

GAL PARCO DEI COLLI DI BERGAMO E DEL CANTO ALTO

COMUNE DI VILLA D'ALMÈ'
Provincia di Bergamo

FONDO EUROPEO AGRICOLO PER LO SVILUPPO RURALE
PROGRAMMA DI SVILUPPO RURALE 2014-2020 della
LOMBARDIA (Reg. UE n. 1305/2013)
Misura 8 – Investimenti nello sviluppo delle aree forestali e nel
miglioramento della redditività delle foreste
OPERAZIONE 8.3.01 – Prevenzione dei danni alle foreste

SISTEMAZIONI IDRAULICO-FORESTALI – TIPOLOGIA D
SUI VERSANTI DEL MONTE BASTIA

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICO-ILLUSTRATIVA




DOTT. GEOL. CORRADO REGUZZI

Villa d'Almè (BG), luglio 2020

| INDICE | Pag. |
|--|-------------|
| 1 PREMESSA | 1 |
| 2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE | 1 |
| 2.1 LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA | 1 |
| 2.2 MAPPA CATASTALE | 2 |
| 3 PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E VINCOLISTICA | 3 |
| 3.1 ANALISI DEL CONTESTO URBANISTICO | 3 |
| <i>Piano delle regole</i> | 3 |
| <i>Fattibilità geologica per le azioni di piano</i> | 4 |
| <i>Pianificazione di settore</i> | 5 |
| 3.2 VINCOLI | 6 |
| 4 RILIEVO TOPOGRAFICO | 7 |
| 5 DESCRIZIONE DELLO STATO DEI LUOGHI | 8 |
| 5.1 VERSANTE OCCIDENTALE E ASTE TORRENTIZIE | 9 |
| <i>BG001-6</i> | 12 |
| <i>BG001-5</i> | 13 |
| <i>BG001-4</i> | 16 |
| <i>BG001-3</i> | 17 |
| <i>BG001-2</i> | 19 |
| <i>BG001-1</i> | 20 |
| 5.2 VERSANTE SETTENTRIONALE | 21 |
| 6 INTERVENTI DI PROGETTO | 22 |
| 6.1 INTERVENTO 1: RIPRISTINO DEL BOSCO | 22 |
| 6.2 INTERVENTO 2: REALIZZAZIONE DI DEBRIS FLOW LUNGO IL VERSANTE OCCIDENTALE | 25 |
| 6.3 INTERVENTO 3: REALIZZAZIONE DI MICROPALI | 30 |
| <i>Intervento 3a: micropali versante settentrionale monte Bastia</i> | 30 |
| <i>Intervento 3b: micropali versante occidentale monte Bastia</i> | 30 |
| 6.4 INTERVENTO 4: REALIZZAZIONE STACCIONATA IN LEGNO | 32 |
| 6.5 INTERVENTO 5: REALIZZAZIONE DI PALIFICATA PER IL CONSOLIDAMENTO DI UN TRATTO DI VERSANTE SETTENTRIONALE | 32 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 6.6 | INTERVENTO 6: CUNETTONI PER LA REGIMAZIONE DELLE ACQUE SULLA SEDE DELLA PISTA FORESTALE | 34 |
| | <i>Intervento 6a: cunettone di convogliamento acque meteoriche non incanalate, raccordo con micropali e consolidamento di valle – versante settentrionale.....</i> | <i>35</i> |
| | <i>Intervento 6b: cunettone di convogliamento acque meteoriche non incanalate e consolidamento di valle – versante settentrionale.....</i> | <i>35</i> |
| | <i>Intervento 6c: cunettone per l'attraversamento di impluvi e consolidamento di valle – versante occidentale.....</i> | <i>36</i> |
| 6.7 | INTERVENTO 7: CANALETTE PER LO SGRONDO DELLE ACQUE METEORICHE..... | 37 |
| 6.8 | INTERVENTO 8: SISTEMAZIONE DEL FONDO STRADALE CON RIPIFILATURA E INGHIAIATURA | 38 |
| 6.9 | INTERVENTO 9: SCAVO DI SBANCAMENTO IN ROCCIA E RICLIBRATURA SEDE STRADALE | 39 |
| 6.10 | INTERVENTO 10: RIPIFILATURA DEL VERSANTE | 39 |
| 7 | INTERFERENZE | 40 |
| 8 | CRONOPROGRAMMA DELLE FASI ATTUATIVE | 40 |
| 9 | QUADRO ECONOMICO | 41 |

1 PREMESSA

Il presente documento è stato redatto a supporto del progetto definitivo-esecutivo per gli interventi di sistemazione idraulica-forestale da realizzare lungo i versanti del Monte Bastia, nell'ambito della Misura 8 – Investimenti nello sviluppo delle aree forestali e nel miglioramento della redditività delle foreste, Operazione 8.3.01 – Prevenzione dei danni alle foreste.

Gli interventi proposti si configurano come “realizzazione o miglioramento di sistemazioni idraulico-forestali in aree interessate da fenomeni di dissesto idraulico e idrogeologico (Tipologia D – sistemazioni idraulico forestali SIF) e sono finanziati dal GAL dei Colli di Bergamo e del Canto Alto per un importo complessivo di € 336.039,62 (verbale di assegnazione n. 35 del 09.12.2019).

La relazione tecnica descrive lo stato dei luoghi, le problematiche geologiche e geomorfologiche esistenti e le soluzioni progettuali individuate.

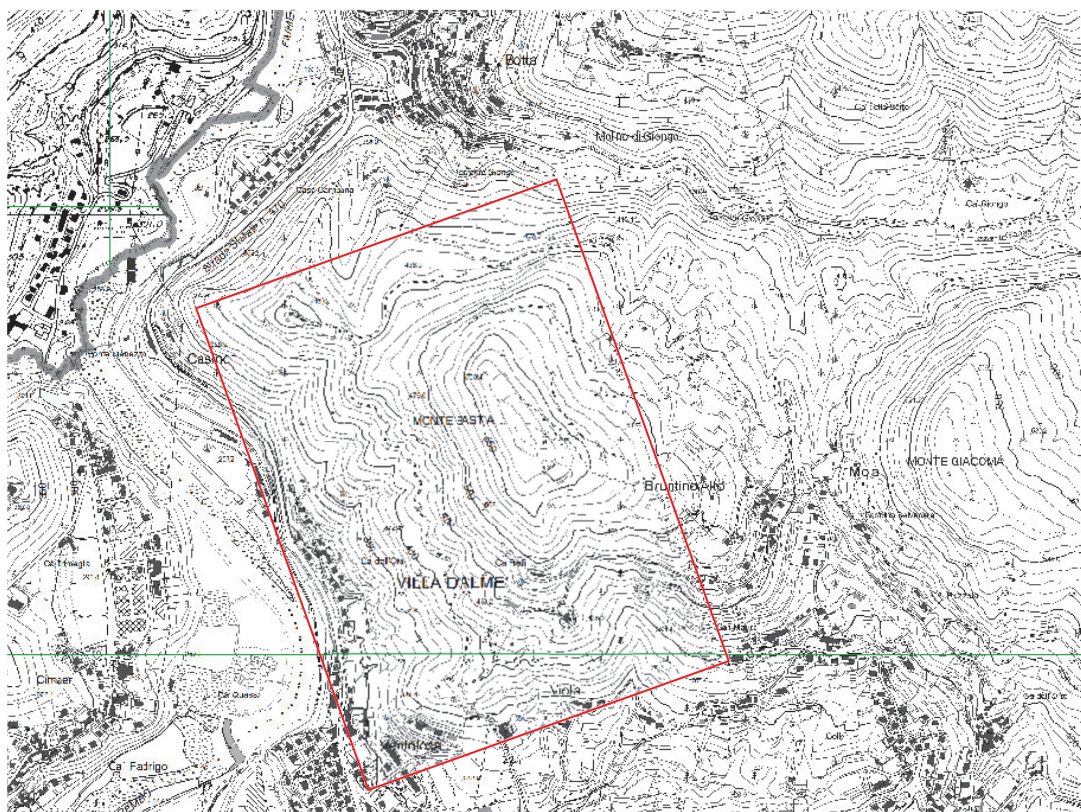
2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

2.1 Localizzazione geografica

L'area in esame si colloca in Comune di Villa d'Almé (BG), lungo i versanti del monte Bastia. Gli interventi riguarderanno alcuni tratti di pendio e vallivi, posti a quote altimetriche comprese tra circa 300 e 500 m s.l.m.

L'accessibilità ai luoghi è consentita da una pista che aggira il Monte Bastia, collegando le località Gaione e la loc. San Mauro a Bruntino Alto.

Si riporta di seguito uno stralcio della Carta Tecnica Regionale con individuata l'area in esame.



Stralcio CTR con individuazione dell'area in esame

2.2 Mappa catastale

Le particelle catastali interessate dal progetto sono state individuate mediante sovrapposizione cartografica tra le aree di intervento e le mappe catastali disponibili sul Geoportale della Regione Lombardia (tav. 2a-2b).

L'elenco dei mappali coinvolti (anche solo parzialmente) è il seguente:

| <i>Elenco mappali coinvolti dal progetto</i> | |
|--|------|
| 485 | 667 |
| 504 | 668 |
| 509 | 669 |
| 517 | 670 |
| 519 | 674 |
| 520 | 949 |
| 521 | 951 |
| 522 | 955 |
| 525 | 961 |
| 526 | 963 |
| 556 | 999 |
| 560 | 1002 |
| 564 | 1009 |
| 567 | 1018 |
| 577 | 1068 |
| 601 | 1149 |
| 628 | 1231 |
| 629 | 1232 |
| 637 | 1288 |
| | 2459 |

Gli alvei delle valli e la pista oggetto di progetto sono identificati come demaniali, ad eccezione di un breve tratto di pista lungo il versante settentrionale del Monte Bastia.

Il progetto si sviluppa parzialmente su mappali privati, in forza della autorizzazione rilasciata dall'ente forestale competente (Parco dei Colli) in data 11.11.19.

