in occasione di precipitazioni meteoriche particolarmente prolungate, come quelle del giugno e luglio 2009, tendono a saturarsi dando origine a scollamenti e scivolamenti gravitativi lungo una fascia a monte del sentiero.

Allo stato attuale, anche a seguito degli eventi meteorici dei mesi di marzo e novembre 2011, il sedime del sentiero è a stento riconoscibile, essendo soggetto a dilavamenti superficiali e, inoltre, è a rischio di franamenti di materiale detritico da monte, essendo presente un ampio scollamento nei depositi di copertura, esteso a quasi tutto il settore interessato dai fenomeni di infiltrazione e scollamenti, lungo circa 15.0 m.

6.6 DISSESTO 6

Superato l'alveo del Rio Brigalone, il sentiero si sviluppa a mezza costa, in sinistra idrografica di tale corso d'acqua, lungo un settore di versante acclive, con presenza del substrato estesamente affiorante; il dissesto n. 6, è individuato in corrispondenza di una linea di deflusso (modesta vallecchia) delle acque superficiali, all'incirca alla quota di 730 m s.l.m., compresa tra il Rio Brigalone (ad Ovest) ed il Rio Corte Pianale (ad Est).

Il passaggio pedonale in corrispondenza dell'attraversamento, è parzialmente invaso dal detrito lapideo e l'azione delle acque di ruscellamento, ha dilavato ed asportato la porzione più esterna del sedime pedonale, che è stato ripristinato in via temporanea, con la sistemazione di un tronco di castagno, trasversalmente alla modesta incisione morfologica.

Il dissesto è di entità modesta, ma sta compromettendo la percorribilità del sentiero, in un settore ove, in caso di interruzione del tracciato, non è possibile individuare un percorso alternativo per raggiungere l'alpeggio di Intin.

6.7 DISSESTO 7

Superato Intin, il sentiero pedonale si sviluppa in direzione Est, attraverso un ampio settore di versante boscato, mediamente acclive, interessato anche dalla presenza di coltri di copertura di origine glaciale, in parte rimaneggiate da processi gravitativi.

Subito dopo la località Aurompia, circa alla quota di 750.0 m s.l.m., nel corso del violento temporale del novembre 2011, che si è abbattuto in questo settore con violente raffiche di vento, sono crollati numerosi esemplari arborei, anche di grosse dimensioni, compresi alcuni prossimi al tracciato del sentiero pedonale, per una tratta lunga circa 20.0 m.

Alcuni esemplari arborei si sono abbattuti direttamente sul sentiero, mentre per le piante radicate in adiacenza al lato di valle del tracciato pedonale, al momento del crollo, gli estesi apparati radicali si sono sollevati, asportando larghe porzioni dei materiali di copertura sovrastanti il substrato ed interrompendo il sentiero in più punti (vedi Foto).

Sebbene tale dissesto non sia propriamente legato alla regimazione delle acque superficiali, appare evidente la necessità di prevedere un intervento di sistemazione dell'area, sia per garantire la fruizione del sentiero e l'accesso agli alpeggi più orientali, oltre che in un'ottica di sistemazione generale del versante.

6.8 DISSESTO 8

Subito dopo il dissesto n. 7, il sentiero pedonale si avvicina a due fabbricati rurali isolati (di cui uno ormai demolito), compresi tra le loc. Aurompia (ad Ovest) e Corte Marza (ad Est), sviluppandosi lungo un settore di versante boscato, mediamente acclive, delimitato a valle da un cambio di pendenza ad un settore ad acclività maggiore, digradante verso la profonda incisione del Rio Molinaccio.

Analogamente al dissesto 7, nel corso del violento temporale del novembre 2011, sono crollati numerosi esemplari arborei, anche di grosse dimensioni, che in parte si sono abbattuti direttamente sul sentiero, ed in parte sono crollati lungo il sottostante pendio acclive, asportando larghe porzioni dei materiali di copertura; in particolare, in un settore di limitata estensione areale, si è innescato un vero e proprio dissesto gravitativo, con formazione di un "canalone" di frana, che ha interrotto il sentiero (vedi Foto).

Si ribadisce quanto detto al punto 3.7, sottolineando la necessità di un intervento di sistemazione dell'area, sia per garantire la fruizione del sentiero e l'accesso agli alpeggi più orientali, sia per evitare che, il dilavamento operato dalle acque meteoriche, possa innescare ulteriori fenomeni di erosione e dissesti gravitativi estesi ad una porzione più ampia del versante.

6.9 DISSESTO 9

Subito dopo la località Corte Marza, il sentiero attraversa l'alveo del Rio Corgelli, all'incirca alla quota di 750 m s.l.m.; il dissesto n. 9, è individuato in corrispondenza dell'attraversamento dell'alveo.

Lungo l'alveo è presente una discreta quantità di materiale detritico, a pezzatura medio-grossolana, derivante sia da crolli dalle pareti in roccia, sia dal dilavamento della frazione fine dei materiali di copertura detritici, lungo la tratta superiore del bacino idrografico.

L'alveo del corso d'acqua, è in gran parte incassato in roccia, tranne che per una breve tratta a monte della zona di attraversamento del sentiero, ove in sinistra si forma una modesta "varice" con depositi detritico-alluvionali, a ricoprire il substrato sottostante; l'episodio di piena del 6 giugno 2009, ha divelto gli "ancoraggi" della vecchia passerella in legname, che ora risulta spostata, in condizioni di equilibrio precarie ed intransitabile.

Successivamente, presumibilmente nel corso dell'evento meteorico del novembre 2011, si è verificato il crollo di taluni esemplari arborei, radicati in sinistra idrografica, che sono crollati trasversalmente all'alveo; in particolare, un grosso esemplare arboreo, si è abbattuto direttamente sui resti della passerella pedonale.

7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA, GEOMECCANICA E SISMICA DEI MATERIALI IN SITO

Analogamente a quanto trattato per gli Interventi previsti in loc. Gabbio, anche per le opere di sistemazione lungo il sentiero Scareno-Intin-Corte Marza, viene di seguito fornita una caratterizzazione sintetica dei materiali di copertura.

7.1 MATERIALI DI COPERTURA

Come da rilievi condotti in sito, i depositi di copertura vengono distinti tra coltri di materiali di origine glaciale, e depositi detritici di versante, descritti al cap. 6, per i quali è stato possibile stimare i parametri geotecnici, facendo riferimento alla tabelle precedentemente allegate (Interventi in loc. Gabbio).

Per quanto riguarda i valori di ϕ , si ricorda che, in situazioni, che comportino fenomeni di rottura progressiva (spinta passiva) è preferibile fare riferimento all'angolo di attrito a volume costante (ϕ_{CV}), considerando che l'angolo di dilatanza, $\phi_{dilatante} = \phi_{TC} - \phi_{CV}$, funzione della densità relativa, è valutabile in circa 4-5°; i valori dei parametri geotecnici qui forniti, sono da considerarsi come un dato medio, eventualmente soggetto a variazioni locali.

