

REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DI VERBANIA
COMUNE DI STRESA

Progetto Esecutivo

RIPRISTINO E MESSA IN SICUREZZA DEL TERRITORIO A SEGUITO
DI DANNI DERIVANTI DA ECCEZIONALI EVENTI
METEOREOLOGICI DEL RIO BERTA

RELAZIONE GEOLOGICA E IDROLOGICA

Data: Agosto 2019

Aggiornamenti:

Elaborato: RGI

COMMITTENTE:

Comune di Stresa

Via Giacomo Matteotti, 6
STRESA (VB)

PROGETTISTI:

Dott. Ing. Andrea Isoli

Corso Cobiauchi n° 33 - 28921 Verbania (VB)

Tel./Fax 0323.515969 - e-mail: andiso70@yahoo.it

P.IVA 01712350030

Albo degli Ingegneri Provincia del V.C.O. n.212

Dott. Geol. Massimiliano Coretta

Corso Cobiauchi n° 33 - 28921 Verbania (VB)

Tel./Fax 0323.515969 - e-mail: maxcoretta@tiscali.it

P.IVA 01949270035

Albo dei Geologi della Regione Piemonte n.599

INDICE

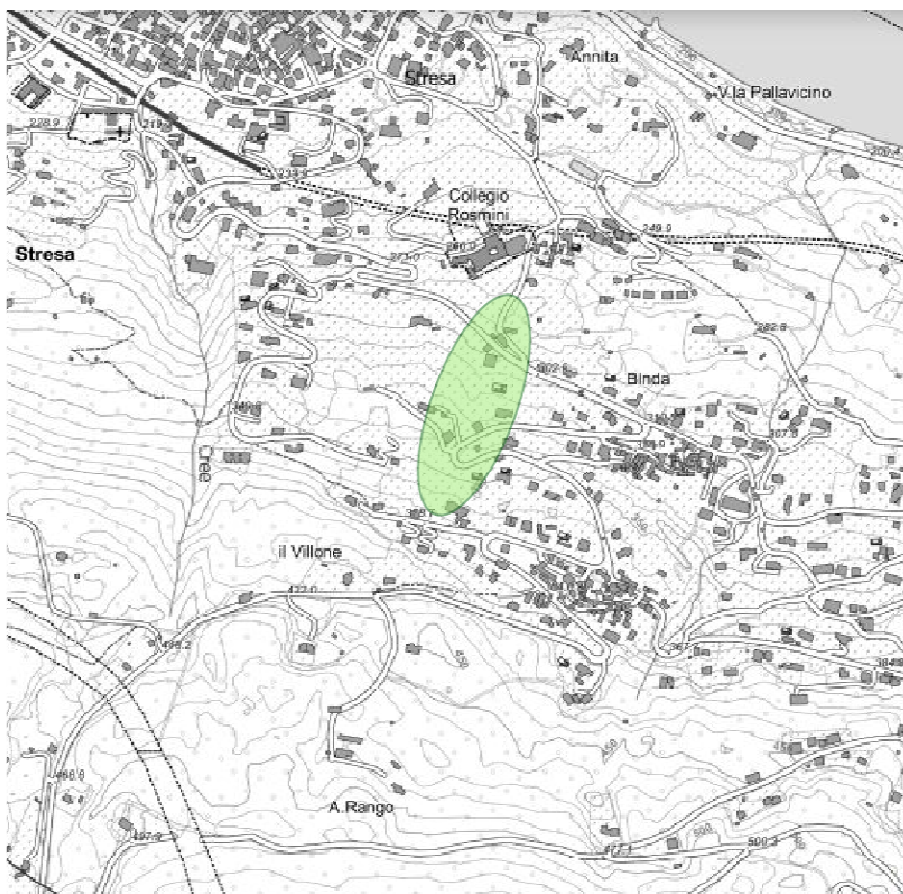
1	PREMESSA	1
2	CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE DEL BACINO IDROGRAFICO DEL RIO OGGETTO D'INTERVENTO	3
3	ASSETTO STRATIGRAFICO LOCALE IN CORRISPONDENZA DELL'AREA D'INTERVENTO.....	4
4	SITUAZIONI DI DISSESTO IN ATTO E POTENZIALI CON INDIVIDUAZIONE DEGLI SCENARI DI RISCHIO	4
5	NATURA E SCOPO DEGLI INTERVENTI PREVISTI.....	5
6	ANALISI IDROLOGICA.....	6
7	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI E GEOMECCANICA DEL SUBSTRATO ROCCIOSO	13
8	DEFINIZIONE DEI PARAMETRI CARATTERISTICI	14
9	CONCLUSIONI	15

1 PREMESSA

Il presente elaborato viene redatto dal sottoscritto, Dott. Geol. Massimiliano Coretta, con studio tecnico in Verbania, iscritto all'Ordine Regionale dei Geologi del Piemonte, a corredo del progetto "ripristino e messa in sicurezza del territorio a seguito dei danni derivanti da eccezionale eventi meteorologici" redatto dal dott. Ing. Andrea Isoli.

Il progetto riguarda la realizzazione della risistemazione del Rio Berta, nel tratto a monte dell'abitato di Stresa nel tratto compreso tra le quote 290 e 350 metri s.l.m..

Di seguito si riporta un estratto cartografico su base di riferimento degli enti con evidenziate l'area d'intervento.

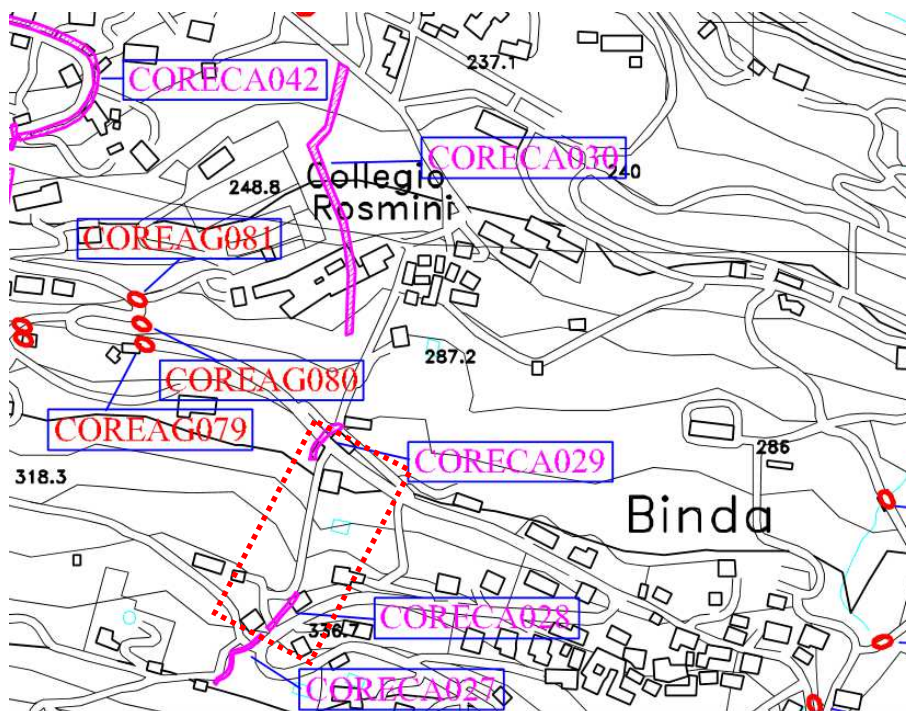


Tratto del rio Berta oggetto d'intervento su BDRE

Il corso d'acqua presenta, in questo tratto, un alveo parzialmente intubato e la sua dinamica risulta potenzialmente interferente con gli abitati e, nel tempo, ha dato origine a fenomeni di dissesto e potenziale rischio per i manufatti e le infrastrutture presenti a valle.