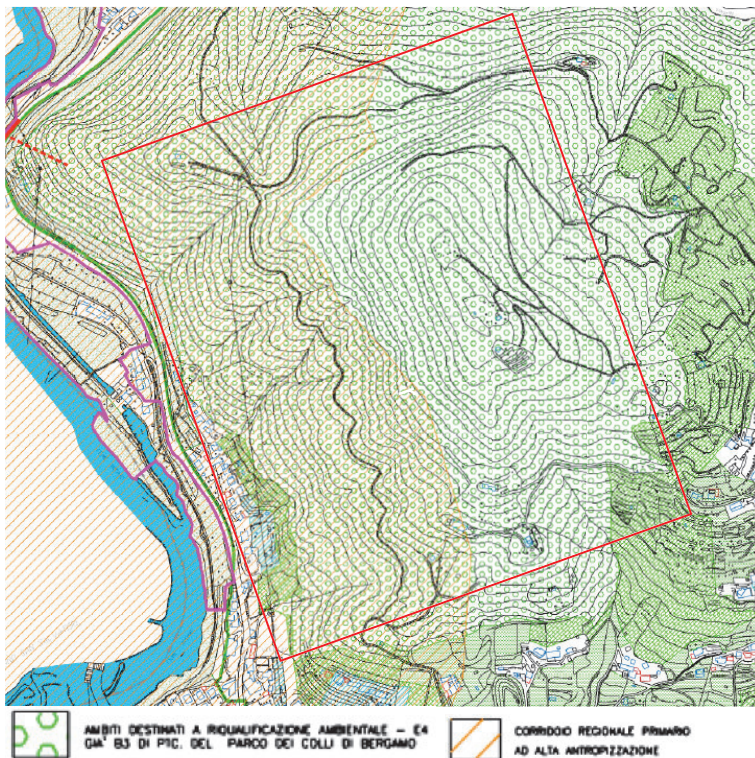
3 PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E VINCOLISTICA

3.1 Analisi del contesto urbanistico

Piano delle regole

Il piano delle regole parte integrante del PGT comunale individua il sito a sensibilità paesistica molto alta. L'area si inserisce nel sistema degli ambiti di interesse agricolo e paesistico-ambientale; la tavola delle reti ecologiche comunale e regionale perimetra i versanti di interesse quali ambiti destinati a riqualificazione

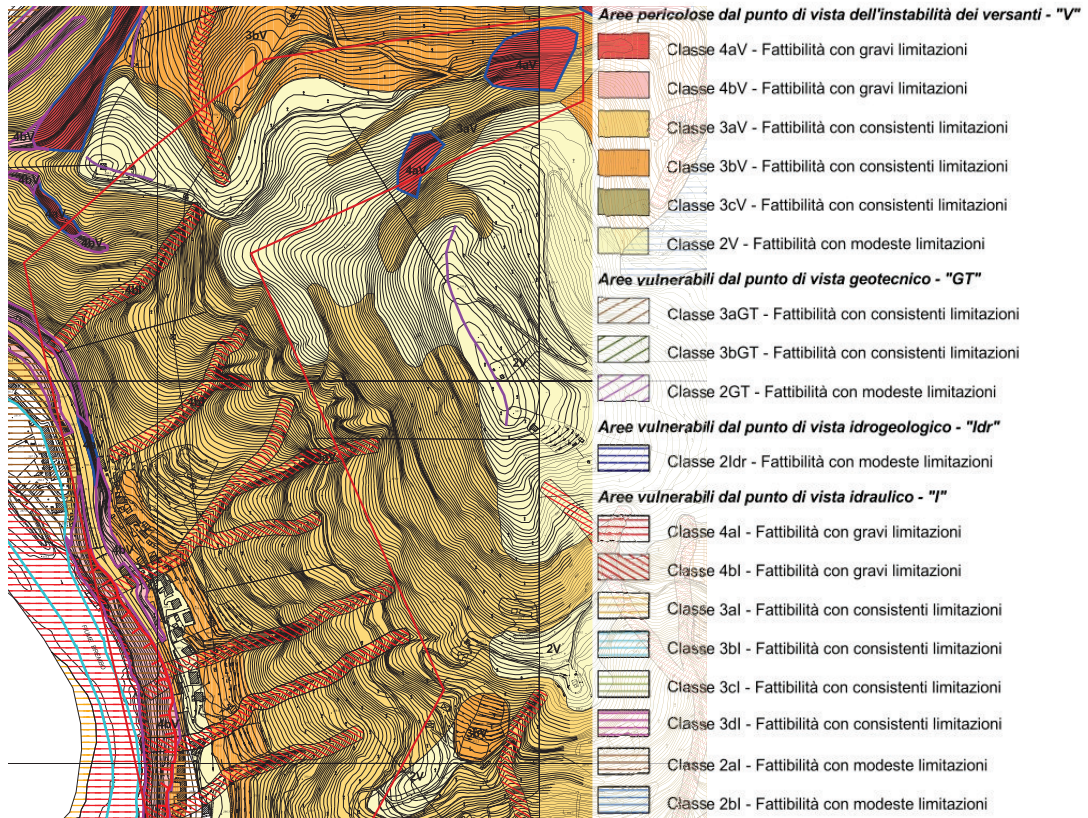
ambientale – E4; il tratto di versante vergente ad ovest, parallelamente al corso del fiume Brembo, costituisce corridoio regionale primario ad alta antropizzazione.



Fattibilità geologica per le azioni di piano

La fattibilità geologica per le azioni di piano individua situazioni di pericolosità riconducibili a potenziali instabilità dei versanti, perimetrare in classe 3 – fattibilità con consistenti limitazioni e, subordinatamente, in classe 2 – fattibilità con modeste limitazioni. Un tratto di pendio settentrionale ed i tratti vallivi che solcano il pendio vergente ad ovest sono individuati come aree in classe di fattibilità geologica 4 – con gravi limitazioni.

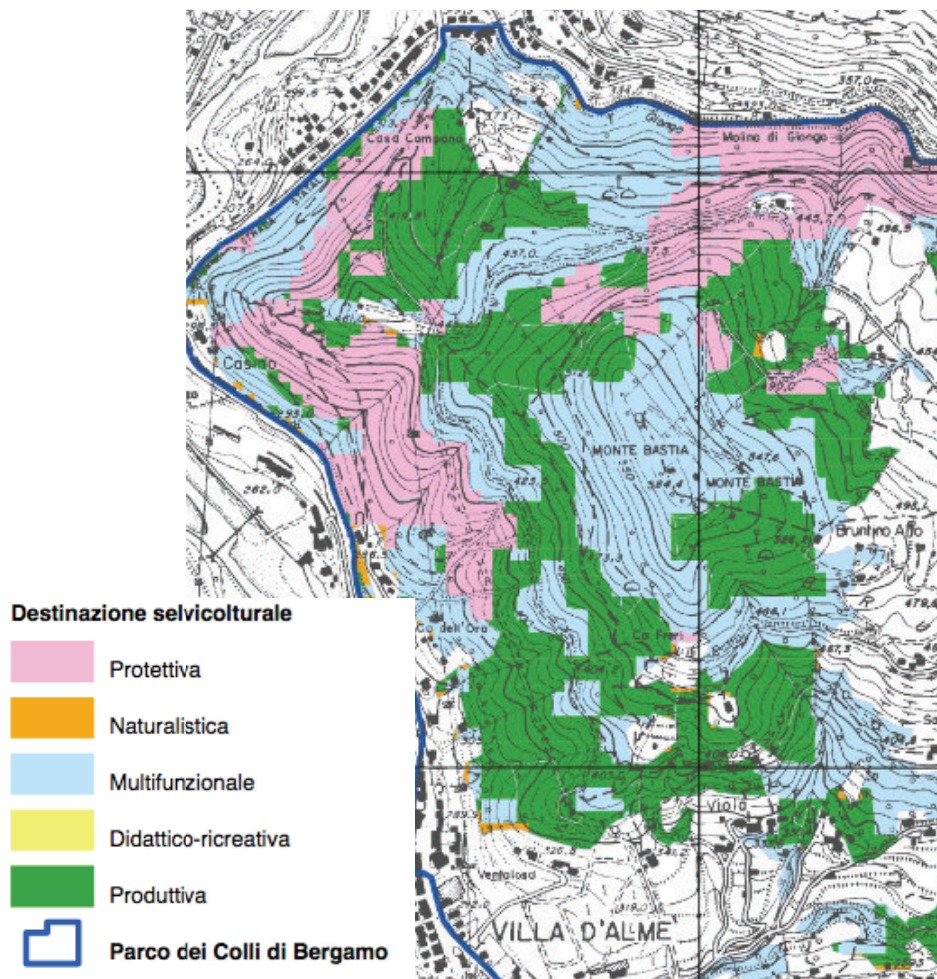
La fattibilità geologica recepisce anche le aree in dissesto cartografate dalla carta del dissesto con legenda uniformata PAI.



Stralcio della carta di fattibilità geologica allegata al PGT con indicata l'area di intervento

Pianificazione di settore

Le aree di interesse non ricadono nel piano di assestamento forestale regionale (PAF); il progetto è ricompreso nel piano di indirizzo forestale del Parco dei Colli di Bergamo (PIF) che individua per le aree di interesse una funzione in prevalenza produttiva e multifunzionale. Alcuni tratti dei versanti di interesse hanno funzione protettiva.



PIF Parco dei Colli di Bergamo: stralcio tav. 9 “Carta delle destinazioni selvicolturali prevalenti”

Gli interventi progettuali proposti sono pienamente compatibili con il contesto urbanistico, la pianificazione di settore e la fattibilità geologica per le azioni di piano.

3.2 Vincoli

L’ambito territoriale in esame è soggetto ai seguenti vincoli:

- vincolo idrogeologico;

- vincolo paesaggistico art. 142 del D.Lgs. 42/2004 lett. b), c) per la presenza del torrente Giongo e del fiume Brembo, lett. g) boschi e foreste, e lett. f) parchi regionali istituiti (Parco dei Colli Bergamaschi).

I versanti del monte Bastia ricadono negli elementi di primo livello della RER.

I vincoli amministrativi individuati sono compatibili con gli interventi di progetto, finalizzati alla sistemazione o al miglioramento idraulico-forestale in aree interessate da fenomeni di dissesto idraulico ed idrogeologico.

Il progetto sarà oggetto di istanza di svincolo idrogeologico e forestale e di procedura paesaggistica semplificata presso l'ente parco dei Colli Bergamaschi, competente per territorio.

Le aree di progetto sono esterne ai confini della Rete Natura 2000; gli interventi non rientrano tra le tipologie sottoposte a valutazione di incidenza ai sensi dell'art. 54 delle NTA del PIF del Parco dei Colli Bergamaschi.

4 RILIEVO TOPOGRAFICO

Le aree di progetto sono state interessate da un rilievo topografico eseguito con strumentazione GNSS. È stato rilevato il tracciato della pista che attraversa i versanti del monte Bastia unitamente alle porzioni di pendio immediatamente a monte e valle dello stesso. Il rilievo, restituito in scala 1:500, comprende le zone interessate da fenomeni di dissesto in atto o potenziali ed i tratti vallivi lungo i quali sono stati programmati interventi di trattenuta del materiale mobilizzabile in alveo, individuando tutti gli elementi significativi presenti: cigli di scarpata, fabbricati, muri di sostegno, infrastrutture e tratti intubati.