Depositi detritico-colluviali (SW)

γ (peso di volume secco)	1.90 t/m ³
γ_{sat} (peso di volume saturo)	2.20 t/m ³
γ' (peso di volume sommerso)	1.20 t/ m ³
D_r (densità relativa)	35÷45 %
ϕ_{TC} (angolo di attrito interno di picco)	35°
ϕ_{CV} (angolo di attrito interno a volume costante)	31°
c (coesione)	0 t/m ²

Depositi glaciali (SW)

γ (peso di volume secco)	1.80 t/m ³
γ_{sat} (peso di volume saturo)	2.10 t/m ³
γ' (peso di volume sommerso)	1.10 t/ m ³
D_r (densità relativa)	40÷50 %
ϕ_{TC} (angolo di attrito interno di picco)	33°
ϕ_{CV} (angolo di attrito interno a volume costante)	29°
c (coesione)	0.2 t/m ²

7.2 SUBSTRATO ROCCIOSO

Le rocce che costituiscono il substrato roccioso, sono costituite dalle metamorfiti della Serie dei Laghi, qui rappresentate da micascisti e paragneiss a due miche, a grana medio-fine, aventi talvolta una tessitura marcatamente scistosa, con alternanze di settori in cui le discontinuità sono poco sviluppate, e zone in cui le fratture risultano piuttosto frequenti e persistenti; le caratteristiche geomeccaniche medie del substrato roccioso integro, possono essere valutate come segue:

- γ (peso di volume) = 2.7 t/m³
- σ_c (resistenza a compressione monoassiale del materiale roccia) = 80-100 MPa
- φ_b (angolo di attrito di base) = 36°
- c (coesione dell'ammasso roccioso) = 3.1 t/m²

7.3 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Le Categorie di suolo di fondazione, sono definite in base alle velocità di propagazione delle onde trasversali o di taglio V_{S30} ed alla sequenza stratigrafica, secondo i criteri specificati al capitolo 3.2, *Azione Sismica*, paragrafo 3.2.2. *Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche* - Tabella 3.2.II delle N.T.C. del D.M. 14-01-2008, precedentemente allegata (vedi cap. 4).

Sulla scorta delle osservazioni condotte in sito, supportate dalle conoscenze pregresse della zona, acquisite nel corso di numerose indagini geologiche e geotecniche condotte nel territorio comunale, è possibile assegnare i terreni di fondazione ad un Suolo di tipo A.

Per gli spettri di risposta delle componenti verticale ed orizzontale delle azioni sismiche, è stato utilizzato il foglio di calcolo GeoStru software, sviluppato ai sensi del D.M. 14-01-2008; in base a tali fogli di calcolo, la definizione dei vari spettri di risposta, è articolata in 3 fasi:

- *Fase 1: individuazione della pericolosità del sito.* Per valutare le azioni sismiche all'interno del territorio comunale, si effettua una ricerca in base alle coordinate (WGS84) del sito specifico; nel caso in esame, si è fatto riferimento alle coordinate relative all'attraversamento del Rio Corgelli, laddove è prevista la costruzione dell'opera di maggiore rilevanza:

Latitudine: 46,0130 (°)

Longitudine: 8.6007 (°)

- *Fase 2: scelta della strategia di progettazione.* Trattandosi di Strade Comunali extraurbane, costituite da semplici sentieri pedonali (opere infrastrutturali e reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o IV), in base alle tabelle di riferimento delle Nuove Norme Tecniche per la Costruzioni, sono stati inseriti i dati relativi alla vita nominale della costruzione ($V_N \geq 50$ anni "opere ordinarie") e del suo Coefficiente d'uso ($C_U = 1.0$ - Classe II "affollamento normale di persone"), ricavando il periodo di ritorno per la definizione dell'azione sismica.
- *Fase 3: determinazione dell'azione di progetto.* sono stati considerati i vari Stati Limite (SLO "Operatività" – SLD "Stato Limite Danno" - SLV "Salvaguardia Vita" e SLC "Prevenzione

Collasso”); per le condizioni topografiche, è stata selezionata la categoria T2 “pendii con inclinazione media $>15^\circ$ ”, corrispondente ad un coefficiente di amplificazione topografica $S_T = 1.20$.

In base ai dati inseriti, si ottengono, per ciascuno Stato Limite, i valori di F_0 (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale), a_g (accelerazione sismica orizzontale massima) e T^*C (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale):

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_0	Tc^* [s]
Operatività (SLO)	30	0,016	2,572	0,154
Danno (SLD)	50	0,020	2,557	0,170
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,045	2,635	0,282
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,054	2,717	0,303

Per il calcolo dei coefficienti sismici orizzontali e verticali K_h e K_v , il valore di S_s (fattore di amplificazione dipendente dalla categoria del suolo di fondazione), per un terreno di categoria A, è pari a 1.00, mentre per quanto riguarda S_T (fattore di amplificazione topografica), trattandosi di terreni con inclinazione $>15^\circ$, tale valore è pari a 1.2.

Quindi, i coefficienti sismici relativi a ciascuno Stato Limite, in base alle caratteristiche dell'area, della categoria del suolo e della morfologia, sono le seguenti:

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
k_h	0,004	0,005	0,011	0,013
k_v	0,002	0,002	0,005	0,006
a_{max} [m/s^2]	0,186	0,237	0,526	0,636
β_s	0,2			

8. ANALISI IDROLOGICA DEL RIO CORGELLI

8.1 CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE DEL BACINO IMBRIFERO

Allo scopo di fornire un'analisi degli aspetti idrologici del Rio Corgelli, ne è stato delimitato il bacino imbrifero su base topografica (C.T.R.N. Piemonte – Sez. n. 52160) e sono state definite le sue caratteristiche morfometriche.

Quale sezione di chiusura si è considerata quella di imposta dell'attraversamento pedonale in progetto lungo il proseguimento del sentiero Scareno-Intin, presso la località Corte Marza, così come rappresentato nella Carta del bacino idrografico, in scala 5.000, proposta in allegato.

Il bacino imbrifero drenato dal Rio Corgelli, affluente di destra del Rio Scarnasca, si sviluppa con andamento Nord-Sud, lungo le pendici meridionali della dorsale che degrada dal Monte Spalavera e che in direzione Sud-Ovest comprende le cime Oro del Fai e Pian d'Aria.

I parametri morfometrici del bacino presi in considerazione sono i seguenti:

- 1) Quote massima (H_{\max}) e minima (H_0 , in corrispondenza della sezione di chiusura) del bacino.
- 2) Quota media del bacino (H_m).

Tale valore si ricava come media ponderata delle altezze medie (h_i) di un certo numero di superfici parziali (S_i) delimitate da curve di livello, in cui viene suddivisa tutta la superficie del bacino (S), secondo la formula:

$$H_m = \frac{\sum h_i \times S_i}{S}$$

dove:

h_i = quota media della superficie i -esima, cioè media dei valori delle due curve di livello che delimitano tale superficie (m);

S_i = area della superficie i -esima (m^2);

S = area del bacino (m^2).

- 3) Superficie del bacino (S).
- 4) Lunghezza dell'asta colletttrice principale (L).
- 5) Pendenza media del bacino.

Per il calcolo della pendenza media del bacino (i_m) si è ricorsi al metodo proposto da Horton (1914), riferendosi cioè alla seguente formula:

$$i_m = \frac{e \times \sum l_i}{S}$$

dove:

e = equidistanza tra le curve di livello (m);

Σl_i = lunghezza complessiva delle linee di livello comprese nel bacino (m);

S = area del bacino (m²).

Nella tabella seguente vengono, pertanto, riassunti i caratteri fisici e geometrici del bacino idrografico considerato.

Quota massima del bacino	1.340 m s.l.m.
Quota minima del bacino (sezione di chiusura)	750 m s.l.m.
Quota media del bacino	1.087 m s.l.m.
Superficie del bacino	0,535 km ²
Lunghezza dell'asta colletttrice principale	1,09 km
Pendenza media del bacino	62,4% ($\cong 32^\circ$)

8.2 CALCOLO DELLE PRECIPITAZIONI

Il calcolo delle precipitazioni è stato effettuato considerando la curva di probabilità pluviometrica e, quindi, la relazione che lega l'altezza d'acqua caduta, in assenza di perdite, alla sua durata, per un assegnato tempo di ritorno:

$$h(t) = at^n$$

dove:

$h(t)$ = massimo valore annuale di precipitazione di durata t che può essere raggiunto o superato ogni Tr anni;

a, n = parametri il cui valore dipende dalle caratteristiche pluviometriche della zona in cui si trova la stazione di misura.