All'interno dell'immagine seguente è riportata, in estratto, l'elaborato GEO5 – Opere idrauliche censite, redatto a corredo del PRGC Vigente, con individuazione dell'area di progetto da cui è

possibile osservare i tratti incanalati del corso d'acqua presenti immediatamente a monte e a valle del tratto oggetto d'intervento.



Estratto dell'elaborato GEO5 – carta delle opere idrauliche censite

Tale situazione comporta la necessità di ridurre al minimo il potenziale trasporto solido lungo il corso d'acqua per evitare potenziali occlusioni del corso d'acqua nei tratti incanalati dove le sezioni non sono sempre sufficienti a garantire il completo deflusso delle portate idriche comprensive di trasporto solide.

Lo studio è stato redatto partendo da un inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico generale dell'area basato, oltre che sulle conoscenze dell'areale circostante, sulle osservazioni effettuate a seguito dei sopralluoghi, della presa visione della documentazione progettuale, della cartografia di carattere geologico a corredo del P.R.G.C. vigente, approfondito poi a livello locale attraverso l'esecuzione di un rilievo geologico di dettaglio finalizzato a definire l'assetto stratigrafico locale dei luoghi in cui sono previsti gli interventi nonché al fine di valutare l'entità del trasporto solido lungo il corso d'acqua.

2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE DEL BACINO IDROGRAFICO DEL RIO OGGETTO D'INTERVENTO

Il bacino idrografico del Rio Berta alla sezione di chiusura posta in corrispondenza dell'attraversamento di Via Binda dove il corso d'acqua risulta intubato al di sotto di un edificio e della strada è caratterizzato, per la maggior parte, dalla presenza diffusa di depositi superficiale di natura glaciale.

I depositi glaciali sono costituiti da *diamicton* addensati, a supporto di clasti o di matrice, con presenza di frazione sabbiosa o sabbioso-limosa rilevabile al tatto, con un primo livello di circa 0.8-1.0 m con maggiore grado di alterazione (caratterizzato da colore ruggine e da una percentuale di materiale limoso leggermente più elevata); si osservano abbondanti clasti poligenici da subangolosi a subarrotondati, eterometrici, di volume massimo pluridecimetrico, con selezione nulla, definibili come *till* indifferenziati o di ablazione.

La presenza di substrato roccioso risulta molto limitata, principalmente si osserva lungo l'alveo attivo del corso d'acqua e, comunque, affiora in maniera discontinua.

Il substrato roccioso è costituito da Scisti dei Laghi, si tratta di alternanze di micascisti e paragneiss; all'affioramento gli Scisti dei Laghi mostrano generalmente alterazione di colore rossastro e presentano una marcata foliazione a giacitura sub orizzontale frequentemente deformata e trasposta nelle diverse fasi plicative che interessano il basamento cristallino.

Dal punto di vista geomorfologico, il bacino idrografico è impostato su un versante che nel complesso mostra evidenze di morfologia glaciale, con un profilo caratterizzato da aree a bassa acclività intervallate a porzioni a maggior pendenza; da questo punto di vista il terrazzo morfologico su cui si sviluppa l'abitato di Binda risulta essere quello maggiormente significativo.

Per quanto riguarda infine la presenza di depositi alluvionali torrentizi si può osservare lungo l'alveo attivo del corso d'acqua la presenza di depositi caratterizzati da granulometria variabile da ghiaioso-ciottolosa (percentualmente predominante) con clasti angolosi o subangolosi e presenza, in misura minore, di sabbie fini.

In allegato si riporta un estratto della carta geologica redatta a corredo del PRGC Vigente in cui è possibile osservare l'assetto geologico precedentemente descritto.

3 ASSETTO STRATIGRAFICO LOCALE IN CORRISPONDENZA DELL'AREA D'INTERVENTO

Lungo tutto il tratto dell'alveo oggetto d'intervento si osservano, in corrispondenza dell'asse fluviale, affioramenti diffusi di substrato roccioso, lungo le sponde questo è coperto da depositi glaciali e relative coltri colluviali.

Il tratto d'alveo oggetto d'intervento appare fortemente antropizzato soprattutto nella parte inferiore in cui si alternano tratti incanalati artificialmente a tratti a cielo aperto comunque limitati lateralmente da manufatti antropici costituiti da muri di contenimento e dalla viabilità comunale; laddove le scarpate laterali risultano allo stato naturale le stesse, risultano costituite da depositi glaciali e fluvioglaciali.

Il profilo longitudinale dell'alveo tende a seguire il profilo naturale del versante con pendenze analoghe a quelle del versante in cui è inserito.

localizzati fenomeni di erosione laterale lungo le sponde soprattutto in corrispondenza dei tratti caratterizzati dalla presenza di materiale detritico sciolto.

In allegato (allegato 3) si riporta la planimetria dell'area d'intervento e l'assetto geologico descritto nei paragrafi precedenti.

4 SITUAZIONI DI DISSESTO IN ATTO E POTENZIALI CON INDIVIDUAZIONE DEGLI SCENARI DI RISCHIO

La parte terminale dell'alveo del Rio Berta risulta fortemente modificato dall'azione antropica che hanno portato ad una costrizione dell'alveo attivo in tratti canalizzati e in tombature a sezione chiusa parzialmente insufficienti a garantire un regolare deflusso delle portate di piena soprattutto tenendo conto del potenziale trasporto solido del corso d'acqua.

Nel tratto a monte dell'attraversamento della strada comunale Stresa Binda, nel tratto che costeggia la vecchia strada pedonale per Vedasco si osservano delle sezioni di dimensioni ridotte ed evidenze di erosione laterale al piede della sponda sinistra.

Nel suo complesso il dissesto naturale in alveo appare abbastanza limitato mentre è, come detto, fortemente limitata la capacità di deflusso delle portate nel tratto terminale dell'asta torrentizia in ragione degli elementi antropici presenti.

In tal senso l'ambito di maggiore pericolosità e rischio è il nucleo abitato di Stresa; i punti ritenuti maggiormente critici sono le sezioni ridotte nel tratto lungo la vecchia strada pedonale per Vedasco che terminano, in corrispondenza dell'attraversamento della strada comunale Binda-Brisino, che termina in corrispondenza di un cunicolo che scorre al di sotto di un fabbricato di civile abitazione.