La ricostruzione delle caratteristiche topografiche e morfologiche, unitamente alle osservazioni di campagna, è stata la base per individuare gli areali e le tipologie di intervento da realizzare per il miglioramento e la sistemazione idraulica-forestale dei versanti settentrionale ed occidentale del monte Bastia.

Il rilievo topografico è corredato di sezioni a scala adeguata, rappresentative delle zone di intervento.

5 DESCRIZIONE DELLO STATO DEI LUOGHI

Gli interventi di sistemazione idraulico-forestale interesseranno i versanti che digradano dal monte Bastia in direzione nord ed ovest. Trattasi di pendii a media ed elevata acclività, solcati, sul lato occidentale, da valli ad andamento rettilineo e con limitato sviluppo longitudinale, che interessano litotipi carbonatici.

I versanti sono interessati da dissesti che interessano areali poco estesi e da fenomeni di erosione superficiale legati al ruscellamento delle acque in caso di eventi meteorici intensi.

In questo contesto morfologico la stabilità è condizionata dall'insieme dei fattori nominati: la presenza di depositi sciolti, fini e poco addensati su aree acclivi, lo scorrimento superficiale di acqua incanalata e non, evidente nei periodi piovosi, l'assenza di tracciati vallivi consolidati, soprattutto in zona di testata valliva.

Si tratta di elementi che, associati, definiscono un quadro di fragilità diffuso che origina frane di dimensioni contenute (sia arealmente che volumetricamente) che coinvolgono i depositi superficiali e le porzioni alterate del substrato roccioso.

Il pendio orientato a nord è contraddistinto dalla presenza di rocce selcifere, molto fratturate che si disgregano in minuti frammenti o in blocchi di piccole dimensioni. L'elevata acclività del versante favorisce i fenomeni di scivolamento e ribaltamento dei blocchi disarticolati.

Lungo il versante occidentale, il materiale mobilizzato durante eventi meteorici intensi, viene trasportato verso valle incanalato lungo le aste torrentizie che solcano il versante e scaricato allo sbocco delle valli, in prossimità della sede stradale (viabilità provinciale di collegamento con la valle Brembana).

Il monte Bastia è caratterizzato dalla presenza di una pista che attraversa a mezza costa i versanti occidentale e settentrionale, collegando le località Gaione e la loc. San Mauro di Bruntino Alto. Il tracciato stradale, in taluni tratti, ha un effetto di

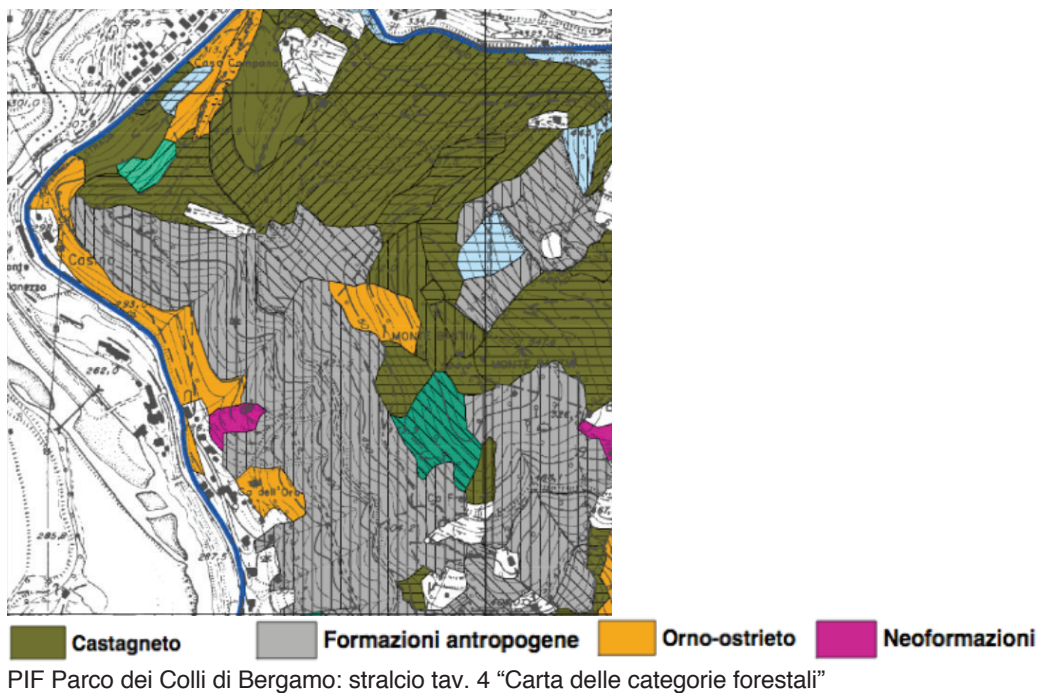
gronda, raccogliendo le acque delle porzioni di versante soprastante e riversandole a valle in modo concentrato, causando erosioni localizzate.

I versanti sono vegetati; il bosco è caratterizzato da alberi ad alto fusto, talora esemplari vecchi che possono generare condizioni di instabilità localizzata.

Il versante settentrionale è caratterizzato dalla presenza di castagneti dei substrati carbonatici dei suoli mesici, varietà ad agrifoglio e dei suoli mesoxerici.

Il pendio occidentale è prevalentemente occupato da formazioni antropogene di robineti puri o misti. Le porzioni di versante prossime al fondovalle sono contraddistinte da forestazioni di orno-ostrieti.

Le caratteristiche vegetazionali dei versanti di interesse sono sintetizzate nella cartografia parte integrante del Piano di Indirizzo Forestale del Parco dei Colli di Bergamo.



5.1 Versante occidentale e aste torrentizie

Il versante occidentale che digrada dal monte Bastia è solcato da numerose aste torrentizie caratterizzate da un andamento rettilineo e sono privi di ramificazioni

di ordine secondario; trattasi di corsi d'acqua paralleli tra loro, di limitato sviluppo longitudinale che, nel tratto di valle, hanno alvei in parte a cielo aperto ed in parte intubati che scorrono a confine con aree edificate (case sparse) e sono talora intercettate o parzialmente occluse da manufatti antropici. Nei tratti vi valle interessano il sedime della strada comunale (via Cà dell'Ora) e la viabilità provinciale.

I torrenti sono identificati utilizzando le sigle riportate nel documento di studio del reticolo idrico minore comunale che individua i corsi d'acqua e ne disciplina le attività consentite.

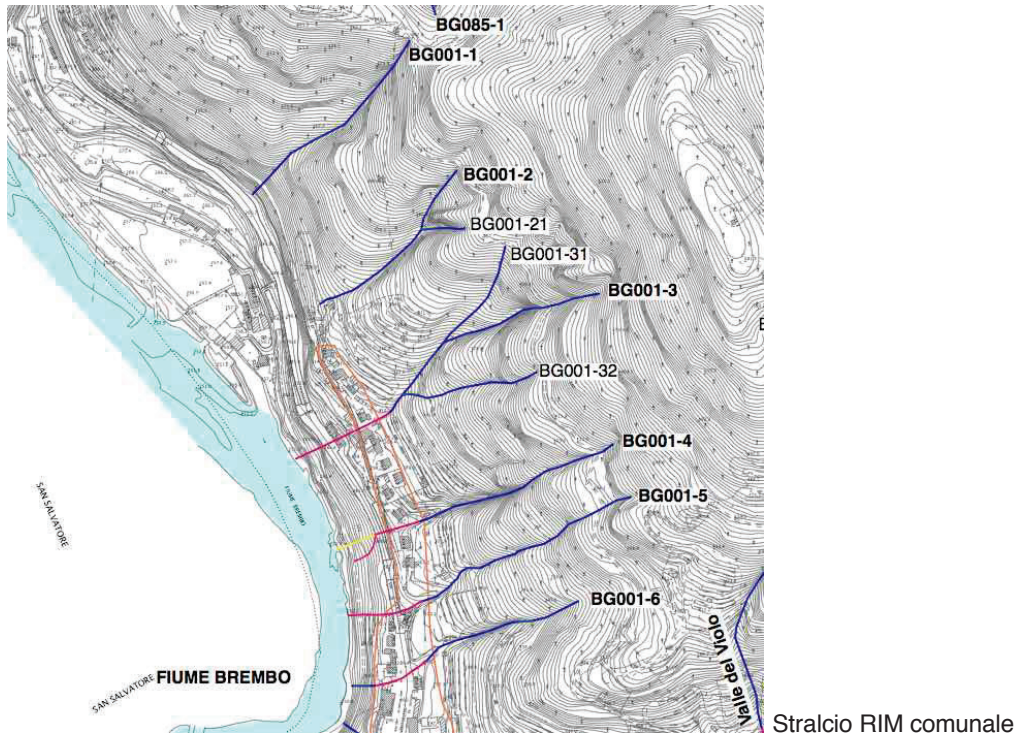
Le aste insistenti sul tratto di versante di interesse sono identificate con le sigle: BG001-1, BG001-2, BG001-3, BG001-4, BG001-5 e BG001-6. Alcuni tratti vallivi sono interessati da trasporto di materiale solido che può essere preso in carico dalle acque di scorrimento superficiale durante interventi meteorici intensi, in corrispondenza dei quali vi è un'attivazione delle aste torrentizie.

La pista esistente, cosiddetta "giro del monte", pur essendo stata realizzata nella porzione alta del rilievo, dove le vallecole non sono ancora conformate, esercita, in taluni tratti, un effetto di gronda, raccogliendo le acque delle porzioni di versante soprastante riversandole a valle in modo concentrato.

Diversi tratti di versante, immediatamente a monte della strada del giro del monte, necessitano di interventi di riprofilatura mediante asportazione di materiale che ha parzialmente invaso la sede stradale, anche in seguito al ripetuto passaggio dei cinghiali.

Un breve tratto stradale è caratterizzato da scarpate di valle acclivi, con ciglio stradale in arretramento.

Il bosco presenta alcune zone di abbandono nelle quali alberi di alto fusto vecchi o di grossa dimensione possono generare condizioni di instabilità.



I corsi d'acqua indicati hanno caratteristiche comuni circa l'assetto idrografico: la quota di origine è mediamente compresa tra le quote di 400 e 430 m s.l.m. con un primo tratto d'impluvio talora non eccessivamente inciso e non ben definito. Immediatamente a valle della strada denominata "del monte" e fino a circa 350 m s.l.m., i tratti vallivi sono delimitati da scarpate a media-elevata pendenza, impostate in materiale sciolto, mobilizzabile. Lungo le sponde la presenza di alcune piante sradicate ha determinato, in alcuni tratti, il franamento verso l'alveo di abbondante detrito unitamente alla presenza di abbondante materiale vegetale.