L'Allegato n. 3 della Direttiva n. 2 del PAI fornisce i parametri "a" e "n" relativi alla regionalizzazione effettuata su tutto il territorio del bacino del Fiume Po, per $Tr = 20, 100, 200$ anni, da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica; in particolare, il bacino imbrifero del Rio Corgelli risulta compreso nelle seguenti celle della griglia di discretizzazione delle piogge intense:

CELLA	Tr = 20		Tr = 100		Tr = 200	
	a	n	a	n	a	n
CG52 Coordinate UTM ED50: E 469000 N 5097000	63,16	0,436	80,30	0,440	87,63	0,440
CG53 Coordinate UTM ED50: E 469000 N 5095000	63,71	0,431	81,01	0,434	88,41	0,434

Una volta individuate, quindi, per il bacino idrografico in esame, le celle della regionalizzazione in cui esso ricade, è stata eseguita una media pesata dei valori assunti dai parametri "a" e "n" per i differenti tempi di ritorno, ottenendo i seguenti valori dei parametri "a" e "n" da inserire nella curva di possibilità pluviometrica:

	Tr = 20		Tr = 100		Tr = 200	
	a	n	a	n	a	n
Rio Corgelli	63,20	0,436	80,35	0,440	87,69	0,440

8.3 CALCOLO DEI DEFLUSSI

Le portate sono state valutate con il metodo razionale, esplicabile con la formula:

$$Q_C = 0,278 \cdot Cr \cdot \frac{\varphi \cdot h(t) \cdot S}{T_c}$$

dove:

Q_c = portata al colmo (m³/s)

Cr = coefficiente di ragguaglio

φ = coefficiente di deflusso

$h(t)$ = altezza di precipitazione per t pari al tempo di corrivazione T_c (mm)

S = superficie del bacino (km²)

T_c = tempo di corrivazione (ore)

La base del metodo è che durante un evento meteorico, che si ipotizza inizi istantaneamente e continui con intensità (i) costante nel tempo e nello spazio, la portata aumenti sino ad un tempo pari al tempo di corrivazione (T_c), quando l'area (S) di tutto il bacino contribuisce al deflusso.

La portata al colmo (Q_c) è allora proporzionale al prodotto ($i \cdot S$) attraverso il coefficiente di deflusso φ .

Questo metodo per il calcolo delle portate è basato sulle seguenti assunzioni:

- il bacino viene considerato come entità unica;
- analogamente, la precipitazione viene considerata uniforme su tutto il bacino;
- il tempo di ritorno della pioggia e della portata è lo stesso e la durata delle fasi di formazione e di riduzione del colmo di piena è la stessa;
- la durata dell'intensità di pioggia coincide con il tempo di corrivazione T_c .

CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

Il *tempo di corrivazione* (T_c) è il tempo necessario perchè, in un dato bacino di area S , tutte le particelle d'acqua defluenti giungano alla sezione sottesa.

Per la sua valutazione si è impiegata la formula di Giandotti, che considera la pendenza della rete come funzione dell'altitudine media del bacino idrografico (H_m), rispetto alla sezione di chiusura (H_0):

$$T_c = \frac{4 \cdot \sqrt{S} + 1,5 \cdot L}{0,8 \cdot \sqrt{H_m - H_0}}$$

Tale formula è tarata su numerose esperienze reali e si basa su parametri più facilmente misurabili.

Si è ottenuto un valore $T_c = 0,31$ ore ($\cong 18$ minuti).

STIMA DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

Il *coefficiente di deflusso* (φ) si definisce come il rapporto fra il volume dell'acqua che defluisce attraverso una data sezione e il corrispondente afflusso in un certo arco di tempo.

Occorre distinguere fra coefficiente di deflusso annuo e coefficiente di deflusso di piena da utilizzarsi nel metodo razionale.

Mentre il primo consente di evidenziare le passività o le attività del bilancio idrologico del bacino stesso nell'intero arco di un anno, il secondo consente di evidenziare il rapporto fra deflussi e afflussi al colmo di piena raggiunto dopo un tempo pari al tempo di corrivazione.

Per la stima del coefficiente di deflusso (φ) è possibile ricorrere alle tabulazioni riportate in diversi manuali di idrologia; a tale proposito si riportano i valori contenuti nelle direttive del PAI (Tabella XIII) e quelli riportati da Benini (1990), in cui $C(\varphi)$ è espresso in funzione della morfologia, dell'uso del suolo e del tipo di terreno (Tabella XIV).

Facendo riferimento a queste indicazioni, tenuto conto che il bacino del Rio Corgelli è in buona parte impostato nel substrato roccioso, in parte affiorante e/o subaffiorante ed in parte coperto da depositi eluvio-colluviali di limitato spessore, e che è caratterizzato da una copertura di tipo boschivo, si può assegnare al bacino il seguente valore di coefficiente di deflusso: $\varphi = 0,40$.

<i>Tabella XIII: Coefficienti di deflusso suggeriti dal PAI (raccomandati da Handbook of Applied Hydrology, Ven Te Chow, 1964)</i>			
Tipo di suolo	Uso del suolo		
	Coltivato	Bosco	
Suolo con infiltrazione elevata, normalmente sabbioso o ghiaioso	0.20	0.10	
Suolo con infiltrazione media, senza lenti argillose; suoli limosi e simili	0.40	0.30	
Suolo con infiltrazione bassa, suoli argillosi e suoli con lenti argillose vicine alla superficie, strati di suolo sottile al di sopra di roccia impermeabile	0.50	0.40	
<i>Tabella XIV: valori del coefficiente C in funzione delle caratteristiche del bacino (da Benini, 1990)</i>			
Tipo di suolo	Coltivazioni	Pascoli	Boschi
Suoli molto permeabili sabbiosi o ghiaiosi	0.20	0.15	0.10
Suoli mediamente permeabili (senza strati di argilla) e terreni di medio impasto o simili	0.40	0.35	0.30
Suoli poco permeabili, suoli fortemente argillosi o simili, con strati di argilla vicino alla superficie, suoli poco profondi sopra roccia impermeabile	0.50	0.45	0.40

Poiché il coefficiente di deflusso è legato anche alla pendenza del bacino, è stata utilizzata anche la relazione proposta da Schaake, Geyer e Knapp (1967):

$$\varphi = 0,14 + 0,65 \text{ IMP} + 0,05 \cdot i_m$$

in cui IMP rappresenta la frazione di area impermeabile (rapporto fra l'area impermeabile e l'area totale del bacino) e i_m è la pendenza media del bacino, ottenendo per il bacino in esame un valore di $\varphi = 0,50$.

Pertanto, si è scelto di utilizzare un valore medio tra i due precedentemente ricavati, pari a $\varphi = 0,45$.

8.4 RISULTATI OTTENUTI

Applicando la formula di Giandotti è stato ricavato il tempo di corrvazione (T_c) del bacino, quindi, in base alle curve di probabilità pluviometrica, si ottengono i seguenti valori di pioggia (in mm) nel tempo di corrvazione, per i vari tempi di ritorno considerati:

	T_c (ore)	h_{20} ($t=T_c$) (mm)	h_{100} ($t=T_c$) (mm)	h_{200} ($t=T_c$) (mm)
Rio Corgelli	0,31	37,97	48,06	52,44

I valori di portata di massima piena (Q_c), ottenuti per i vari tempi di ritorno, applicando la formula del metodo razionale con un coefficiente di deflusso (ϕ) pari a 0,45 ed un coefficiente di ragguglio (Cr) unitario, data la modesta estensione del bacino (si faccia riferimento al diagramma di Merlo di seguito allegato - fig. 1), sono riportati nella tabella seguente:

	Tc (ore)	Q_{20} (m^3/s)	Q_{100} (m^3/s)	Q_{200} (m^3/s)
Rio Corgelli	0,31	8,2	10,4	11,3