Analoga situazione si osserva poche decine di metri più a valle dove il corso d'acqua viene incanalato all'interno di un cunicolo che passa al di sotto del collegio Rosmini; all'imbocco di tale cunicolo è presente una griglia di protezione del cunicolo che può determinare un potenziale sbarramento significativo al regolare deflusso delle acque e, in caso di ostruzione, può provocare fenomeni di fuoriuscite in destra lungo la limitrofa via Manzoni ancora recentemente interessata da fenomeni di ruscellamento e fuoriuscita di materiale detritico fino alla sottostante piazza S. Ambrogio in occasione degli eventi alluvionali che hanno interessato anche il Comune di Stresa nel 2014 come descritto all'interno della relazione tecnica a corredo degli interventi di somma urgenza redatta dall'ufficio tecnico Comunale.

Tale situazione di potenziale dissesto potrebbe risultare maggiormente critica in occasione di eventi a tempi di ritorno più elevati di quello verificatosi nel 2014; tale potenziale situazione di rischio, così come l'occlusione del cunicolo più a monte, era già stata evidenziata in occasione della stesura degli elaborati redatti a corredo del PRGC Vigente sia in termini di dissesto che di limitazioni all'interno della carta di sintesi della pericolosità geomorfologica con l'inserimento delle aree potenzialmente soggette a dissesto in classe IIIA e IIIB come evidenziato all'interno degli estratti della carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica riportati in allegato (allegato 4).

5 NATURA E SCOPO DEGLI INTERVENTI PREVISTI

L'intervento si sviluppa lungo l'asta torrentizia a partire dal tratto a monte di via Ronchetto (primo tratto incanalato) fino all'imbocco della tombinatura posta al di sotto del Collegio Rosmini.

Il primo intervento in progetto riguarda la formazione di un'area di sedimentazione tramite la costituzione di un'opera di protezione trasversale a monte di via Ronchetto; tale intervento ha lo scopo di contenere il trasporto solido potenzialmente proveniente da monte.

È prevista la formazione di una briglia in c.a., con spalle in blocchi da cava, tramite la riconfigurazione generale dell'area e la formazione a tergo di una vasca di deposizione materiale per la realizzazione della quale sono previsti:

- pulizia e taglio vegetazionale;
- scavo di sbancamento per la formazione del volume d'invaso previsto
- realizzazione di scogliera in destra atta a sostenere la scarpata

A valle della nuova briglia in progetto, lungo via Ronchetto sono previsti interventi di manutenzione delle sezioni esistenti con ripristino delle sezioni di deflusso mediante asportazione del materiale detritico depositato, regolarizzazione del fondo alveo e parziale innalzamento della difesa in sinistra tramite prolungamento del muretto esistente lato strada.

Nel tratto centrale dell'area d'intervento, lungo l'asta torrentizia nel tratto compreso tra via Ronchetto e l'attraversamento di via per Binda, gli interventi sono finalizzati al consolidamento ed integrazione delle opere longitudinali esistenti e ripristino delle sezioni di deflusso originarie tali interventi hanno lo scopo di evitare possibili fenomeni di erosione laterale e di fondo al fine di contenere, anche in questo caso, il potenziale trasporto solido anche in questo tratto.

L'ultimo intervento previsto sarà realizzato a valle di via per Binda, immediatamente a monte dell'imbocco della tombinatura posta al di sotto del collegio Rosmini; sarà migliorata la zona di deposito esistente mediante una pulizia generale, l'asportazione del materiale detritico presente in alveo e un modesto abbassamento della quota di fondo alveo.

Trasversalmente saranno realizzate alcune soglie a raso in massi cementati a corda molla al fine di mantenere centrale il deflusso delle acque e sarà realizzata in destra idrografica, a protezione di via Marconi, una scogliera in massi da cava intasati in calcestruzzo.

6 ANALISI IDROLOGICA

6.1 CARATTERISTICHE GENERALI

Al fine di giungere alla definizione della portata di progetto del corso d'acqua ne è stato definito il bacino idrografico sulla cartografia aerofotogrammetrica del Comune di Stresa in scala 1:2.000.

Il rio Berta è un corso d'acqua che si sviluppa nella porzione Sud del territorio comunale di Stresa con un andamento del ramo principale circa SW-NE; presenta un bacino idrografico di piccole dimensioni, inferiori al km² e si sviluppa a partire dalla quota di circa 560 metri s.l.m per sfociare nel lago Maggiore.

Le parti montane del bacino del corso d'acqua è caratterizzato dalla presenza di terreni a copertura prevalentemente boscata mentre verso valle alcune canalizzazioni ne delimitano l'alveo all'interno delle aree urbanizzate.

Di seguito si riporta una vista aerea dell'areale con l'individuazione del bacino idrografico individuato.

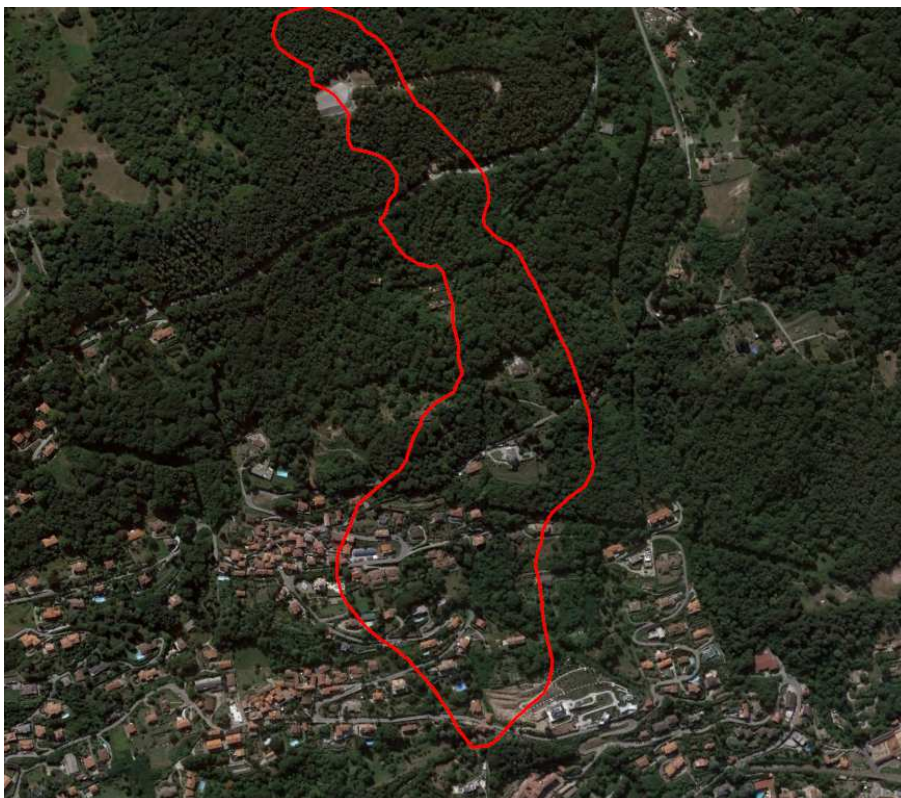


Foto aerea del versante orientale del Mottarone con individuazione del bacino drografico del Rio Berta alla sezione di chiusura posta in corrispondenza dell'attraversamento di via per Binda

Di seguito si riporta l'analisi morfometrica e la valutazione delle portate di piena alla sezione considerata.