Tra le quote medie di 320-310 m s.l.m., gli alvei sono spesso impostati in roccia, con sponde maggiormente stabili.

Nel tratto di fondovalle i corsi d'acqua attraversano un'area edificata con presenza di case sparse e reti viarie: i torrenti sono in alcuni casi tombinati o talora intercettati e interrotti in seguito ad interventi antropici.

BG001-6

Il corso d'acqua BG001-6 ha origine a partire dalla quota media di circa 390-400 m s.l.m., in corrispondenza di un quattro impluvi, tre mediamente incisi ed uno, all'estremità meridionale, poco inciso e scarsamente riconoscibile. Le scarpate sono mediamente acclivi, ben vegetate e caratterizzate da materiale sciolto mobilizzabile.

Alla quota media di 385 m s.l.m. la strada detta "del monte" intercetta il tracciato delle valli, in assenza di opere (canaletta o guado) che garantiscano uno scorrimento controllato delle acque verso valle.

I tracciati vallivi convergono in un'unica asta alla quota media di 340 m s.l.m.: verso monte gli alvei sono delimitati da scarpate in materiale sciolto a media-elevata pendenza (35° - 40°) ed è stato stimato uno spessore della coltre superficiale variabile da 2 a 3 m. Il ramo più settentrionale è caratterizzato da un muro realizzato a protezione dell'acquedotto; tale struttura ha consentito anche di trattenere parte del materiale mobilizzato lungo l'alveo.

Alla quota di 335 m s.l.m. la valle è intubata per un breve tratto in corrispondenza dell'attraversamento di un sentiero. Immediatamente a valle le sponde vallive presentano segni di erosione e parziale arretramento dei cigli. L'alveo diventa ben inciso e la larghezza si riduce ad 1-2 m. La valle scorre a cielo aperto fino a 300 m s.l.m. dove è intubata e scorre all'interno di una proprietà privata.

La portata massima del corso d'acqua, calcolata con tempo di ritorno di 200 anni, è prossima ad $1 \text{ m}^3/\text{s}$.



BG001-6: tratto compreso tra le quote 360 e 300 m s.l.m.

BG001-5

Il corso d'acqua BG001-5 ha origine a partire dalla quota di 420 m s.l.m., in corrispondenza di due impluvi mediamente incisi di larghezza pari a 2 m, delimitati da scarpate ben vegetate e costituite da materiale sciolto con spessore stimato in 1÷2 m circa.

Alla quota di 404 m s.l.m. il tracciato dell'impluvio è interrotto dall'attraversamento della strada detta "del monte"; in tale tratto non sono presenti

opere (canaletta o guado) che garantiscano uno scorrimento controllato delle acque verso valle, lungo la prosecuzione naturale dell'impluvio.

Fino alla quota di circa 330 m s.l.m., l'alveo è delimitato da scarpate in materiale sciolto a media-elevata pendenza (30° - 45°) aventi un'altezza massima di 10 m circa. In base alle osservazioni effettuate in sito, si stima uno spessore della coltre superficiale variabile da 2 a 3 m in tale tratto.

Entrambe le sponde e il fondo stesso della valle sono caratterizzate da una fitta vegetazione, costituita da cespugli, arbusti e da piante ad alto fusto, sia vive che cadute e/o prostrate. In generale, i versanti che delimitano il tratto in esame sono soggetti a fenomeni di ruscellamento diffuso delle acque di dilavamento meteorico; in tali condizioni, è favorito l'accumulo in alveo di materiale detritico.

L'alveo nel tratto compreso tra le quote di 320 e 307 m s.l.m. incide il versante con andamento pressoché rettilineo, caratterizzato da un fondo irregolare di larghezza variabile tra 1 e 3 m circa, delimitato da scarpate asimmetriche di altezza variabile. In alveo sono presenti blocchi di dimensioni metriche che determinano piccoli risalti del fondo (dislivello max 1 m circa).

Le scarpate in sponda sinistra sono ad elevata pendenza ed altezza compresa tra 3 e 6 m circa, costituite da calcari grigi molto fratturati (Calcarea di Domaro); in corrispondenza della quota di 308 m s.l.m., la roccia non è più visibile, per la presenza della copertura superficiale sciolta che ricopre in modo uniforme tale tratto del pendio.

La sponda destra è costituita invece da una scarpata mediamente acclive (30° - 35°) e di altezza compresa tra 2 e 4 m circa, costituita da depositi sciolti a supporto di matrice fine (limo sabbioso-argilloso), localmente interessata da fenomeni di ruscellamento diffuso.

Alle quote di 312, 310 e di 308 m s.l.m., sono state realizzate 3 piccoli manufatti trasversali all'alveo per trattenere il materiale solido e vegetale trasportato dal corso d'acqua in occasione di eventi di piena.

Allo sbocco di questo tratto la valle è poco incisa ed è identificabile per la presenza di un leggero avvallamento del terreno orientato in direzione sud-sudovest, fino all'imbocco del tratto intubato di quota 303 m s.l.m. che attraversa alcune proprietà private. L'imbocco del tubo è stato realizzato con una piccola vasca

rettangolare in cemento dotata di griglia metallica orizzontale, posizionata per evitare l'ingresso di materiale detritico grossolano e di legname.

Tra le quote di 295÷290 m s.l.m. il corso d'acqua scorre a cielo aperto all'interno di una proprietà privata, per una lunghezza di 11 m, per poi immettersi in un tubo in cemento che costeggia un fabbricato residenziale e termina in corrispondenza di un pozzetto quadrato munito di coperchio grigliato, da cui parte un'ulteriore tubazione in gres: secondo le informazioni acquisite in sito, parte di tale tratto intubato si colloca al di sotto dell'edificio di proprietà (detto "Triangolo"), per poi attraversare il sedime della strada provinciale.

Lo sbocco, a valle della strada provinciale, termina in un pozzetto verticale di oltre 2 m di altezza posto all'interno di una proprietà privata.

La portata dell'asta torrentizia, è stata calcolata in $0,92 \text{ m}^3$ considerando un tempo di ritorno $Tr=200$ anni.





BG001-5: tratto compreso tra le quote 330 e 293 m s.l.m.

BG001-4

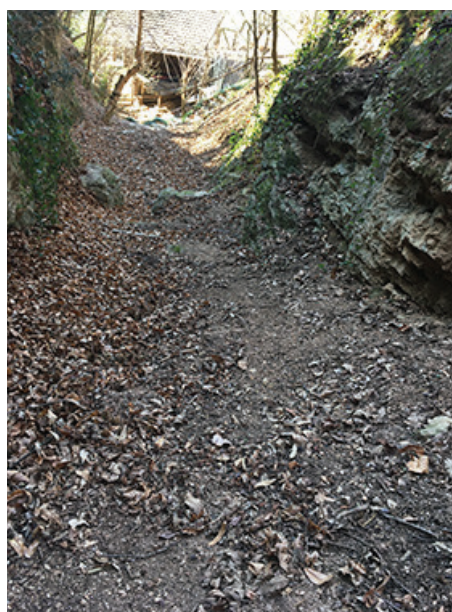
Il corso d'acqua BG001-4 ha origine a partire dalla quota di circa 430 m s.l.m., con un impluvio delimitato, nel tratto di monte, da scarpate ben vegetate.

Alla quota di 410 m s.l.m. il tracciato dell'impluvio è interrotto dall'attraversamento della strada detta "del monte"; in tale tratto non sono presenti opere che garantiscano uno scorrimento controllato delle acque verso valle, con alcune evidenze di erosione lungo la prosecuzione naturale dell'impluvio.

Fino alla quota di circa 340 m s.l.m., l'alveo è delimitato da scarpate in materiale sciolto a media-elevata pendenza ($30^{\circ} \div 35^{\circ}$); le sponde sono caratterizzate da una fitta vegetazione, costituita da cespugli, arbusti e da piante ad alto fusto, sia vive che cadute e/o prostrate. In generale, i versanti che delimitano il tratto in esame sono soggetti a fenomeni di ruscellamento diffuso delle acque di dilavamento meteorico; in tali condizioni, è favorito l'accumulo in alveo di materiale detritico, in spessori metrici e resti vegetali. In questo tratto l'alveo ha larghezza media alla base di circa 4-5 m. Alla quota di 338 m s.l.m. a valle si allarga, di è roccia affiorante a formare risalti morfologici e, a quote immediatamente inferiori, l'alveo è inciso con sponde in roccia e larghezza del talweg ridotta, compresa tra 1-2 m.

Alla quota di circa 310 m s.l.m., la valle è interrotta dalla presenza di costruzioni e strutture antropiche di pertinenza di un edificio residenziale.

La portata dell'asta torrentizia è inferiore ad 1 m^3 , considerando un tempo di ritorno $Tr=200$ anni.



BG001-4: tratto compreso tra le quote 340 e 310 m s.l.m.

BG001-3

Il corso d'acqua BG001-3 ha origine a partire dalla quota media di 430-440 m s.l.m. ed è costituito da tre aste principali, caratterizzate nel primo tratto di monte da un'incisione poco profonda con sponde ben vegetate.

Alla quota di 410 m s.l.m. gli impluvi sono interrotti dall'attraversamento della strada "del monte", in assenza di opere che garantiscano uno scorrimento controllato delle acque verso valle. Immediatamente a valle della strada e fino a circa 340 m s.l.m., l'alveo, a tratti molto ampio fino a circa 8-10 m, è delimitato da scarpate in materiale sciolto a media-elevata pendenza ($30^{\circ}\div 35^{\circ}$) con uno spessore della coltre superficiale variabile da 1 a 3 m. I versanti che delimitano il tratto in esame sono soggetti a fenomeni di ruscellamento diffuso delle acque di dilavamento meteorico; in tali condizioni, è favorito l'accumulo in alveo di materiale detritico.

I rami settentrionali sono caratterizzati da un muro realizzato a protezione dell'acquedotto: trattasi di strutture che hanno assentito alla funzione di sostegno ma anche di trattenimento di parte del materiale mobilizzato lungo l'alveo.

A partire dalla quota di 308 m s.l.m. l'alveo diventa unica ed impostato in roccia. Il letto si restringe a circa 2 m e le scarpate sono ben incise e sub-verticali.

Tale tratto vallivo confina con aree private e termina sulla strada comunale di via Cà dell'Ora (quota 305 m s.l.m.), dove l'accesso alla valle è interdetto dalla presenza di un cancello.

La portata dell'asta torrentizia, è stata calcolata in $1,7 \text{ m}^3$, considerando un tempo di ritorno $Tr=200$ anni.





BG001-3: tratto compreso tra le quote 360 e 330 m s.l.m.

BG001-2

Il corso d'acqua BG001-2 è caratterizzato da tre rami con origine alla quota media di 440 m s.l.m. I tracciati vallivi sono ben caratterizzati a valle della strada del monte, in corrispondenza del cui attraversamento le acque non sono attualmente regimate.