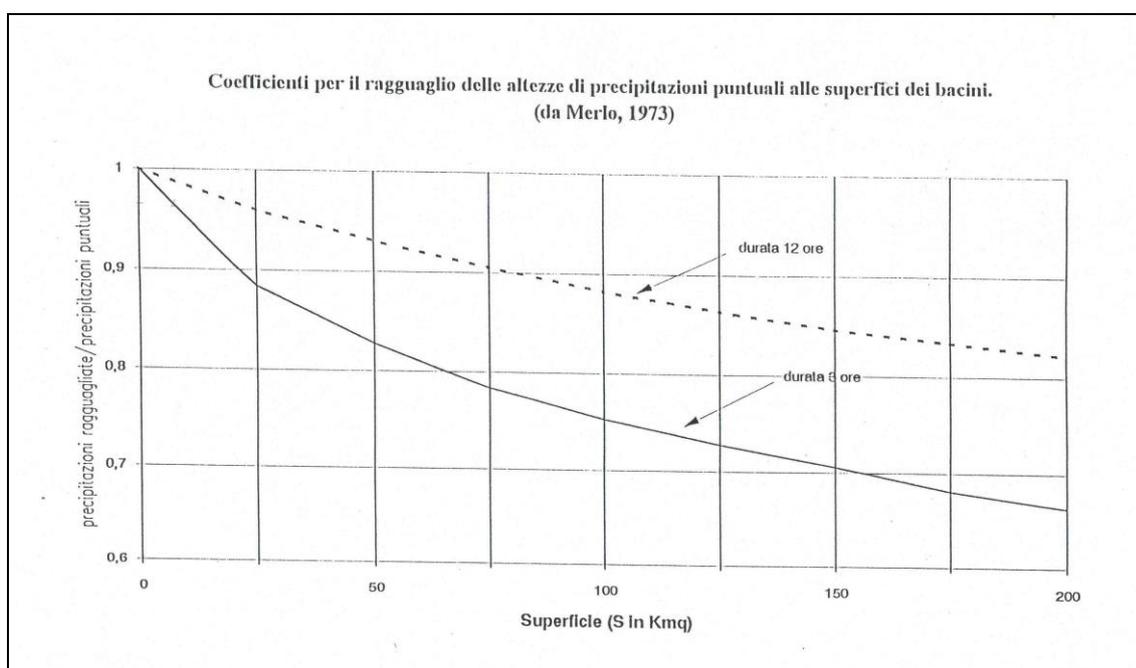


FIGURA 1

8.5 VALUTAZIONI SUL TRASPORTO SOLIDO

Sulla base dell'analisi dell'assetto geolitologico e geomorfologico del bacino del Rio Corgelli si possono fare le seguenti considerazioni circa la sua propensione al trasporto solido in occasione di eventi meteorici intensi e prolungati.

All'interno del suo bacino montano idrografico, a monte della sezione di chiusura, sono rilevabili le seguenti condizioni, esplicitate anche nella Carta geologica e geomorfologica, e nella documentazione fotografica:

- l'alveo risulta impostato nella quasi totalità nel substrato roccioso, prevalentemente affiorante o coperto da modesti spessori di depositi detritico-alluvionali;

- la progressiva erosione lungo le sponde del corso d'acqua, impostate nei depositi di copertura eluvio-colluviali e/o glaciali, provoca l'asportazione della frazione fine e la messa a nudo di modesti trovanti rocciosi che, quindi, possono venire coinvolti nella dinamica torrentizia del corso d'acqua;
- per quanto concerne la frazione granulometricamente minore, un elemento che concorre al suo dilavamento e, quindi, alla mobilizzazione durante fenomeni di piena è costituito dalla pendenza media del bacino che è caratterizzata da valori medio-alti ($\cong 32^\circ$).

Le evidenze geomorfologiche e geologiche riscontrate sia lungo l'alveo del Rio Corgelli, sia lungo le pendici del suo bacino imbrifero, fanno propendere per un meccanismo di trasporto solido che dia origine a fluidi iperconcentrati più che a vere proprie colate detritiche.

Si ritiene, pertanto, che tale corso d'acqua abbia una potenzialità principalmente all'inscospicuo di *debris flood* (fluidi iperconcentrati), piuttosto che di colate detritiche vere e proprie (*debris flow*), considerata anche la modesta dimensione del bacino idrografico ($< 1 \text{ km}^2$) e le contenute estensioni delle fasce spondali.

Pertanto, ai fini delle verifiche di compatibilità idraulica, le portate liquide precedentemente ricavate sono state incrementate di circa il 25%, ai fini di considerare eventuale trasporto solido, ottenendo i seguenti valori di riferimento per le verifiche idrauliche:

Q_{20} (m^3/s)	Q_{100} (m^3/s)	Q_{200} (m^3/s)
10,3	13,0	14,1

I suddetti valori corrispondono a concentrazioni della frazione solida rispetto a quella liquida (C) dell'ordine di 0,20, esprimendo:

$$C = \frac{Q_{\text{SOLIDO}}}{Q_{\text{SOLIDO}} + Q_{\text{LIQUIDO}}}$$

In generale si usa classificare le tre situazioni di trasporto solido nel modo seguente:

Trasporto di fondo (<i>bed load</i>)	$C < 0,02$
<i>Debris-flood</i>	$0,02 < C < 0,2$
<i>Debris-flow</i>	$0,2 < C < 0,55$

Un'ulteriore classificazione è basata sulla pendenza dell'alveo (S), così come sintetizzato nella seguente figura (figura 2).

Tenuto conto che, nel tratto in corrispondenza delle sezioni di progetto, l'alveo assume pendenze comprese tra 7° fino a 12° ($0,12 \div 0,21$), spostandosi verso monte, anche in base a questa classificazione, la forma di trasporto potenzialmente attesa per il Rio Corgelli risulta costituita dal *debris-flood*, analogamente a quanto ipotizzato sulla scorta delle citate evidenze geomorfologiche e geologiche:

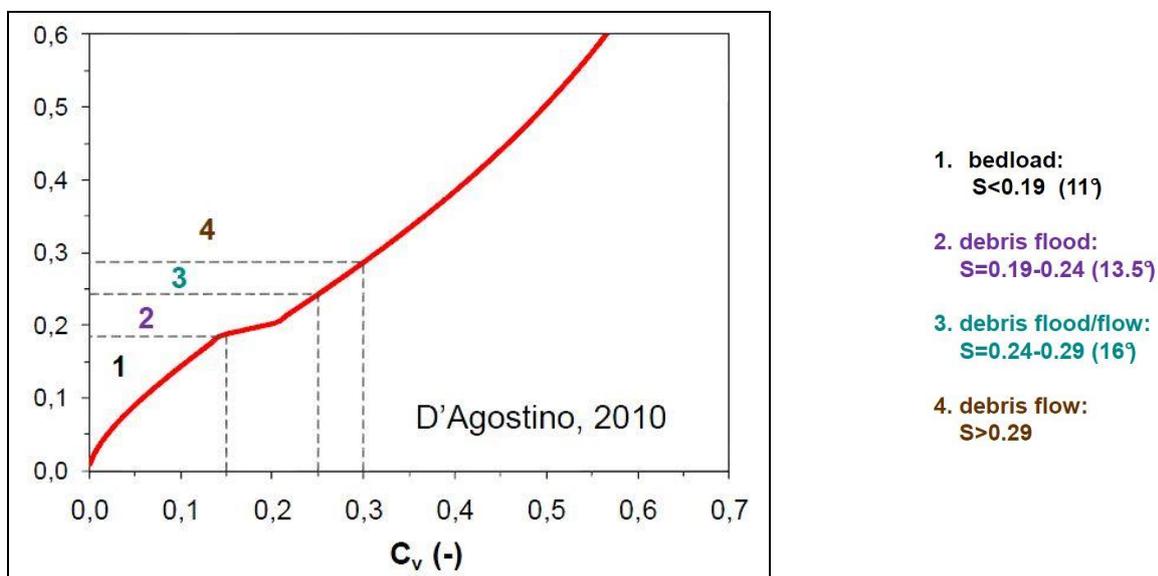


FIGURA 2 – Pendenza energetica e forma di trasporto "potenzialmente" attesa (D'Agostino, 2010)

9. VERIFICHE IDRAULICHE RIO CORGELLI

9.1 METODOLOGIA UTILIZZATA

La metodologia utilizzata per la determinazione dei livelli idrici in corrispondenza della sezione di progetto lungo il Rio Corgelli ha fatto riferimento alle condizioni di moto uniforme, essendo verificate nei tratti esaminati le ipotesi di base per l'applicazione di tale modello (sezioni pressoché omogenee a pendenza costante e scabrezza invariata).