6.2 CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE

Di seguito si riportano, sottoforma di tabella, i principali parametri morfometrici del bacino indicato desunti dalla cartografia allegata (allegato 5).

	S_b (km ²)	h_{max} (m s.l.m.)	h_{sez} (m s.l.m.)	h_{med} (m s.l.m.)	L_{ap} (km)
Rio Berta alla sezione di chiusura	0,22	568	290	401	1,08

Dove:

S_b : superficie bacino (km²)

L_{ap} : lunghezza asta principale (km)

h_{max} : altezza massima bacino (m s.l.m.)

h_{sez} : altezza sezione di misura (m s.l.m.)

h_{media} : altezza media bacino (m s.l.m.)

6.3 PRECIPITAZIONI CRITICHE

Dall'esame degli afflussi verificatisi nell'evento alluvionale dell'8 luglio 1996, illustrato nella "Analisi delle precipitazioni dell'evento alluvionale dell'8 luglio 1996" a cura del dott. geol. I. Isoli e dott.sa geol. A. Sassi (a cui si rimanda), che ha interessato l'areale cui è compreso anche il territorio comunale di Stresa, sono state ricavate le relazioni rappresentative delle curve di possibilità climatica relative all'areale interessato dall'evento, per afflussi di durata compresa tra 10' e 60'.

In tale studio sono stati anche ricavati i parametri "a" ed "n" validi per lo stesso areale per diversi tempi di ritorno e riportati nella seguente tabella:

parametri "a" e "n" relativi a vari tempi di ritorno per durate comprese tra 10' e 60'									
10		50		100		200		500	
a	n	a	n	a	n	a	n	a	n
62.1	0.68	79.8	0.63	89.0	0.64	96.8	0.64	107.0	0.63

Si ritiene più opportuno utilizzare tale analisi rispetto al metodo della regionalizzazione proposto dall'autorità di bacino del fiume Po in quanto in tale studio la valutazione degli afflussi meteorici critici è stata condotta come analisi probabilistica su più stazioni e pertanto, poiché sono stati utilizzati i valori di precipitazione brevi e intense di più stazioni a differenza del metodo della regionalizzazione proposto dall'autorità di bacino che utilizza invece durate delle precipitazioni orarie; le curve di possibilità climatica ottenute devono essere considerate come cautelative per il metodo con cui sono state ricavate.

Pertanto i valori delle precipitazioni critiche (H) sono stati calcolati mediante la seguente legge di potenzialità climatica:

$$H = a \cdot (T_c)^n$$

Dove T_c corrisponde al tempo di corrivazione riferito alla sezione di chiusura considerata e "a" e "n" sono i valori indicati nella tabella precedente.

A partire dai dati di precipitazione così ottenuti è stato possibile effettuare una stima delle portate di piena del Rio Berta alle sezioni considerate applicando il modello afflussi-deflussi denominato metodo razionale (o cinematico o della corrivazione).

Sono stati utilizzati coefficienti di ragguaglio o riduzione della precipitazione ARF (Areal Reduction Factor) e coefficienti di afflusso in funzione dello sviluppo urbanistico e della presenza di vegetazione calcolati come indicato nei paragrafi seguenti.

6.4 TEMPO DI CORRIVAZIONE

Non disponendo di idrogrammi e ietogrammi per la stima diretta del tempo di corrivazione si utilizzano metodi alternativi basati sulle velocità delle particelle di acqua.

Il metodo utilizzato è quello di Visentini e Giandotti.

$$t_c = \frac{4 \sqrt{S} + 1,5 L}{0,8 \sqrt{H_{med} - H_{min}}} \text{ (h)}$$

Dove:

S = superficie del bacino (Km²)

L = lunghezza dell'asta principale (Km)

H_m e H_{min} = altezza media e altezza della sezione (m s.l.m.)

t_c = tempo di corrivazione (h)

Il valore del tempo di corrivazione alla sezione per il Rio Berta è di **0,42 h**

6.5 COEFFICIENTE DI RAGGUAGLIO

Il coefficiente di ragguaglio è stato calcolato con il metodo proposto dal NERC (Natural Environment Research Council) di Wallingford (UK); in generale il coefficiente di ragguaglio diminuisce all'aumentare dell'area e aumenta all'aumentare della durata della pioggia mentre risulta essere indipendente dal tempo di ritorno; la formula proposta per il calcolo del coefficiente di ragguaglio è la seguente:

$$C_r = 1 - f_1 \times t^{-f_2}$$

dove:

$$f_1 = 0,0394 \times A^{0.354}$$

$$f_2 = 0,4 - 0,0208 \times (4,6 - \ln A)^2 \text{ (per bacini inferiori ai 20 Km}^2\text{)}$$

A = area del bacino (Km²)

t = tempo di corrivazione (h)

Per il bacino del Berta in sezione di derivazione il valore di **C_r = 0,971**.

6.6 COEFFICIENTE DI DEFLUSSO DI PIENA

In questo paragrafo viene valutato il coefficiente di deflusso relativo ad eventi di piena, si intende il rapporto tra l'afflusso (la precipitazione critica che determina l'evento) e il deflusso conseguente e generalmente assume valori inferiori a 1.

Si utilizzano solitamente valori presi in letteratura che difficilmente rappresentano appieno la veridicità del territorio analizzato.

Il coefficiente di deflusso può essere in realtà considerato come il prodotto di numerosi coefficienti, tra cui i principali sono i seguenti:

$$\phi = \phi_c \phi_p \phi_i$$

dove:

ϕ_c : coefficiente dipendente dalla copertura vegetale

ϕ_p : coefficiente dipendente dalla permeabilità dei terreni

ϕ_i : coefficiente dipendente dalla pendenza del terreno

Moltissimi autori hanno redatto tabelle in cui sono riportati i valori calcolati per il coefficiente di deflusso; tenuto conto della prevalenza di copertura boscata, della scarsa urbanizzazione dei bacini a monte delle aree di progetto e della pendenza ridotta dei versanti che costituiscono i bacini in esame è possibile assegnare un coefficiente di deflusso medio di **0.65**, che si ritiene sia sufficientemente cautelativo per il bacino in oggetto.

6.7 STIMA DELLE PORTATE AL COLMO

La stima delle portate al colmo è stata fatta attraverso l'applicazione del metodo razionale che consente di valutare la massima portata al colmo di un corso d'acqua in relazione ad un evento critico attraverso la seguente relazione:

$$Q_{\max} = 0,277 \phi C_r P_c S/t_c \text{ (m}^3/\text{s)}$$

Dove:

S: superficie del bacino (Km²)

ϕ : coefficiente di deflusso

C_r : coefficiente di ragguaglio

P_c : pioggia critica (mm)

t_c : tempo di corrivazione (h)

Riportate in tabella le stime delle portate al colmo e relative piogge critiche per i vari tempi di ritorno:

	tc	Tempi di ritorno (anni)									
		10		50		100		200		500	
		P _c	Q _{max}	P _c	Q _{max}	P _c	Q _{max}	P _c	Q _{max}	P _c	Q _{max}
Rio Berta	0,42	34.1	3.2	45.9	4.2	50.7	4.7	55.1	5.1	61.5	5.7

Dove:

t_c = tempo di corrivazione (h)

P_c = pioggia critica di durata uguale a t_c (mm)

Q_{max} = portata massima al colmo (m^3/s)

6.8 ANALISI DEL TRASPORTO SOLIDO DEL CORSO D'ACQUA IN ESAME

Per il torrente montano oggetto d'intervento, il grado di pericolosità è determinato dal meccanismo di trasporto solido che caratterizza il corso d'acqua stesso; tale valutazione è utile per definire un credibile scenario di dissesto di massima pericolosità.