Alla quota di 365 m s.l.m. le tre vallecole convergono in un'unica asta, mediamente incisa e con larghezza costante compresa tra 4-5 m. Verso monte gli alvei sono delimitati da scarpate in materiale sciolto, talora in erosione: il materiale mobilizzato presente in alveo ha spessori fino al metro.

A valle l'asta torrentizia risulta stabile, con scarpate a media acclività, in assenza di segni evidenti di instabilità diffuse; il torrente risulta ben tracciato fino alla quota di 337 m s.l.m. ove l'asta è interrotta da edifici e strutture antropiche: il naturale deflusso idrico è ivi deviato mediante pannelli in lamiera lungo il tracciato di un sentiero di collegamento con la sottostante sede stradale (via Cà dell'Ora).

La portata massima del corso d'acqua, calcolata con tempo di ritorno di 200 anni, è di poco superiore ad 1 m³.



BG001-2: tratto compreso tra le quote 350 e 335 m s.l.m.

BG001-1

Il corso d'acqua BG001-1 ha origine dalla quota di 445 m s.l.m.; l'asta fluviale è rintracciabile fino alla quota di 310 m s.l.m., dove si interrompe a monte di un salto in roccia prospiciente il tracciato della strada provinciale della vale Brembana.

L'alveo è molto ampio, soprattutto nella parte centrale, tra le quote di 400 m e 350 m s.l.m. dove le scarpate sono ben vegetate da cespugli, arbusti e da piante ad alto fusto, sia vive che cadute o ammalorate.

L'asta è caratterizzata dalla presenza di un muro di sostegno che ha avuto negli anni effetto anche di trattenuta del materiale detritico. Il muro ad arco è stato edificato alla quota di 367 m s.l.m. A valle, alla quota di 349 m s.l.m. vi è una gabbionata che occupa l'intero alveo, caratterizzata da tre ordini di gabbioni con un'altezza complessiva di circa 3 m ed con un dislivello, verso monte, tra il centro della valle e la sommità della struttura, pari ad almeno due metri. Anche in questo caso, a tergo della gabbionata, sono presenti detriti accumulati.

La presenza dei due muri in sequenza ha un'importante funzione di stabilizzazione e trattenuta del materiale, con effetto di riprofilatura del talweg.

La portata massima del corso d'acqua, calcolata con tempo di ritorno di 200 anni, è pari a 0,8 m³.



BG001-1: tratto compreso tra le quote 367 e 310 m s.l.m.

5.2 Versante settentrionale

Lungo il versante settentrionale è stata cartografata un'area in frana quiescente che si è recentemente riattivata, coinvolgendo una porzione della sede stradale del giro del monte.

Trattasi di un'area piuttosto estesa, recentemente riattivatasi con il verificarsi di uno scivolamento gravitativo superficiale che ha coinvolto un tratto con sviluppo longitudinale prossimo ad una ventina di metri. La zona è contraddistinta dalla presenza di rocce selcifere, affioranti e subaffioranti, molto fratturate che si disgregano in minuti frammenti o in blocchi. L'elevata acclività del versante favorisce i fenomeni di scivolamento della coltre superficiale che, in alcuni tratti ha spessori metrici ed il ribaltamento dei blocchi disarticolati.

L'area di frana quiescente si estende tra le quote medie di 400÷450 m s.l.m. e comprende anche una porzione territoriale interessata da pregressi eventi franosi, ove sono stati realizzati negli anni scorsi interventi di sistemazione che necessitano di opere di manutenzione e rinforzo.

Lungo il versante settentrionale, immediatamente a valle della sede stradale, si è recentemente verificato un ulteriore movimento franoso su tratto di pendio a media acclività, caratterizzato dalla presenza di depositi sciolti. Il tratto interessato ha uno sviluppo longitudinale di circa 20 m ed interessa le quote di 435÷440 m s.l.m.

La pista esistente svolge, in taluni tratti, un effetto di gronda, raccogliendo le acque dalle porzioni di versante soprastante e riversandole a valle in modo concentrato: la mancanza di un sistema di raccolta e convogliamento delle acque di scorrimento superficiale può contribuire ad instabilizzare localmente il pendio.

6 INTERVENTI DI PROGETTO

Gli interventi di progetto sono stati suddivisi in funzione della loro localizzazione e della tipologia di intervento previsto.

6.1 Intervento 1: ripristino del bosco

I versanti che digradano dal monte Bastia sono caratterizzati da castagneti lungo il pendio settentrionale e da boschi antropogeni lungo il versante occidentale, in presenza di esemplari ammalorati, prostrati ed in assenza di uno sviluppo del sottobosco.

I lavori a progetto prevedono un diradamento selettivo di un numero di piante compreso tra 350 e 500 per ettaro.

Dopo il taglio, effettuato con mezzo manuale, si provvederà all'esbosco con verricello di piante intere in larga parte possibile per la vicinanza della viabilità agro-silvo-pastorale), evitando danni alle piante rilasciate, alla rinnovazione presente e al regolare deflusso delle acque superficiali. Tutto il materiale legnoso con diametro inferiore a 10 cm (ramaglia, cimali, piante di minori dimensioni) verrà cippato e ridistribuito uniformemente sul soprassuolo evitando zone di accumulo al fine di favorirne la rapida decomposizione.

I tronchi verranno accumulati ordinatamente lungo la viabilità forestale. Nelle aree di intervento più distanti dalla viabilità, lungo le incisioni vallive ove è prevista la messa in opera di debris flow ove l'esbosco potrebbe risultare problematico, il materiale di risulta verrà accatastato ordinatamente all'interno bosco.

Si considera inoltre il taglio delle specie lianose e infestanti, mediante taglio alla base, asportazione del materiale di risulta, sistemazione in luogo idoneo alla raccolta e cippatura.

Gli interventi di ripristino del bosco devono prevedere inoltre la rimozione della biomassa secca, rappresentata da piante morte in piedi, piante e parti di pianta atterrate. Al pari delle piante asportate con i diradamenti il materiale verrà esboscato, cippato e ridistribuito uniformemente all'interno del soprassuolo evitando zone di accumulo al fine di favorirne la rapida decomposizione. Questa viene computata come raccolta e distruzione mediante cippatura del materiale che verrà ridistribuito sul territorio boscato. Anche in questo caso, solo nelle aree di intervento più distanti dalla viabilità o in cui l'esbosco risulti problematico il materiale verrà "depezzato" e accatastato ordinatamente all'interno del bosco.

Il taglio bosco riguarderà entrambi i versanti di progetto, in particolare:

- la fascia areale prossima a 400 m s.l.m. lungo il versante occidentale, in corrispondenza delle testate delle incisioni vallive ivi sviluppate e nella zona a ridosso della pista denominata giro del monte. Le aree di intervento si estendono complessivamente per circa 25 m di larghezza a ridosso della pista stessa;

- nell'intorno dei punti interessati dal posizionamento dei debris e, particolarmente, ove vi siano le condizioni di presenza di biomassa secca;
- i tratti di versante interessati dai dissesti.

Gli interventi forestali riguarderanno nello specifico la rimozione mediante decespugliamento di rovo ed arbusti infestanti ove esuberanti e delle piante secche e marcescenti nelle aree degradate aperte e la messa a dimora di piante autoctone certificate delle specie, tiglio, acero di monte, frassino maggiore, carpino bianco, sorbo, acero campestre ed in percentuale minore arbusti quali biancospino corniolo nocciolo prugnolo etc (rinnovazione artificiale).

Gli interventi di miglioramento nelle aree boscate prevedono il dirado fino ad un massimo del 25÷30% del bosco ceduo invecchiato con eliminazione dei soggetti perlopiù costituiti da robinia e castagno storti, marcescenti, fortemente inclinati a valle al fine di rendere più stabili i versanti degradati da incendi, abbandono o piccoli smottamenti. Realizzazione di interventi di ingegneria naturalistica nei punti franosi superficiali con inerbimenti, palificate semplici, e palificate vive.

Negli alvei delle vallecole è prevista la ripulitura da infestanti e piante secche cadute e marcescenti unitamente all'individuazione di un microreticolo secondario con interventi diretti che indirizzino le acque meteoriche attraverso canalizzazioni.

Complessivamente il ripristino del bosco interesserà una superficie di circa 4,5 ha, come planimetricamente individuata in tavv. 4a, 4b e 4c.

Il lavoro dovrà essere organizzato per operare in sicurezza, valutando i rischi, assimilando lo schema di taglio, utilizzando lavoratori formati ed attrezzature idonee.

La prima fase di lavoro comprende il sopralluogo per la valutazione delle caratteristiche dell'area, delle pendenze, per la verifica della presenza ed adeguatezza della strada: questo permette di evidenziare i pericoli, organizzarne la gestione e inoltre di stabilire la direzione d'esbosco, i limiti e i mezzi utilizzabili.

Dovranno quindi essere identificati i luoghi per l'accatastamento del legname, stabilito il punto iniziale del lavoro ed i limiti di esbosco.

Gli abbattimenti saranno preceduti da un esame della pianta, dalla scelta della modalità di abbattimento e della direzione di caduta. Seguiranno gli interventi di sramatura e sezionatura, ove necessaria.

La successiva fase di esbosco dovrà garantire la conservazione ed evitare il danneggiamento del bosco circostante.

Al fine di mitigare gli impatti sulla fauna, sarà opportuno programmare gli interventi sulla vegetazione per il miglioramento del bosco escludendo il periodo primaverile e la prima parte di quello estivo.

6.2 Intervento 2: realizzazione di Debris Flow lungo il versante occidentale

Come dettagliato nel capitolo precedente, il versante occidentale del monte Bastia è solcato da alcune vallecole orientate lungo la massima pendenza, piuttosto acclivi. Tale morfologia favorisce il trasporto del materiale mobilizzabile, piuttosto copioso, generando fenomeni di dissesto lungo il percorso, con erosioni e franamenti; allo sbocco delle valli sono stati registrati fenomeni di trasporto e sedimentazione di materiale in un contesto abitato.

Lungo le valli identificate con le sigle BG001-3, BG001-4, BG001-5 e BG001-6 si prevede di effettuare interventi di regimazione idraulica puntuale, mediante l'installazione di strutture di trattenuta del materiale solido, tipo "debris flow" aventi la doppia funzione di trattenere il materiale detritico e vegetale trasportato a valle dai corsi d'acqua e ridurre nel tempo la pendenza del talweg e, pertanto, la capacità di trasporto ed erosiva del corso d'acqua.

Le barriere debris flow sono state progettate per resistere all'azione dinamica dell'impatto in caso di colata e trasporto solido di materiale ma anche statica, a barriera riempita, in quanto in grado di assorbire sia carichi dinamici che statici.