Considerando una sezione di deflusso dell'alveo, la massima portata smaltibile è data dalla seguente relazione:

$$Q = V \cdot A$$

- in cui:
- Q = massima portata smaltibile (m³/s)
 - V = velocità media della corrente (m/s)
 - A = area della sezione di deflusso (m²)

In condizioni di moto uniforme, la velocità media della corrente può essere determinata mediante la seguente relazione:

$$V = \chi \cdot (R \cdot i)^{1/2}$$

dove:

- χ = coefficiente di attrito, ricavato con la formula di Gauckler-Strickler: $\chi = k_s \cdot R^{1/6}$
- k_s = indice di scabrezza di Gauckler-Strickler (figura 3)
- R = raggio idraulico, dato dal rapporto tra area della sezione di deflusso (A) e perimetro bagnato (P)
- i = pendenza dell'alveo nel tratto considerato

<i>Natura delle pareti</i>	k_s (m ^{1/3} /s)
Corsi d'acqua naturali	
piccoli corsi d'acqua di pianura, puliti, diritti e senza ristagni d'acqua	30-40
piccoli corsi d'acqua di pianura, puliti, sinuosi e senza ristagni d'acqua	22-30
tratti lenti con erbacce e stagni profondi	13-20
tratti molto erbosi con stagni profondi, ostacolati da alberi e macchie	7-13
fiumi di montagna, con fondo in ghiaia, ciottoli e pochi massi e lati ripidi	20-33
fiumi di montagna, con fondo in ciottoli e grossi massi, lati ripidi	14-25
Golene	
con erba	20-40
con aree coltivate	20-50
con sottobosco	14-29
con molti alberi	8-13
Grandi fiumi (larghezza in superficie maggiore di 30 m)	
sezione regolare, senza massi o vegetazione	17-40
sezione irregolare	10-29

FIGURA 3 – Valori dell'indice di scabrezza di Gauckler-Strickler

9.2 RISULTATI OTTENUTI

Con riferimento agli elaborati grafici di progetto, è stata sottoposta a verifiche idrauliche la sezione di imposta del manufatto di attraversamento in progetto, ubicato in prossimità della località Corte Marza.

Pendenza alveo (i) = $12^\circ (\cong 0,22)$

Indice di scabrezza di Gauckler-Strickler (ks) = $14 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$

I risultati ottenuti vengono riassunti nella seguente tabella e sono stati esplicitati nel grafico che segue, il quale rappresenta la “scala di deflusso” della sezione d'alveo in esame (figura 4).

Tr (anni)	Q (m ³ /s)	P (m)	A (m ²)	R (m)	χ (-)	V (m/s)	h (m)
20	10,3	4,236	2,344	0,553	12,69	4,43	1,23
100	13,0	4,627	2,793	0,604	12,87	4,69	1,36
200	14,1	4,746	2,939	0,619	12,93	4,77	1,40

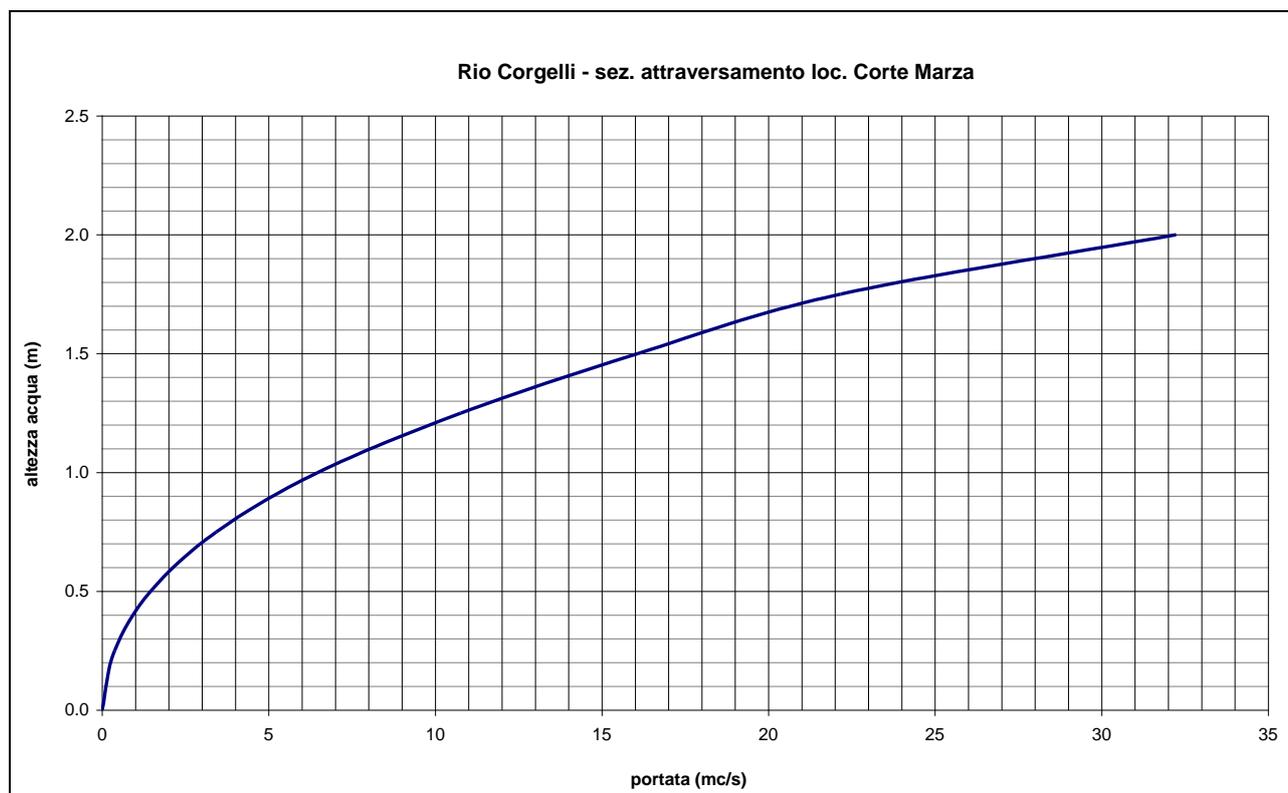


FIGURA 4 – Scala di deflusso delle portate relativa alla sezione di imposta manufatto in progetto (q. 750 m s.l.m.)

10. PROPOSTE DI INTERVENTO

Al fine di minimizzare o annullare la propensione al dissesto per le varie aree descritte al cap. 6 e mettere in sicurezza il sentiero pedonale (Strada Comunale) e garantire il collegamento ai vari alpeggi ad Est di Scareno, le proposte di intervento saranno così articolate.

DISSESTO 1:

- messa in opera di una palizzata, della lunghezza di 3.0 m (\varnothing 15 cm) con piloti in acciaio;

La palizzata, verrà impostata in corrispondenza della nicchia di frana, consolidando il margine esterno del sentiero pedonale; i pali verticali della struttura (tondoni in legname \varnothing 15 cm) verranno resi solidali a piloti e/o barre in acciaio (\varnothing 24 cm), precedentemente infissi in fori praticati nei materiali di copertura di fondo o, più probabilmente, ancorati direttamente al substrato roccioso sottostante, opportunamente cementati con boiaccia cementizia.

Gli interventi così descritti, permetteranno di stabilizzare efficacemente il settore in dissesto e garantire un saldo appoggio al sedime viario, mettendo in sicurezza questa tratta del sentiero pedonale.

DISSESTO 2:

- realizzazione di una palizzata in legname orizzontale, per una tratta lunga 7.0 m, ancorata al substrato roccioso, mediante barre d'acciaio infisse nella roccia (lunghe 0.60-0.70 m);
- parziale disgaggio della porzione superficiale dell'ammasso roccioso, con blocchi disarticolati, limitatamente alla porzione lungo il sentiero ed immediatamente a monte.