Per la determinazione del tipo di meccanismo è stata adottato un criterio di carattere descrittivo basato sul riconoscimento delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche del bacino, in particolar modo sul riconoscimento delle caratteristiche sedimentologiche dei depositi presenti in alveo montano; la finalità di tale analisi è quella di permettere una valutazione della quantità e delle caratteristiche dei sedimenti disponibili in alveo e sulle fasce spondali.

Le considerazioni sulle caratteristiche dei depositi sono state fatte sui pochi sedimenti osservati in alveo nei tratti oggetto d'intervento; in entrambi i casi i depositi osservati sono passanti da ghiaie ciottolose con matrice sabbiosa caratterizzate da selezione nulla, con clasti poligenici da angolosi a subarrotondati con blocchi di dimensioni massime pluridecimetriche.

Si ritiene che il corso d'acqua sia potenzialmente soggetto a piene torrentizie con trasporto solido soggetto alla formazione di *debris flood*.

Per la valutazione della percentuale della frazione solida in occasione della formazione di un *debris flood*, sono state condotte stime attraverso l'applicazione della seguente relazione dovuta a Smart e Jaegge, che considera la portata solida in rapporto di proporzionalità con i parametri idrodinamici.

$$q_s = 4/\Delta (d_{90}/d_{30})^{0.2} q_l i^{1.6} (1-\Theta_{cr}/\Theta)$$

dove:

q_s = portata solida

$\Delta = \rho_s - \rho / \rho$

q_l = portata liquida calcolata

i = pendenza media dell'alveo

Θ_{cr} = parametro di Shields allo stato critico

Nel caso del Rio Berta la stessa è risultata calcolata in circa il 25% del valore della portata liquida.

6.9 DETERMINAZIONE DELLA MAGNITUDO PER EVENTI ECCEZIONALI

Nell'analisi della pericolosità riveste particolare importanza la determinazione delle magnitudo massime prevedibili in caso di eventi di piena eccezionale; essa è esprimibile come il massimo volume di materiale detritico trasportabile durante l'evento.

Esistono essenzialmente due metodi per una valutazione di tale parametro:

- metodi empirici di inviluppo: sono in grado di fornire una stima dei massimi volumi detritici per piccoli bacini basandosi su alcuni parametri del bacino e/o della conoide; questi criteri si esprimono attraverso semplici formule ricavate su campioni di dati relativi a particolari regioni geografiche aventi caratteristiche meteoclimatiche e geologiche omogenee. Di conseguenza i risultati andranno utilizzati molto cautelativamente nel momento in cui venissero utilizzati in altre zone con peculiarità differenti;
- metodi semi-empirici correlativi: utilizzabili per la previsione delle magnitudo (esprese come volumi) e basati su procedure di tipo statistico (per esempio analisi statistiche multivariate) che determinano la forma analitica delle espressioni e in alcuni casi, stabiliscono quali fra le variabili relative alle caratteristiche del bacino sono significative ai fini del calcolo dei volumi delle colate.

Nella presente relazione verranno presi in considerazioni solamente i secondi, giudicati più affidabili; in particolare è stato utilizzato il metodo di Crosta et al. (2000), ricavato dall'analisi un elevato numero di conoidi in ambiente alpino per bacini di medie e piccole dimensioni interessate da eventi di *debris flow* o di *debris flood*.

La relazione proposta per il calcolo della magnitudo è la seguente:

$$M = 1000 K A M_b^{0.8} S (1/IF^2)$$

dove:

A= superficie del bacino all'apice di conoide (km²)

S= pendenza del collettore in conoide (%)

M_b= indice di Melton

K= valore derivante dalla tipologia di trasporto (per *debris flood*= 3)

I.F.= indice di frana

Dall'applicazione di tale metodo la magnitudo ottenuta per il Rio Berta è di poco inferiore ai 600 m³.

Appare doveroso specificare non è stato possibile identificare la presenza di veri e propri apparati conoidali anche a causa dell'intensa urbanizzazione, interpretando quindi la parte terminale del corso di tale rio come una zona di espansione torrentizia probabilmente impostata su una morfologia precedente caratterizzata da scarsa pendenza.

6.10 PORTATE DI PROGETTO

La portata di progetto per il dimensionamento delle opere e per la verifica delle sezioni di deflusso esistenti può essere individuata, vista la natura degli interventi previsti a monte, finalizzati al contenimento del trasporto solido, utilizzando la sola portata liquida è corrisponde a $5.1 \text{ m}^3/\text{s}$ per il Rio Berta.

La magnitudo stimata al paragrafo precedente potrà invece essere utilizzata per il dimensionamento delle vasche di accumulo previste in progetto.

7 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI E GEOMECCANICA DEL SUBSTRATO ROCCIOSO

La realizzazione delle nuove opere previste, così come da progetto, visto l'assetto litostratigrafico del sito di intervento, interesseranno i depositi glaciali precedentemente descritti nonché il sottostante substrato roccioso.

Per quanto riguarda i terreni osservati è possibile ottenere una loro caratterizzazione geotecnica sulla base dei seguenti parametri:

- ✓ Granulometria
- ✓ Peso di volume (γ)
- ✓ Angolo di attrito interno (ϕ)
- ✓ Coesione totale (C)

I parametri sopra indicati sono stati valutati in occasione dei sopralluoghi effettuati e dall'osservazione dei depositi presenti all'interno delle aree di progetto e sono riassunti nella seguente tabella:

<i>Litologia</i>	<i>ϕ</i> (°)	<i>Cu</i> (kg/cm ²)	<i>n</i> (%)	<i>γ</i> (t/m ³)	<i>γ_d</i> (t/m ³)	<i>γ_s</i> (t/m ³)	<i>γ_i</i> (t/m ³)
Sabbie e sabbie ghiaiose debolmente limose	32-37	0.0-0.1	30-35	2.65	1.7-1.9	2.0-2.15	1.0-1.15

In sostanza, quindi, si ritiene che, ad esclusione delle coltri eluvio-colluviali e la porzione di terreno più superficiale poco addensata le caratteristiche geotecniche dei terreni naturali osservati sono da considerarsi discrete e non determinano nel complesso particolari condizioni penalizzanti la realizzazione delle opere previste.