Le barriere sono formate da reti in acciaio ad anello, opportunamente dimensionate ed accoppiate, con la finalità di all'acqua ed al flusso di materiale fine di passare attraverso la barriera, trattenendo il materiale grossolano ed i resti vegetali. I debris, posizionati in serie, con il progressivo riempimento, consentono

una riprofilatura dell'alveo con riduzione della pendenza del talweg e conseguente diminuzione della forza erosiva delle acque.

Il progetto prevede la posa di più barriere in serie posizionate lungo le aste fluviali indicate, alle quote indicate:

- BG001-3: previsto l'alloggiamento di n. 2 barriere debris flow sul ramo settentrionale della valle alle quote di circa 347 m slm, lungo un tratto a bassa pendenza (indicativamente 20°) e di 330 m s.l.m., in un tratto vallivo acclive (circa 35°); in tali punti il talweg ha larghezza rispettivamente di 5 m e 3 m.
- BG001-4: previsto l'alloggiamento di n. 3 barriere debris flow in serie alle quote di circa 343 m slm, con alveo avente larghezza alla base di 5 m circa, sponde ad elevata inclinazione e fondo a bassa pendenza; il secondo debris sarà alloggiato alla quota di 332 m s.l.m., in tale tratto il corso d'acqua comincia ad incassarsi, l'alveo si restringe a 3 m con fondo piuttosto acclive e le sponde in roccia, il terzo verrà posizionato a 323 m s.l.m., su a monte degli edifici esistenti. Anche in tale tratto il corso d'acqua è inciso e ben incassato con sponde in roccia subverticali.
- BG001-5: è previsto l'alloggiamento di n. 4 barriere debris flow, da monte verso valle la prima alla quota di 356 m s.l.m. su un tratto d'asta a bassa pendenza (20°) e molto ampia (10 m) e le successive 3 posizionate in serie alle quote di circa 332 m, 315 m e 310 m slm in corrispondenza di una porzione valliva il cui talweg si restringe progressivamente da 4 a 2 m e la pendenza del fondo aumenta da circa 25° fino a 35°. In tutto il tratto indicato le sponde a media inclinazione. Il quarto debris sarà posizionato immediatamente a monte degli edifici e delle infrastrutture esistenti.
- BG001-6: lungo tale tracciato vallivo è previsto l'alloggiamento di n. 4 barriere debris flow: la prima alla quota di circa 350 m s.l.m. posizionata alla confluenza tra i rami in sinistra idrografica in un tratto d'alveo con larghezza alla base di 6 m e sponde a media acclività e n. 3 in serie alle quote di circa 314 m, 310 m e 307 m slm in corrispondenza di tratti vallivi mediamente incisi, con alveo che si restringe progressivamente da 3 fino ad 1 m. Anche

in questo caso i debris interesseranno le aree a monte degli edifici e delle infrastrutture esistenti.

Saranno messe in opera lungo le aste fluviali e nelle posizioni descritte al paragrafo precedente, un numero complessivo di 13 barriere flessibili in acciaio contro le colate detritiche in alveo, caratterizzate da un'ampiezza massima in sommità non superiore a 15 m.

Le barriere di progetto sono in grado di resistere alla pressione combinata dinamica (durante il processo di riempimento) e statica (a barriera colmata), senza montanti di sostegno intermedi (ampiezza massima in sommità non superiore a 15 metri).

Le barriere sono state dimensionate valutando il flusso di detriti atteso a partire dalla stima del materiale mobilizzabile individuato e rilevato lungo i tracciati vallivi nonché sulla base delle dimensioni del bacino idrografico e sulla pendenza media del talweg. L'altezza delle reti è stata definita considerando una riduzione complessiva di circa $\frac{1}{4}$ tra le fasi pre e post-evento.

Il posizionamento di più barriere in serie, opportunamente distanziate, consente, a barriere riempite, di ottenere un effetto briglia, operando un controllo del flusso idrico con passaggio da condizioni supercritiche a subcritiche.

Le barriere dovranno essere in grado di resistere alla pressione combinata dinamica e statica non inferiore a 80 kPa, con altezza massima di intercettazione non superiore a H 4 metri e provvista di N° 8 ancoraggi flessibili laterali.

I debris saranno indicativamente caratterizzati dai seguenti componenti:

- Struttura di intercettazione principale in rete di acciaio di classe 1770 N/mm² galvanizzata in lega Zn-Al (UNI EN 10264-1/2:2012, 10244-1:2009), conformata in pannelli; e costituita da fili d'acciaio (diametro del singolo filo non inferiore a 3 mm) avvolti a formare un anello, di diametro non inferiore a 300 mm, sovrapposti tra loro ed assicurati in 3 punti da apposite clemme chiuse oleodinamicamente;

- Alla rete principale deve essere accoppiata una rete in acciaio per la trattenuta del materiale più fine, con diametro del cerchio inscritto nella maglia non superiore a 30 mm;
- Funi di supporto longitudinali di diametro minimo 20 mm e resistenza minima a rottura di 252 kN in acciaio zincato ad anima metallica ((UNI EN 12385-4, UNI EN 10264:2012);
- Funi di collegamento verticali e di monte (nel caso di montanti di supporto) di diametro minimo 20 mm e resistenza minima a rottura di 252 kN in acciaio zincato ad anima metallica (UNI EN 12385-4, UNI EN 10264:2012);
- Dissipatori di energia in tubo d'acciaio manicottato o altri sistemi equivalenti (UNI EN ISO 1461:2009, UNI EN ISO 14713:2017 e EN 10240);
- Profilo antiabrasione in lamiera sagomata a L;
- Opere di fondazione costituite da ancoraggi flessibili (in numero variabile in dipendenza dell'altezza della barriera) protetta da doppio tubo di acciaio o da radancia sull'asola affiorante, zincate a caldo (UNI EN 1462:2009 e UNI EN ISO 14713:2017), e da ancoraggi in barra (per le sottofondazioni dei montanti), tali da garantire i carichi di progetto che agiscono sul singolo ancoraggio della barriera misurati e riportati secondo le prescrizioni previste al riguardo dal C.S.A. e comunque non inferiori a 6.0 m (presumendo terreni di cattiva qualità).
- *Morsetti UNI EN 13411-5*, morsetti doppi per l'esecuzione delle asole di fune in sito o per assicurare le funi correnti, e grilli zincati per il collegamento dei pannelli di rete tra di loro ed alle funi portanti, bulloneria, serraggi ecc. in acciaio zincato secondo UNI EN ISO 1461:2009 e UNI EN ISO 14713:2017 completano la minuteria della barriera. Un numero di grilli non inferiore a 4 dovrà essere predisposto per sensorizzare l'opera ai fini del controllo da remoto di eventuali impatti di colate detritiche. Tali grilli potranno essere attivati a discrezione del proprietario della struttura in caso si dotasse di un impianto di monitoraggio comprendente centralina di acquisizione e trasmissione dati, impianto di alimentazione, eccetera.

È compresa e compensata la posa in opera in qualsiasi situazione di terreno, la preventiva preparazione del piano di posa, la redazione del piano di qualità di costruzione ed installazione e quant'altro occorra per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte secondo le prescrizioni progettuali.

La barriera dovrà godere di apposita certificazione di test in vera grandezza su campo prove condotto da Istituto di ricerca internazionalmente riconosciuto conformemente a EAD 340020-00-0106 (giugno 2016). In recepimento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 17 gennaio 2018), la barriera dovrà inoltre disporre della certificazione e marcatura CE per prodotti da Costruzione secondo il Decreto Pres. Repubblica 21/04/1993 n.246 - Regolamento di attuazione della direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione.

Per i dettagli del dimensionamento delle opere si rimanda alla relazione di calcolo delle strutture.

L'installazione delle barriere sarà preceduta dalle operazioni di preparazione del tratto torrentizio di intervento mediante esbosco, mirato, della vegetazione arborea e arbustiva eventualmente presente in alveo o lungo le sponde, per la lunghezza dell'opera; il legname di risulta sarà opportunamente accatastato per permetterne il recupero e l'allontanamento; a seguire, verranno realizzati gli ancoraggi flessibili laterali ed al termine della maturazione della malta cementizia iniettata, saranno installate le reti, le controventature, i tiranti e i freni della struttura. Il trasporto sul posto del materiale e delle attrezzature (compressore, perforatrice) sarà effettuato tramite elicottero, in modo tale da evitare scavi di sbancamento per la realizzazione di piste di cantiere.

Le reti non interferiranno con linee tecnologiche aeree (linea elettrica, linea telefonica) né con sottoservizi interrati (gas, acquedotto).

Il posizionamento di debris in serie, con altezza massima di 3 m, occuperà esclusivamente gli alvei. Le strutture sono discontinue e localizzate nei tratti di interesse e non costituiranno impedimento od ostacolo alla libera circolazione della fauna.

Le barriere saranno dotate di sistemi di allentamento delle funi di sostegno al fine di consentire la manutenzione, soprattutto l'asportazione periodica del materiale trattenuto.

Per i calcoli di dimensionamento si rimanda alla relazione specialistica allegata; i calcoli sono stati effettuati con software della Geobruigg.

6.3 Intervento 3: realizzazione di micropali

Sono previsti interventi di realizzazione di micropali su due tratti di versante, come successivamente descritto.

Intervento 3a: micropali versante settentrionale monte Bastia

È previsto il consolidamento del versante per il contenimento e la stabilizzazione del dissesto franoso sviluppatosi lungo il ciglio esterno della pista del giro del monte.

Lungo il ciglio di valle, esternamente circa 50 cm misurati planimetricamente dalla carreggiata, verrà installata una cortina di micropali con uno sviluppo lineare totale di 65 m, costituita da pali verticali di lunghezza variabile tra 5 e 7 m e interasse di 100 cm (\varnothing minimo 140 mm, armati con tubolare \varnothing 101 mm spessore 8 mm), collegati in sommità da un cordolo in cemento armato; dei 65 micropali previsti n. 43 saranno lunghi 5 m; n. 22 avranno invece lunghezza maggiore, di 7 m.

I pali andranno ad intestarsi direttamente in roccia a profondità prossima a 2,0-3,0 m da p.c. (all. 1a, 2a e 2b).

I pali saranno collegati in testa da un cordolo in cls, rivestito con correnti in legno di castagno nella parte aerea.

Lungo tutto il tratto sarà montata una staccionata di protezione in legno.

La realizzazione delle suddette lavorazioni potrà essere condotta direttamente dal piano viario esistente, senza la necessità di realizzare piste provvisorie di cantiere.