Le operazioni di disgaggio, permetteranno di eliminare i blocchi disarticolati ed instabili ed, inoltre, consentiranno la formazione di una superficie integra del substrato roccioso, a cui ancorare saldamente la palizzata, in adiacenza al sentiero.

Gli interventi così delineati, che affiancheranno le opere già realizzate nella tratta immediatamente precedente e descritte al cap. 6.2, permetteranno di stabilizzare il margine esterno del sedime viario, mettendo in sicurezza questa tratta del sentiero pedonale.

DISSESTO 3:

- demolizione della palizzata in legname, "scaricando" il piede dell'accumulo detritico;
- rifacimento della palizzata in legname, per una tratta lunga 6.0 m;

La palizzata, verrà impostata in aderenza al lato monte del sentiero, consolidando il piede della falda detritica; i pali verticali della struttura (tondoni in legname \varnothing 15 cm) verranno resi solidali a piloti e/o barre

in acciaio, precedentemente infissi nei materiali di copertura di fondo, in maniera da garantire maggiore solidità alla palizzata.

Gli interventi così descritti, permetteranno di ripristinare l'efficacia delle opere di contenimento poste al piede della falda detritica, ma non potranno comunque stabilizzare l'intera falda detritica, né impedire ulteriori crolli di materiale lapideo da monte, pertanto, in questo caso, si tratta di un intervento che sarà efficace a migliorare il grado di sicurezza del sentiero pedonale, ma non potrà eliminare completamente la pericolosità geomorfologica, che verrà solo ridotta.

DISSESTO 4:

Un intervento risolutivo di tale dissesto, comporterebbe anche la messa in sicurezza della parete rocciosa, con posa di reti metalliche a contatto, rinforzate con funi di acciaio, e chiodature; poiché gli obiettivi della presente indagine, riguardano la sistemazione generale dell'intero versante e tale intervento inciderebbe in maniera gravosa sulle disponibilità economiche a disposizione dell'A.C, viene proposta quella che appare essere la migliore soluzione operativa:

- costruzione di due ordini di gabbioni a monte del sentiero, della lunghezza di 7.50 m ciascuno, utilizzando il materiale detritico lapideo accumulato sul sedime pedonale e lungo il pendio immediatamente sovrastante, in maniera da sgomberare dal detrito il passaggio pedonale e contenere la falda detritica a monte;
- messa in opera di due palizzate in legname, lunghe 4.0 m ciascuna, lungo il canale immediatamente sovrastante il sentiero, in maniera da contribuire alla stabilizzare nella parte bassa dell'accumulo detritico;
- ripristino dell'efficienza del sentiero pedonale, risanando i settori danneggiati (tronchi asportati al piede del sentiero, ecc.).

Analogamente a quanto detto in relazione all'Intervento n. 3, anche in questo caso, non verrà eliminata completamente la pericolosità geomorfologica dell'area, ma le opere proposte, permetteranno, in ogni caso, di ripristinare la funzionalità del sentiero pedonale, consolidando la parte inferiore della falda detritica e garantendo una discreta protezione al sedime viario, nel caso di ulteriori crolli.

DISSESTO 5:

- costruzione di una gabbionata a monte del sentiero, a contenimento del piede della nicchia di scollamento, per una lunghezza di circa 15.0 m;
- riprofilatura della nicchia di scollamento;
- realizzazione di una trincea drenante, con posa di fascinata, a monte della gabbionata, per intercettare le acque di infiltrazione e garantire il drenaggio del settore con emergenze diffuse,

accompagnando le acque a valle del sentiero, da dove defluiranno, senza innestare fenomeni dissestivi, verso il sottostante alveo del corso d'acqua;

La gabbionata, realizzata utilizzando il materiale reperibile in sito, permetterà di stabilizzare il piede del dissesto, quindi, la nicchia di scollamento verrà riprofilata, per facilitare l'inerbimento delle superfici e ridurre l'azione di dilavamento delle acque superficiali.

DISSESTO 6:

- costruzione di due gabbionate, rispettivamente a monte ed a valle del sentiero, per una lunghezza di circa 3.0 m ciascuna;

Le gabbionate verranno realizzate utilizzando il materiale reperibile in sito; quella di monte garantirà la protezione al sentiero, che verrà consolidato e sostenuto con la gabbionata di valle, che costituirà parte dello stesso sedime viario e verrà appoggiata direttamente sul substrato roccioso, opportunamente sagomato in superficie; il pietrame di media pezzatura che verrà utilizzato per riempire le gabbie metalliche, permetterà il corretto drenaggio delle acque di deflusso superficiale.

L'intervento così delineato, permetterà di ridurre efficacemente il modesto grado di pericolosità geomorfologica rilevato in sito, pur senza eliminarlo del tutto.

DISSESTO 7:

Alcuni dei tronchi, che occupavano il tracciato del sentiero, sono già stati tagliati e sezionati, ma allo stato attuale, il sentiero risulta tuttora non percorribile; per ripristinarne la funzionalità dello stesso, si propongono i seguenti interventi:

- taglio e sezionamento degli esemplari arborei crollati, asportazione delle ceppaie / apparati radicali;
- ritombamento delle tratte ove il sedime viario è stato asportato;
- costruzione di palizzate a consolidamento del lato di valle del sentiero, utilizzando lo stesso legname di castagno reperibile in sito, per una tratta lunga circa 20.0 m.

L'intervento di sistemazione, permetterà di ripristinare l'assetto idrogeologico dell'area in esame.

DISSESTO 8:

Per quanto riguarda il ripristino del sentiero pedonale, nel punto interrotto dalla frana innescata dal crollo di un esemplare arboreo, si propongono i seguenti interventi:

- costruzione di una palizzata in legname, a monte del sentiero, per una tratta lunga 7.0 m;
- costruzione di una palificata doppia in legname, a valle del sentiero, per una tratta lunga 7.0 m;

La palizzata, verrà impostata in aderenza al lato monte del sentiero, consolidando il piede della sovrastante nicchia di frana, il cui ciglio verrà riprofilato, per facilitare l'inerbimento delle superfici e ridurre l'azione di dilavamento delle acque superficiali; i pali verticali della struttura (tondoni in legname Ø 15 cm) verranno resi solidali a piloti e/o barre in acciaio, precedentemente infissi in fori praticati nei materiali di copertura di fondo (o, se possibile, direttamente nel substrato roccioso).

La palificata a parete doppia, in corrispondenza del sentiero, oltre a garantire un saldo appoggio al sedime viario, consoliderà ulteriormente il canalone di frana, diminuendo il grado di pericolosità del versante in dissesto; la struttura verrà ancorata alla sottostante roccia in posto, mediante barre d'acciaio infisse nel substrato e rese solidali all'intelaiatura in legname.

DISSESTO 9:

Per dare continuità alla strada pedonale comunale in corrispondenza del Rio Corgelli, ad poche decine di metri ad Est dell'Alpe Corte Marza, si prevede di realizzare una nuova opera di attraversamento e precisamente:

- costruzione di una passerella in acciaio, lunga 10.0 m ancorata in roccia su entrambe le sponde (altezza prevista dal fondo alveo: 3.00-3.50 m);
- demolizione di trovanti presenti in alveo; il pietrame così ricavato, potrà essere utilizzato per la costruzione dei muretti di rivestimento delle spalle in c.a. di sostegno della passerella, poggianti su roccia.

La passerella preesistente verrà ricostruita, ancorandola al substrato roccioso e garantendo una maggiore sezione di deflusso, rispetto al vecchio attraversamento; verrà in tal modo salvaguardata la futura percorribilità del sentiero pedonale, non solo senza alterare in maniera negativa l'assetto idraulico del corso d'acqua, ma contribuendo a migliorare le condizioni di deflusso lungo l'incisione torrentizia, nell'ambito dell'area d'intervento.

11. PIANO DI SICUREZZA, MANUTENZIONE, VERIFICHE AUTORIZZAZIONI E QUADRO ECONOMICO

11.1 INDICAZIONI PER IL PIANO DI SICUREZZA

Gli interventi proposti, rientrano tra quelli in cui si rende necessaria la redazione del piano di sicurezza sia per quantità di uomini giorno, e sia perché vi sono lavorazioni che rientrano tra quelle ricomprese negli allegati del D.Lgs. 81/2008.