La porzione d'alterazione superficiale comprendente anche depositi detritico-eluviali (così come eventuali materiali rimaneggiati e/o riportati, se non messi in posto mediante adeguata rullatura e compattazione), avendo caratteristiche geotecniche mediamente scadenti, andranno esclusi come possibili terreni di posa delle fondazioni delle nuove opere in progetto.

Per quanto riguarda invece il substrato roccioso le caratteristiche geotecniche dipendono dalla composizione e dal fabric mineralogico, dagli elementi strutturali e microstrutturali, dallo stato di alterazione ma, soprattutto, dalla presenza e dalle caratteristiche delle superfici di discontinuità (piani di scistosità, contatti fra differenti litologie, fratture, ecc.).

Nello specifico, un materiale roccia come quello osservato in corrispondenza degli affioramenti presenti nell'intorno dell'area di intervento, qui costituito, come detto, da paragneiss e micasisti mostra, in generale, buone caratteristiche meccaniche, eccezion fatta per eventuali porzioni più superficiali a maggior grado di alterazione e di fratturazione; nel complesso al medesimo substrato è possibile attribuire caratteristiche geomeccaniche perlomeno discrete, sia in termini di stabilità dei fronti di scavo sia come piano di posa di opere di fondazione, a patto di eliminare il primo livello alterato di contatto con le coltri superficiali sovrastanti, laddove presente, ed in assenza di fratture beanti o di intensi sistemi di fratturazione.

Al proposito, come riportato nella letteratura specifica, per una roccia metamorfica il valore minimo dell'angolo di attrito di una roccia è almeno di 40° e la coesione varia all'incirca tra i 3.5 e i 350 MPa (es. Joseph E. Bowles: *"Fondazioni. progetto e analisi"*, McGraw-Hill Libri Italia srl, 1991); nel caso specifico, si può assumere, in mancanza di dati desunti da specifiche prove tecniche, la seguente caratterizzazione geomeccanica rappresentativa:

	$\varphi(^{\circ})$	$c \text{ (MPa)}$	$\gamma_s \text{ (t/m}^3\text{)}$
Ammasso roccioso	40÷45	3.5÷10	2.65÷2.70

In sostanza, quindi, si ritiene che, ad esclusione delle coltri eluvio-colluviali e la porzione di terreno più superficiale poco addensata le caratteristiche geotecniche dei terreni naturali osservati, nonché del sottostante substrato roccioso, sono da considerarsi discrete e non determinano nel complesso particolari condizioni penalizzanti la realizzazione delle opere previste.

8 DEFINIZIONE DEI PARAMETRI CARATTERISTICI

La valutazione dei parametri caratteristici dei terreni di fondazione è stata condotta secondo le "Istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori pubblici (CSLP) sulle Norme Tecniche per le Costruzioni".

Secondo tali istruzioni i valori caratteristici possono essere assunti prossimi ai valori medi quando è coinvolto un elevato volume di terreno e prossimi ai valori minimi nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno.

Quando la struttura a contatto con il terreno non è in grado di trasferire le forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità la scelta dei valori caratteristici deve essere orientata ai valori minimi.

Nel caso in esame le strutture in progetto saranno presumibilmente tra loro collegate in modo da formare una struttura in grado di trasferire le azioni alle zone maggiormente resistenti ed è quindi possibile utilizzare come parametri caratteristici i valori medi.

I valori caratteristici così valutati sono riportati nella tabella seguente:

Terreni	ϕ'	c_u	n	γ	γ_a	γ_s	γ_i
Depositi glaciali	33	0.0	30	2.65	1.85	2.05	1.05

Dove:

ϕ' : angolo di resistenza al taglio efficace ($^\circ$)

c_u : coesione non drenata (kg/cm^2)

n : porosità (%)

γ : massa volumica (t/m^3)

γ_a : peso di volume del terreno asciutto (t/m^3)

γ_s : peso di volume del terreno saturo (t/m^3)

γ_i : peso di volume del terreno immerso (t/m^3)

9 CONCLUSIONI

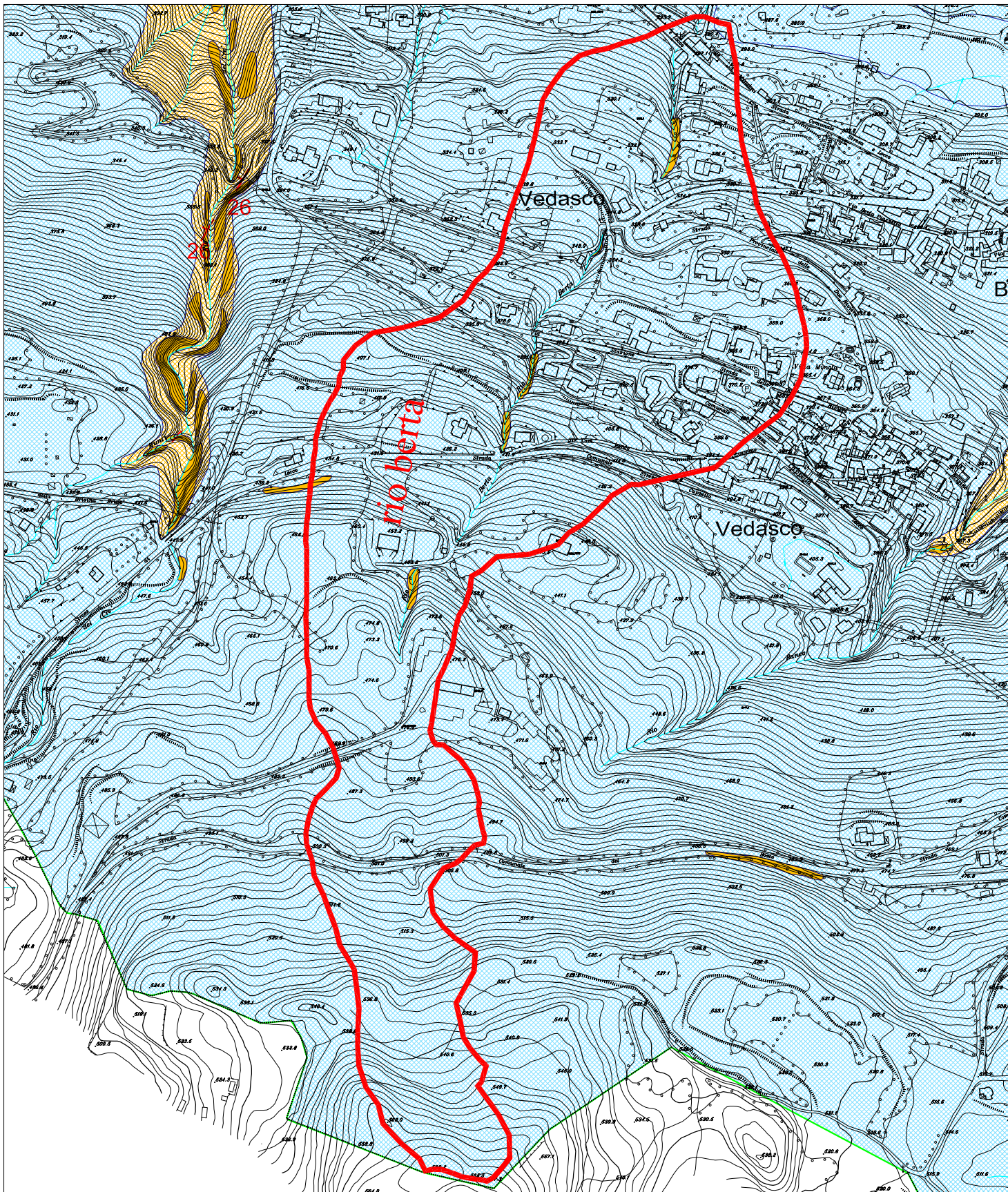
Il progetto è finalizzato alla realizzazione di opere di regimazione che consentano la riduzione del trasporto solido lungo il tratto di asta torrentizia, tali opere hanno come scopo la diminuzione del rischio in corrispondenza delle parti edificate poste a valle di via Binda lungo via Marconi.