Intervento 3b: micropali versante occidentale monte Bastia

È previsto il consolidamento di un tratto di versante occidentale, posizionato in corrispondenza dell'attraversamento dell'asta torrentizia identificata con la sigla

BG001-3, ove è stato osservato un cedimento del ciglio della scarpata di valle della pista boschiva.

Nella zona sono state eseguite n. 4 prove penetrometriche che hanno evidenziato la presenza del substrato roccioso intorno a 2,0 m di profondità dal piano campagna lungo le sponde vallive e nella porzione centrale dell'asta valliva, sul lato di monte della sede stradale (pista del giro del monte); la prova eseguita in centro alla valle, lato esterno della pista, ha invece evidenziato uno spessore di materiale sciolto superiore a 10 m: si tratta di una condizione arealmente circoscritta, come diagnosticato con le altre prove.

I micropali saranno realizzati all'esterno del ciglio di valle della strada, per un tratto con uno sviluppo lineare totale di 25 m, costituita da pali verticali di lunghezza pari a 6 m e interasse di 200 cm (\varnothing minimo 140 mm, armati con tubolare \varnothing 101 mm spessore 8 mm).

I pali saranno collegati in testa da un cordolo in cls; l'estradosso del cordolo sarà ribassato di circa 1 decimetro rispetto alla sede stradale, ricoperto da ghiaietto come quello del piano stradale, il cui contenimento è fornito da un corrente in legno di castagno, posto all'estradosso del cordolo, verso valle.

La realizzazione delle suddette lavorazioni potrà essere condotta direttamente dal piano viario esistente, senza la necessità di realizzare piste provvisorie di cantiere.

Gli interventi di consolidamento e le opere in calcestruzzo previste nel presente progetto sono state calcolate secondo la normativa vigente in materia; si rimanda pertanto alla relazione tecnica di calcolo ed alle tavole strutturali allegate al progetto.

La realizzazione dei micropali sarà preceduta dalla preparazione del tratto di intervento mediante esbosco, mirato, della vegetazione arborea e arbustiva presente, caratterizzata in parte da esemplari prostrati; il legname di risulta sarà accatastato per permetterne il recupero e l'allontanamento; a seguire, verranno realizzati gli interventi di infissione dei micropali mediante perforatrice. La sonda, cingolata e semovente, raggiungerà l'area di cantiere percorrendo la pista.

La perforatrice verrà posizionata sul punto di perforazione previa verifica dei parametri progettuali richiesti (posizione, oggetto), l'esecuzione della perforazione avverrà con gli utensili idonei alla tipologia di substrato da attraversare: preliminarmente si prevede la realizzazione della perforazione con scalpello per l'avanzamento del rivestimento in materiale sciolto, al raggiungimento del substrato roccioso compatto l'avanzamento sarà eseguito con martello di fondo foro.

Al termine della perforazione sarà posata in opera l'armatura del micropalo e iniettata, dal basso verso l'alto, miscela cementizia in pressione.

Durante i lavori la pista del monte sarà temporaneamente chiusa al transito nel tratto interessato da cantiere.

I materiali e le attrezzature necessarie per la realizzazione dell'intervento saranno collocati provvisoriamente lungo la pista; si valuterà con l'Amministrazione comunale la necessità di procedere all'occupazione delle aree private.

I micropali non interferiranno con sottoservizi (gas, acquedotto); trattandosi di opere realizzate al di sotto del piano campagna, non costituiranno impedimento od ostacolo alla libera circolazione della fauna.

6.4 Intervento 4: realizzazione staccionata in legno

Per garantire una maggiore protezione e sicurezza del tracciato stradale nel tratto oggetto di interventi di consolidamento del fenomeno franoso verificatosi (intervento 3a), sarà posizionata una staccionata di delimitazione.

La staccionata sarà realizzata in legno di castagno con tondelli torniti e trattati in autoclave, impregnati a pressione con piantoni ad interassi di m 1,50÷2,00 con altezza di m 1,00÷1,20 fuori terra e del diametro di cm 12÷15. I traversi in numero di due saranno posti orizzontalmente e fissati con barre filettate o tirafondi metallici.

6.5 Intervento 5: realizzazione di palificata per il consolidamento di un tratto di versante settentrionale

L'intervento 5 prevede il consolidamento di un tratto di versante a medio-bassa pendenza, interessato da due dissesti franosi localizzati e superficiali, sviluppatisi in corrispondenza del ciglio esterno della sede stradale della pista

denominata giro del monte. I dissesti, coinvolgenti esclusivamente la coltre superficiale per uno spessore limitato, sono innescati dalla circolazione di acqua superficiale non incanalata che si riversa lungo il versante in occasione di eventi meteorici intensi.

Nell'area si prevede la realizzazione di una palificata ad una parete, opera di ingegneria naturalistica utile alla stabilizzazione della porzione più superficiale di suolo, ove l'azione di consolidamento è svolta dagli ancoraggi e dallo sviluppo dell'apparato radicale delle piantine e delle talee messe a dimora dietro la paleria posata sul terreno.

La palificata viva di sostegno ad una parete sarà realizzata mediante infissione di pali di castagno con diametro di 15 cm, infissi verticalmente per circa 1,50-1,80 m con interasse 0,80 m. Ai montanti verticali saranno ancorati con tondini in acciaio ad aderenza migliorata, pali trasversali (traversi) sempre in castagno Ø 15 cm. I traversi saranno infissi per 1,5 m con inclinazione prossima a 60° sulla verticale. La struttura sarà completata con la posa in opera di pali orizzontali (1 o 2 ordini) sovrapposti (correnti). La struttura sarà ancorata con idonei tondini o graffe in acciaio.

La palificata avrà sviluppo longitudinale di 25 m e sarà realizzata su tre ordini, lungo il versante: il primo lungo il ciglio di valle della strada, il secondo immediatamente al di sotto, ad una distanza planimetrica dal primo di 1,50 m. I montanti verticali ed i traversi sono sfalsati di 0,40 m tra le due file (struttura alternata).

La profondità di ancoraggio e la lunghezza dei traversi di legname infissi nel terreno sono stati calcolati con la finalità di conferire stabilità e consolidare gli orizzonti eluviali superficiali, con scarse caratteristiche geotecniche.

L'opera verrà realizzata direttamente entroterra, in assenza di scavi; tra i correnti orizzontali dei due ordini di palificate, è prevista la posa di talee appartenenti a specie arbustive e/o arboree dotate di elevata capacità di vegetare e in grado di emettere radici dal fusto interrato (minimo 10 talee per metro quadrato di facciata esterna).

La realizzazione della palificata prevede i seguenti interventi:

- Profilatura della scarpata con taglio della vegetazione e abbattimento (disgaggio) di eventuali masse rocciose;
- Intercettazione e allontanamento delle acque, anche con la realizzazione di canalizzazioni a monte dell'opera;
- disposizione e posa dei montanti verticali di ancoraggio infissi profondamente nel terreno (1,5÷1,8 m) e dei traversi infissi per uno spessore di 1,5 m. E' prevista la realizzazione di un preforo con trivella agricola; prima dell'infissione i pali in castagno saranno sagomati a punta nella parte da infiggere e, qualora necessario, saranno rivestiti con puntazze metalliche di rinforzo;
- posa del primo ordine di elementi longitudinali (correnti), di lunghezza variabile da 3 a 5 m e diametro minimo 15 cm, in legno durabile di latifolia (castagno) o conifera (larice), opportunamente scortecciato;
- in corrispondenza all'incrocio tra correnti, traversi e piloti verticali in legname saranno effettuate le giunzioni con legature, chiodi, graffe, staffe;
- infissione di talee direttamente nel pendio (minimo 20 talee per metro quadrato).

Per quanto concerne le fasi di allestimento del cantiere, si specifica che la pista del monte sarà temporaneamente chiusa al transito nel tratto interessato dal cantiere.

I materiali e le attrezzature necessarie per la realizzazione dell'intervento saranno collocati provvisoriamente lungo la pista.

La palificata non interferirà con sottoservizi interrati (gas, acquedotto); trattandosi di opere puntuali, localizzate e di altezza ridotta, non costituiranno impedimento od ostacolo alla libera circolazione della fauna.

6.6 Intervento 6: cunettoni per la regimazione delle acque sulla sede della pista forestale

La regimazione ed il convogliamento delle acque di scorrimento superficiale lungo alcuni tratti della pista del giro del monte ed alcuni attraversamenti di impluvi

saranno realizzati con canalette in pietrame e malta che avranno la finalità di raccogliere, convogliare ed accompagnare le acque.

Intervento 6a: cunettone di convogliamento acque meteoriche non incanalate, raccordo con micropali e consolidamento di valle – versante settentrionale

Nella zona di intervento di consolidamento del versante settentrionale, interessata da franamento, è prevista la raccolta ed il convogliamento delle acque mediante realizzazione di n. 2 cunettoni con contestuale e parziale riprofilatura del fondo della pista, finalizzato a convogliare correttamente le acque.

È prevista una lieve riprofilatura dei tratti areali di intervento la realizzazione di uno strato di cls (Rck 250) di spessore pari a 15 cm con rete elettrosaldata \varnothing 6 mm, passo 20 x 20 cm con fissaggio chimico con barre d'armatura \varnothing 10 mm con frequenza di n. 1 ogni 2 m² spessore 15 cm, interessando interamente la sede stradale (2,5 m) fino al raggiungimento del cordolo in cls di raccordo dei pali, al quale viene legata. Il cunettone è rivestito in pietrame calcareo o arenaceo, annegato nel calcestruzzo, per uno spessore medio di 20 cm.

Ciascuna cunetta è di 2,5 m di larghezza ed è sagomata con una porzione centrale ribassata di 15 cm, al fine di consentire l'attraversamento incanalato (e controllato) dell'acqua sulla sede stradale; la sagoma del ribassamento consente il corretto transito dei mezzi e deve essere rispettata in sede realizzativa.

Il selciatoone, con i medesimi spessori e modalità costruttive descritte, prosegue a valle della strada, accompagnando le acque nel primo tratto di versante, per una lunghezza pari a 3 m. La larghezza dell'opera si mantiene costante (2,5 m anche lungo il versante).

Il piede a valle del consolidamento è rinforzato da una fondazione in cls di 80*40 cm di spessore (R'ck 250 N/mm²) e fissaggio chimico con barre d'armatura, in funzione del sottofondo rinvenuto.

Intervento 6b: cunettone di convogliamento acque meteoriche non incanalate e consolidamento di valle – versante settentrionale

Lungo il versante settentrionale, sulla pista del giro del monte si innesta una strada sterrata di servizio all'attività silvo-pastorale lungo la quale, durante gli eventi

meteorici intensi, si riversano le acque provenienti dal versante, causando fenomeni di ruscellamento concentrato oltre che fenomeni erosivi lungo il versante sotteso.