Nel piano di sicurezza e coordinamento andranno valutate le interferenze tra le operazioni di manutenzione / rifacimento opere (pozzetti grigliati e tubazioni) lungo la Strada Provinciale, ed il traffico lungo la strada stessa, limitando al minimo le ore di chiusura al traffico e garantendo la percorribilità nelle ore di maggior transito.

Considerando la tipologia delle lavorazioni il piano di sicurezza prevede una scansione temporale tale per cui tra le lavorazioni da eseguirsi in una determinata zona non sussistano interferenze che possano causare rischi ulteriori

Si rimanda per ulteriori approfondimenti all'apposito elaborato

11.2 MANUTENZIONE PROGRAMMATA

Il problema della manutenzione è di primaria importanza per i costi di gestione e per la sicurezza degli addetti, delle strutture e delle persone.

Le opere del presente progetto non richiedono di per sé un tipo di manutenzione onerosa durante il loro ciclo di vita; soprattutto per le opere di regimazione delle acque meteoriche e di ruscellamento superficiale, occorre, tuttavia, per poter mantenere la loro funzionalità, effettuare delle visite periodiche e intervenire quando si renda necessario.

Le ispezioni andranno effettuate almeno una volta l'anno e, in ogni caso, dopo ogni evento meteorico di una certa entità.

11.3 VERIFICHE MURI

Muro h 1,60

il muro subisce l'effetto della spinta della terra e del sovraccarico della zona circostante. Pertanto è stato dimensionato come muri contro terra e la verifica è stata eseguita con il supporto del programma di calcolo MURO sviluppato dal Prof. Piero Gelfi dell'Università di

Brescia, con la versione aggiornata alle prescrizioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M. 14-1-2008, nel seguito indicate come NTC 2008.

NOTA SULL'APPLICAZIONE DELLE NTC 2008

Si devono infatti eseguire le verifiche allo stato limite di equilibrio come corpo rigido (EQU), allo stato limite di resistenza della struttura (STR) e allo stato limite di resistenza del terreno (GEO) e per ciascun tipo di verifica cambiano i coefficienti parziali di sicurezza. Inoltre si possono impiegare due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali. Per ciascun tipo di verifica cambiano i coefficienti parziali di sicurezza e le verifiche in presenza di sisma non sempre sono più gravose di quelle statiche. Infine si deve considerare sia il valore positivo che negativo del coefficiente sismico verticale k_v .

Il programma prevede l'utilizzo di due gruppi di coefficienti parziali, uno per le verifiche statiche e uno per le verifiche sismiche.

Il programma esegue le tre verifiche (statica, sismica con $k_v > 0$, sismica con $k_v < 0$), presentando i risultati di quella più gravosa.

I dati assunti per il calcolo della spinta sismica sono i seguenti:

- $V_R = 50$ anni (vita di riferimento dell'opera)
- Stato limite ultimo considerato SLV
- Suolo tipo A
- Caratteristica topografica T3

Si è proceduto alla verifica della sezione del muro che ha paramento di spessore pari a 0,70 m ed altezza pari a 1,60 m. La lunghezza della fondazione, alta 0,40 m, reagente all'equilibrio del muro è pari a m 1,30.

Ricerca per coordinate
 Ricerca per comune
 Isole

Nodi del reticolo

Longitudine: **8,5943** Latitudine: **46,0038**

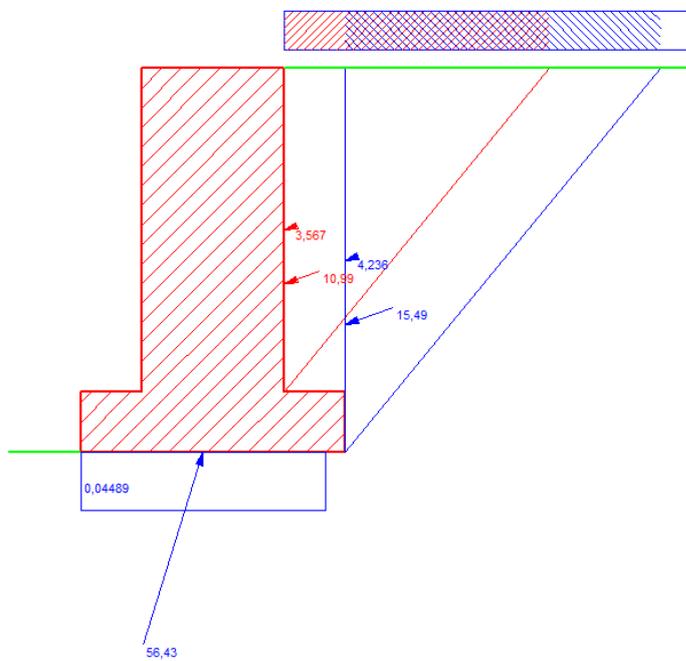
Parametri interpolati

TR	ag	Fo	Tc*
30	0,016	2,571	0,154
50	0,021	2,555	0,174
72	0,025	2,539	0,195
101	0,028	2,567	0,213
140	0,032	2,587	0,226
201	0,036	2,609	0,240
475	0,046	2,638	0,281
975	0,056	2,719	0,303
2475	0,069	2,833	0,323

Le sigle individuano isole per le quali è necessaria una valutazione ad hoc
 Elaborazione aprile 2004

VR 50 Stalo Limite SLV → ag 0,0459 Fo 2,6377 Tc* 0,2809
 Suolo A Ss 1,0000 Topo T3 h/H 0 ST 1,0000
 amax 0,0459 g βm 0,2000 kh 0,0092 kv 0,0046

aurano
 Normativa: NTC 2008



Dati

$\phi = 29^\circ$
 $\delta = 20^\circ$
 $\phi f = 30^\circ$
 $\gamma t = 21 \text{ kN/m}^3$
 $\gamma m = 25 \text{ kN/m}^3$
 $kh = 0,0092; kv = 0,0046$
 $Ni = 0$
 $dN = 0$
 $Vi = 0$
 $Vj = 0$

Sollecitazioni Parete

$St = 10,99$
 $Sq = 3,567$
 $Ss = 0$
 $Si = 0$
 $M = 6,446$
 $N = 30,18$
 $V = 13,68$

Sollecitazioni Fondazione per Ribaltamento

$St = 15,49$
 $Sq = 4,236$
 $Ss = 0$
 $Si = 0$
 $Mr = 4,230$

Verifiche Fondazione

Sicurezza ribaltamento = 7,687
 Sicurezza scorrimento = 1,492
 $M = 2,673$
 $N = 53,90$
 $\sigma_{t, valle} = 0,04489 \text{ N/mm}^2$
 $\sigma_{t, monte} = 0 \text{ N/mm}^2$
 $M_{sbalzo valle} = 1,682$
 $M_{sbalzo monte} = 0,9442$

Titolo : aurano

Altezza paraghiaia (m) h1 **Angolo attrito interno** φ°

Spessore paraghiaia (m) s1 **Ang. attrito terra-muro** δ°

Inclinazione parete (%) i **Ang. attrito fondazione** φ_f°

Altezza parete (m) h2 **Peso spec. terre [kN/m3]** γ_t

Spessore in testa (m) s2 **Peso spec. muro [kN/m3]** γ_m

Spessore alla base (m) s3 **Dati Sisma** K_v K_h

Altezza fondazione (m) h3 **N° lati terreno**

Sbalzo fond. contro terra L1

Larghezza totale fond. L2 **Calcolo** **Visualizza**

	Lungh.	Dislivello	q
Lato 1	2	0	4

Impalcato

Ni dN

Vi kN

Zoom

Parete

St kN

Sq kN

Ss kN

Si kN

M kNm

N kN

V kN

Fondazione

Ribaltamento

St

Sq

Ss

Si

Mr V

Ms N

Ms/Mr c. scor.