La realizzazione di opere di trattenuta del trasporto solido potenzialmente proveniente da monte prima dei tratti tombinati consente di ridurre in rischio di ostruzione dei tratti incanalati.

Analogamente la protezione da potenziali fenomeni erosivi lungo il tratto oggetto d'intervento e la formazione di una vasca di trattenuta prima del tratto intubato al di sotto del Collegio Rosmini riduce la potenziale ostruzione dell'imbocco migliorando le condizioni di sicurezza lungo via Marconi e aree limitrofe.

Partendo dal presupposto che l'intervento possa contribuire in modo significativo alla riduzione del trasporto solido le verifiche idrauliche dei tratti incanalati sono state eseguite all'interno della relazione idraulica per le sole portate liquide a tempi di ritorno 200 anni.

Tali interventi dovranno essere mantenuti nel tempo garantendone l'efficienza idraulica e prevedendone il periodico svuotamento al fine di garantire sempre il volume d'invaso delle opere di trattenuta in progetto.



Depositi superficiali



Depositi di origine glaciale
e/o fluvioglaciale

Substrato roccioso



a)

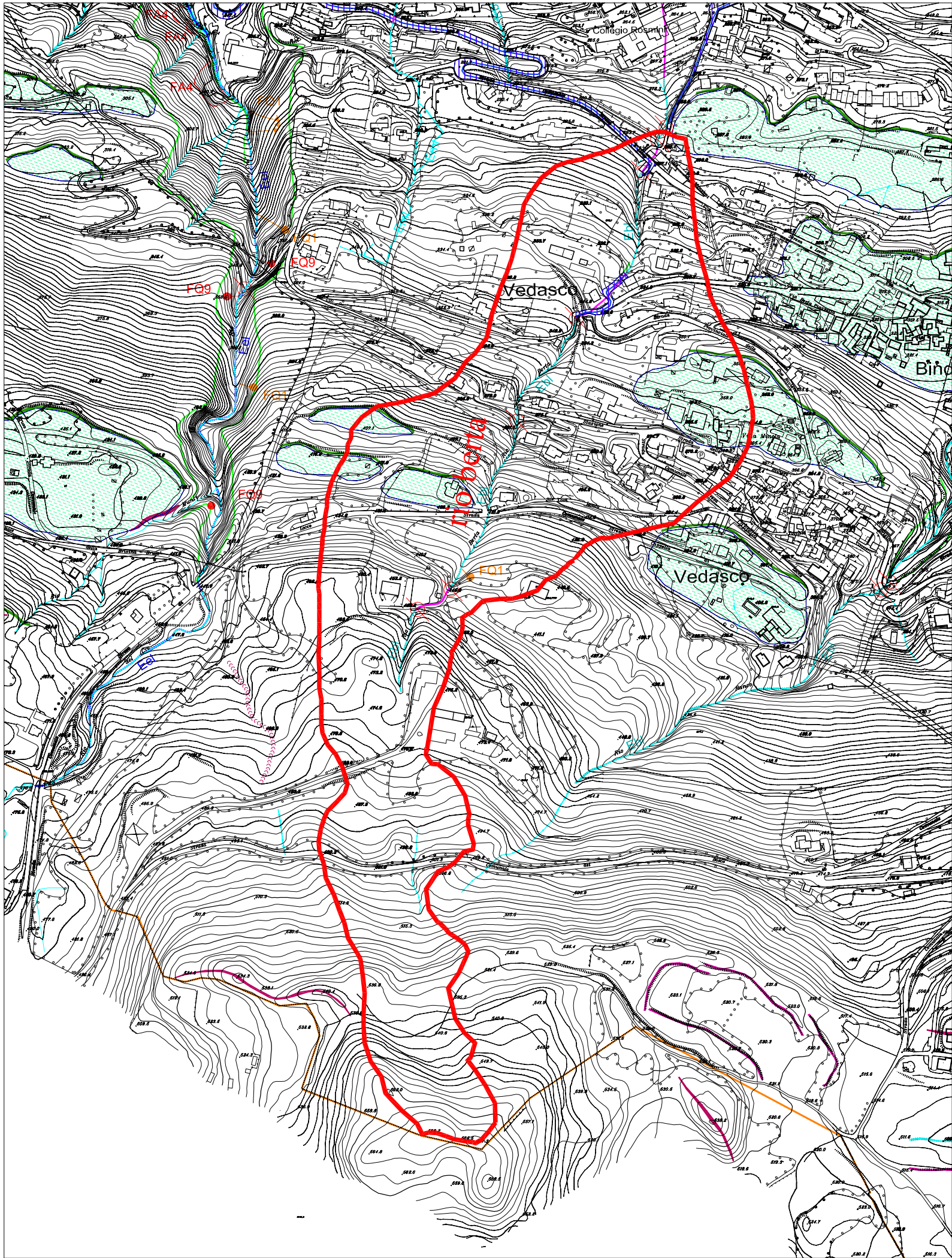
b)


Scisti dei laghi a) Affioranti
b) Subaffioranti




Bacino idrografico


All 1
Inquadramento geologico
Scala 1:5.000



 Tipi di processi areali con intensità elevata (EbA)


 Tipi di processi lineari con intensità elevata (EbL)


 Tratto d'alveo incanalato artificialmente

 Sezione di deflusso insufficiente

 Principali strade-alveo

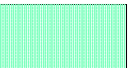



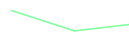
 Crolli in roccia non cartografabili e/o perimetrabili (F1)