Nell'area è prevista la realizzazione di un cunettone di raccolta e convogliamento delle acque di ruscellamento accompagnando le stesse a valle delle piste ed evitando fenomeni di erosione concentrata. Il cunettone sarà realizzato mediante riprofilatura parziale del tratto di pista interessato e la successiva posa in opera di uno strato di cls (Rck 250) di spessore pari a 15 cm con rete elettrosaldata \varnothing 6 mm, passo 20 x 20 cm con fissaggio chimico con barre d'armatura \varnothing 10 mm con frequenza di n. 1 ogni 2 m² spessore 15 cm. Il cunettone è rivestito in pietrame calcareo o arenaceo, annegato nel calcestruzzo, per uno spessore medio di 20 cm.

La cunetta, di dimensione di 8 m x 8 m è sagomata con una porzione centrale ribassata di 30 cm, al fine di consentire il corretto convogliamento delle acque: la sagoma del ribassamento consente inoltre il transito dei mezzi.

Il selciatoone, con i medesimi spessori e modalità costruttive descritte, prosegue a valle della strada, accompagnando le acque nel primo tratto di versante.

Il tratto di selciatoone che si sviluppa sulla strada sterrata sotto la pista è completato a valle con la realizzazione di un dosso finalizzato al contenimento delle acque di ruscellamento.

Il piede a valle del consolidamento è rinforzato da una fondazione in cls di 80*40 cm di spessore (R'ck 250 N/mm²) e fissaggio chimico con barre d'armatura in funzione del sottofondo rinvenuto.

Intervento 6c: cunettone per l'attraversamento di impluvi e consolidamento di valle – versante occidentale

Lungo il versante occidentale è prevista la raccolta ed il convogliamento delle acque di scorrimento superficiale incanalato mediante realizzazione di n. 6 cunettoni con contestuale e parziale riprofilatura del fondo della pista, realizzati in corrispondenza di alcune aste torrentizie.

Per tutti gli interventi proposti è prevista la realizzazione di uno strato di cls (Rck 250) di spessore pari a 15 cm con rete elettrosaldata \varnothing 6 mm, passo 20 x 20 cm con fissaggio chimico con barre d'armatura \varnothing 10 mm con frequenza di n. 1 ogni 2 m², rivestito in pietrame calcareo o arenaceo, annegato nel calcestruzzo, per uno

spessore medio di 20 cm. L'opera interessa interamente la sede stradale (2,5-3,0 m) ed ha larghezza di 3,0; la porzione centrale del cunettone è ribassata di 20 cm rispetto al piano campagna, al fine di consentire l'attraversamento incanalato (e controllato) dell'acqua sulla sede stradale; la sagoma del ribassamento consente il corretto transito dei mezzi e deve essere rispettata in sede realizzativa.

Il selciato, con i medesimi spessori e modalità costruttive descritte, prosegue a valle della strada, accompagnando le acque nel primo tratto di versante, per una lunghezza pari a 3 m. La larghezza ed il profilo dell'opera si mantengono costanti (3,0 m). Il piede a valle del consolidamento è rinforzato da una fondazione in cls di 80*40 cm di spessore ($R'ck$ 250 N/mm²) e fissaggio chimico con barre d'armatura, in funzione del sottofondo rinvenuto.

Unica eccezione è rappresentata dal selciato previsto a valle dell'attraversamento stradale dell'asta torrentizia identificata con la sigla BG001-3 (reticolo idrico comunale) dove, per le condizioni di erosione individuate e per il manifestarsi di un progressivo arretramento del ciglio stradale, il consolidamento di valle avrà larghezza maggiore, pari a 5 m.

I particolari costruttivi delle opere descritte sono riportati negli allegati.

6.7 Intervento 7: canalette per lo sgrondo delle acque meteoriche

Lungo tutto il tracciato della pista del monte vengono poste delle canalette taglia acqua in legno di larice o castagno, ancorate ad un basamento in cls, realizzato in opera.

Alcuni tratti stradali e porzioni di versante sottese, in assenza di opere provvisoriale per la regimazione del deflusso idrico, presentano evidenti situazioni di erosione canalizzata lungo il tracciato.

È stata progettata la messa in opera di canalette realizzate in legno di castagno, doppie, realizzate con tre travi accoppiate. La dimensione delle travi sarà di 12 cm x 17 cm. Le travi saranno collegate fra loro con cambre in acciaio $\varnothing=16$ mm e posate su un basamento in calcestruzzo, spessore 15 cm, con rete elettrosaldata, raccordato con la sede stradale a monte e valle; il lato esterno della canaletta sarà in pietra.

La finalità delle canalette è quella di garantire un buon deflusso idrico e consentire dimensioni del canale compatibili con tutti gli utilizzi della pista. Esse dovranno superare il piano stradale verso valle e consentire il raccordo con la scarpata di monte al fine di evitare l'aggiramento della canaletta stessa; saranno poste trasversalmente rispetto all'asse della sede stradale per ottenere una buona pendenza e per favorire l'autopulitura del canale di scorrimento. L'orientamento sarà pari a circa 30° rispetto alla perpendicolare dell'asse stradale nelle porzioni meno acclivi e pari a 45° nei tratti di pista a maggiore pendenza.

Allo sbocco, verso valle, saranno inoltre previste protezioni da realizzarsi con la messa in opera di pietrame, con la finalità di dissipare l'energia cinetica del flusso ed evitare erosioni localizzate.

L'interasse fra le canalette non è uniforme, ma tiene conto delle condizioni idrografiche al contorno: considerata l'estrema variabilità delle situazioni, è stata prevista una densità maggiore nelle zone a maggiore scorrimento superficiale di acqua, basata sulle osservazioni dirette effettuate in sito.

6.8 Intervento 8: sistemazione del fondo stradale con riprofilatura e inghiaatura

Il fondo stradale viene mantenuto alla quota esistente; verrà regolarizzato lungo tre tratti di lunghezza complessiva massima di circa 60 m al fine di riprofilarne parzialmente il profilo convogliando correttamente le acque di scorrimento superficiale lungo le opere di raccolta delle acque di nuova realizzazione (canalette e cunettoni) ed evitare ristagni.

L'intervento sarà realizzato mediante inghiaatura con misto granulare calcareo stabilizzato costituito dalla posa di uno strato di 10 cm di spessore di inerte spaccato calcareo, ϕ 0÷60 mm a cui viene sovrapposto uno strato di finitura di 20 cm di spaccato calcareo, ϕ 0÷30 mm.

L'utilizzo di materiale lapideo frantumato di tipo calcareo consente, oltre ad un miglior inserimento ambientale (colore e forma dell'inerte utilizzato), una maggiore stabilità del fondo, anche per effetto di parziale cementazione del materiale stesso nel tempo. La stesura dell'inerte deve avvenire secondo le migliori procedure:

lo strato di fondazione deve essere costruito a cuneo, depositando pietrisco in maggior quantità al centro della strada rispetto a quanto viene fatto ai lati. Il materiale deve essere depositato per strati singolarmente umidificati e costipati mediante rullatura.

Alla base sarà posizionata una geogriglia composta di rinforzo e separazione del terreno dal soprastante inerte.

6.9 Intervento 9: Scavo di sbancamento in roccia e ricalibratura sede stradale

Il miglioramento della viabilità avviene anche mediante riprofilatura di alcuni brevi tratti con roccia affiorante o subaffiorante sulla sede stradale. La demolizione della roccia consentirà la riprofilatura del fondo mediante l'eliminazione di dossi e risagomatura del piano di calpestio con pendenza verso valle, per consentire un'adeguata gestione delle acque di dilavamento meteorico.

È stato calcolato un volume complessivo di scavo ridotto, pari a 125 m³. Il materiale di risulta, ridotto in idonea pezzatura verrà impiegato direttamente in cantiere.

La litologia della roccia nel tratto di interesse è costituita da calcari che dovranno essere scavati mediante l'uso di martellone demolitore.

I mezzi di scavo dovranno essere piuttosto piccoli, per il limitato spazio di manovra del tracciato (2,5 m di larghezza).

6.10 Intervento 10: Riprofilatura del versante

Gli interventi di riprofilatura interessano diverse porzioni del versante, sia settentrionale che occidentale, ove, la presenza di acqua di ruscellamento, il passaggio di animali, la presenza di una copertura eluviale con spessori metrici, hanno comportato, in alcuni tratti, localizzati scivolamenti di materiale sciolto che hanno interessato il ciglio di monte della pista del monte. Il materiale sarà asportato con mezzi meccanici, ripristinando la sede stradale nella sua larghezza.

I tratti di scarpata interessati, di altezza variabile fra 1,0 e 2,0 m circa, le scarpate riprofilate saranno prive di opere di sostegno.

Un tratto di versante in testata dell'asta torrentizia BG001-2 è stato interessato da uno smottamento che ha coinvolto la coltre superficiale, per uno spessore ridotto. L'area verrà riprofilata meccanicamente, intervenendo su una superficie di 12 m². Il materiale movimentato sarà riutilizzato in sito per la riprofilatura del tratto di scarpata.

Il ramo settentrionale della medesima asta torrentizia - BG001-2, a monte della strada del giro del monte, è caratterizzato da una pendenza media di circa 25°, seguita da un breve tratto poco acclive (10°) con larghezza di circa 3 m, a cui segue un salto subverticale che raccorda di circa 2 m che raccorda la valle con la sede della pista del giro del monte. Nel tratto a bassa pendenza le acque di ruscellamento non vengono correttamente incanalate e ricadono sulla strada in due diversi punti, tendendo quindi poi a disperdersi lungo la sede della pista anziché riprendere il proprio deflusso verso valle: l'intervento di riprofilatura sarà volto alla creazione di un tracciato univoco di scorrimento delle acque, realizzato mediante riprofilatura in materiale sciolto. Le acque, così incanalate, saranno raccolte da un cunettore realizzato sulla sede stradale ed accompagnate a valle, lungo il versante, avendo cura di evitare fenomeni erosivi.

7 INTERFERENZE

Gli interventi di progetto, puntuali e localizzati, non interferiscono con linee tecnologiche aeree (linea elettrica, linea telefonica), né con sottoservizi (linee interrato).

8 CRONOPROGRAMMA DELLE FASI ATTUATIVE

Le opere oggetto del presente progetto esecutivo saranno completate entro 180 giorni dall'inizio dei lavori, secondo il cronoprogramma di progetto.

9 QUADRO ECONOMICO

L'importo complessivo degli interventi previsti nel presente progetto esecutivo ammonta a 309.872,32 €, suddiviso come da quadro economico di allegato.

 DOTT. GEOL. CORRADO REGUZZI

Villa d'Almé (BG), luglio 2020