Scorrimento

St

Sq

Ss

Si

V

Schiacciamento

St

Sq

Ss

Si

M N

V

Sbalzi Fondazione

M valle

M monte

$\sigma_{t, valle}$ MPa

$\sigma_{t, monte}$

% comp.

Verifiche più gravose

La condizione più gravosa è la n 1 cioè la condizione statica le cui verifiche rimangono rispettate

11.4 AUTORIZZAZIONI

11.4.1 AUTORIZZAZIONE IDRAULICA N. 79/13 PER LA REALIZZAZIONE DI N. 1 ATTRAVERSAMENTO CON PASSERELLA PEDONALE SUL RIO CORGELLI IN COMUNE DI AURANO (VB)

Il suddetto provvedimento, rilasciato dalla Regione Piemonte – Settore Decentrato OO.PP. e Assetto Idrografico di Verbania, autorizza il Comune di Aurano ad eseguire le opere ed i lavori previsti in oggetto secondo la posizione e le caratteristiche e modalità indicate nei disegni allegati alla istanza, recependo le seguenti prescrizioni:

- l'opera deve essere realizzata nel rispetto degli elaborati progettuali e nessuna variazione potrà essere introdotta senza la preventiva autorizzazione da parte di questo Settore;

- *il materiale di risulta proveniente dagli scavi in alveo dovrà essere usato esclusivamente per la colmataura di depressioni di alveo o di sponda, ove necessario, in prossimità dell'opera di cui trattasi, mentre quello proveniente dalla demolizione di murature esistenti dovrà essere asportato dall'alveo;*
- *le sponde ed eventuali opere di difesa interessate dall'esecuzione dei lavori dovranno essere accuratamente ripristinate a regola d'arte, restando il soggetto unico responsabile dei danni eventualmente cagionati;*
- *durante la costruzione delle opere non dovrà essere causata turbativa del buon regime idraulico del corso d'acqua;*
- *i lavori in argomento dovranno essere iniziati, a pena di decadenza dell'autorizzazione stessa, entro il termine di anni due, con la condizione che, una volta iniziati, dovranno essere eseguiti senza interruzione, salvo eventuali sospensioni dovute a causa di forza maggiore. E' fatta salva l'eventuale concessione di proroga nel caso in cui, per giustificati motivi, l'inizio dei lavori non potesse avere luogo nei termini previsti;*
- *il committente dell'opera dovrà comunicare a questo Settore, a mezzo lettera raccomandata, l'inizio e l'ultimazione dei lavori, al fine di consentire eventuali accertamenti tesi a verificare la rispondenza fra quanto previsto e quanto realizzato, nonché il nominativo del tecnico incaricato della direzione dei lavori; ad avvenuta ultimazione il committente dovrà inviare dichiarazione del Direttore dei lavori attestante che le opere sono state eseguite conformemente al progetto approvato;*
- *l'autorizzazione si intende accordata con l'esclusione di ogni responsabilità dell'Amministrazione in ordine alla stabilità del manufatto (caso di danneggiamento o crollo) in relazione del variabile regime idraulico del corso d'acqua, anche in presenza di eventuali variazioni del profilo di fondo (abbassamenti o innalzamenti d'alveo) in quanto resta l'obbligo del soggetto autorizzato di mantenere inalterata nel tempo la zona d'imposta del manufatto mediante la realizzazione di quelle opere che saranno necessarie, sempre previa autorizzazione di questo Settore;*
- *il soggetto autorizzato, sempre previa autorizzazione di questo Settore, dovrà mettere in atto le operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria, sia dell'alveo che delle sponde, in corrispondenza ed immediatamente a monte e a valle del manufatto, che si renderanno necessarie al fine di garantire il regolare deflusso delle acque;*
- *questo Settore si riserva la facoltà di ordinare modifiche alle opere autorizzate, a cura e spese del soggetto autorizzato, o anche di procedere alla revoca della presente autorizzazione nel caso intervengano variazioni delle attuali condizioni del corso d'acqua che lo rendessero necessario o che le opere stesse siano in seguito giudicate incompatibili per il buon regime idraulico del corso d'acqua interessato;*

11.5. QUADRO ECONOMICO

01:00	Lavori			
01:01	opere		€	75.655,00
01:02	oneri per la sicurezza		€	3.695,00
	totale opere ed oneri per la sicurezza			€ 79.350,00
02:00	Somme in amministrazione			
02:01	IVA sulle opere	22%	€	17.457,00
02:02	spese tecniche			
02:03	- Progettazione, direzione lavori e contabilità, e redazione certificato di regolare esecuzione		€	5.070,00
02:04	spese per redazione piano sicurezza e coordinamento in fase di realizzazione		€	1.703,00
02:05	spese per indagini geologiche idrogeologiche e geotecniche		€	2.605,00
02:06a	Contributo previdenziale 4%	4%	€	270,92
02:06a	- Contributo previdenziale 2%	2%	€	52,10
02:07	IVA (su spese tecniche e contributo previdenziale)	22%	€	2.134,22
02:08	Spese tecniche per verifica progetto		€	900,00
02:09	Contributo previdenziale 4%		€	36,00
02:10	IVA	22%	€	205,92
02:11	arrotondamento e somme a disposizione			215,84
	Totale somme in amministrazione			€ 30.650,00
	TOTALE			€ 110.000,00

Suddivisione interventi

n° 2/DB.14.00/1.2.6./3964 in data 14-02-2012

01:00	Lavori				
01:01	opere		€	41.000,00	
01:02	oneri per la sicurezza		€	2.200,00	
	totale opere ed oneri per la sicurezza				€ 43.200,00
02:00	Somme in amministrazione				
02:01	IVA sulle opere	22%	€	9.504,00	
02:02	spese tecniche				
02:03	Progettazione, direzione lavori e contabilità, e redazione certificato di regolare esecuzione		€	2.600,00	
02:04	spese per redazione piano sicurezza e coordinamento in fase di realizzazione		€	950,00	
02:05	spese per indagini geologiche idrogeologiche e geotecniche		€	1.700,00	
02:06a	Contributo previdenziale 4%	4%	€	142,00	
02:06b	Contributo previdenziale 2%	2%	€	34,00	
02:07	IVA 22% (su spese tecniche e contributo previdenziale)	22%	€	1.193,72	
02:08	Spese tecniche per verifica progetto		€	450,00	
02:09	Contributo previdenziale 4%	4%	€	18,00	
02:10	IVA	22%	€	102,96	
02:11	arrotondamento		€	105,32	
	Totale somme in amministrazione				€ 16.800,00
	TOTALE				€ 60.000,00

n° 7/DB14.00/1.2.6./3964 in data 30-11-2012

euro

01:00	Lavori				
01:01	opere	€		34.655,00	
01:02	oneri per la sicurezza	€		1.495,00	
	totale opere ed oneri per la sicurezza				€ 36.150,00
02:00	Somme in amministrazione				
02:01	IVA sulle opere	22%	€	7.953,00	
02:02	spese tecniche				
02:03	Progettazione, direzione lavori e contabilità, e redazione certificato di regolare esecuzione		€	2.470,00	
02:04	spese per redazione piano sicurezza e coordinamento in fase di realizzazione		€	753,00	
02:05	spese per indagini geologiche idrogeologiche e geotecniche		€	905,00	
02:06a	Contributo previdenziale 4%	4%	€	128,92	
02:06b	Contributo previdenziale 2%	2%	€	18,10	
02:07	IVA 22% (su spese tecniche e contributo previdenziale)	22%	€	940,50	
02:08	Spese tecniche per verifica progetto		€	450,00	
02:09	Contributo previdenziale 4%	4%	€	18,00	
02:10	IVA	22%	€	102,96	
02:11	arrotondamento		€	110,52	
	Totale somme in amministrazione				€ 13.850,00
	TOTALE				€ 50.000,00

ALLEGATI TECNICI, GRAFICI E
FOTOGRAFICI,
relativi agli Interventi:

LOC. GABBIO

STRADA COM.LE SCARENO INTIN