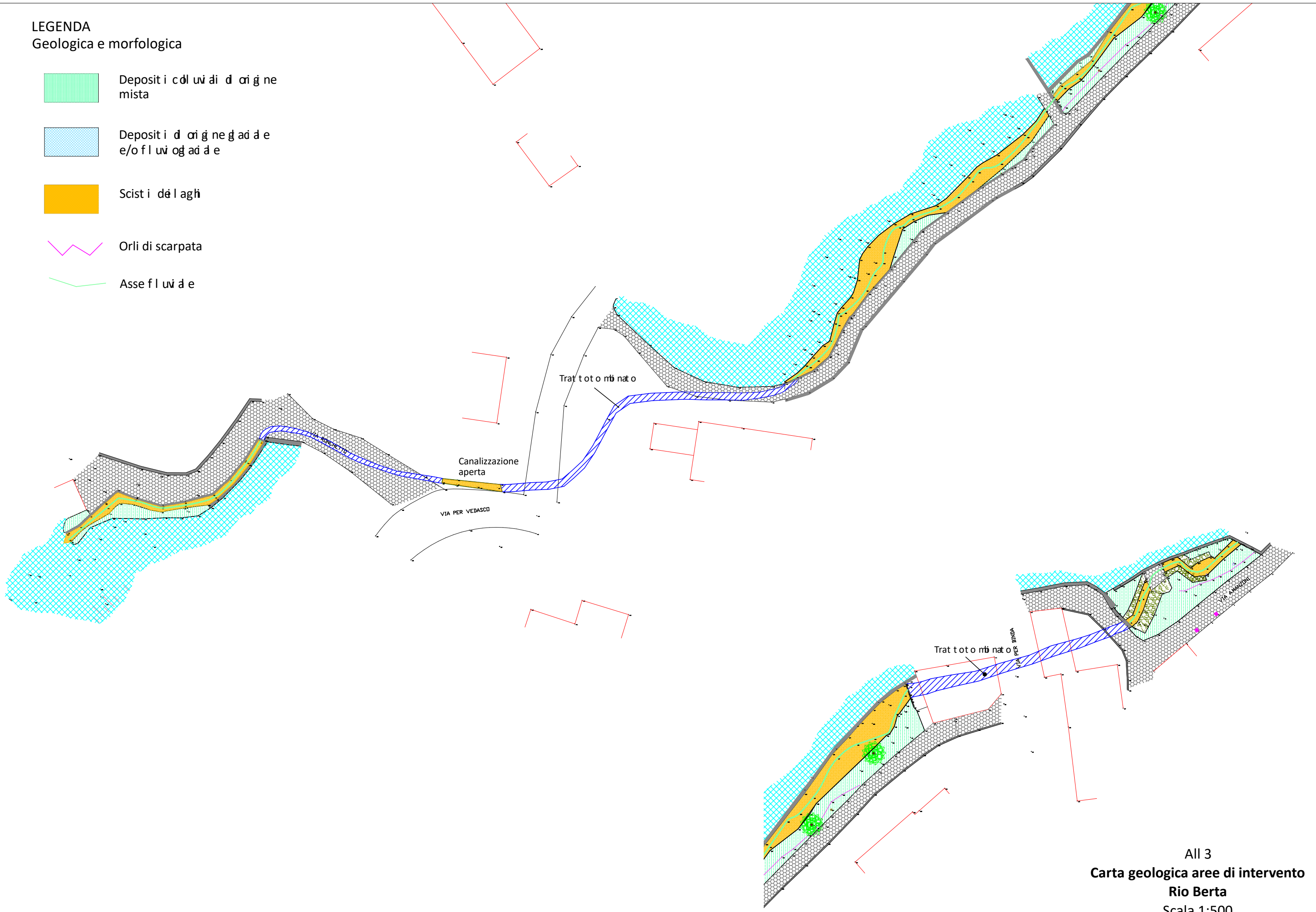
 Zona di scorrimento

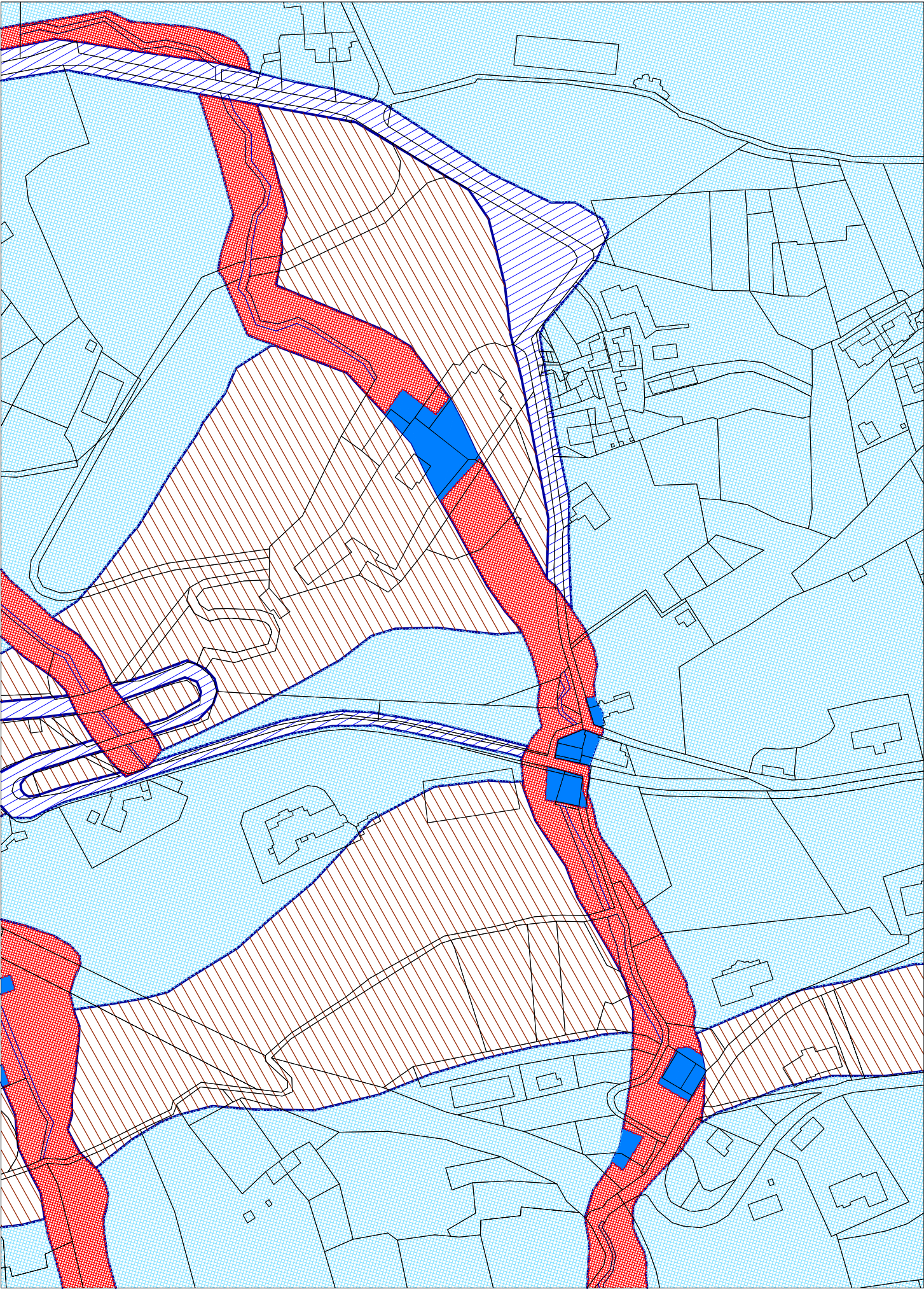
 Bacino idrografico

All 2
Inquadramento geomorfologico
Scala 1:5.000

LEGENDA
Geologica e morfologica

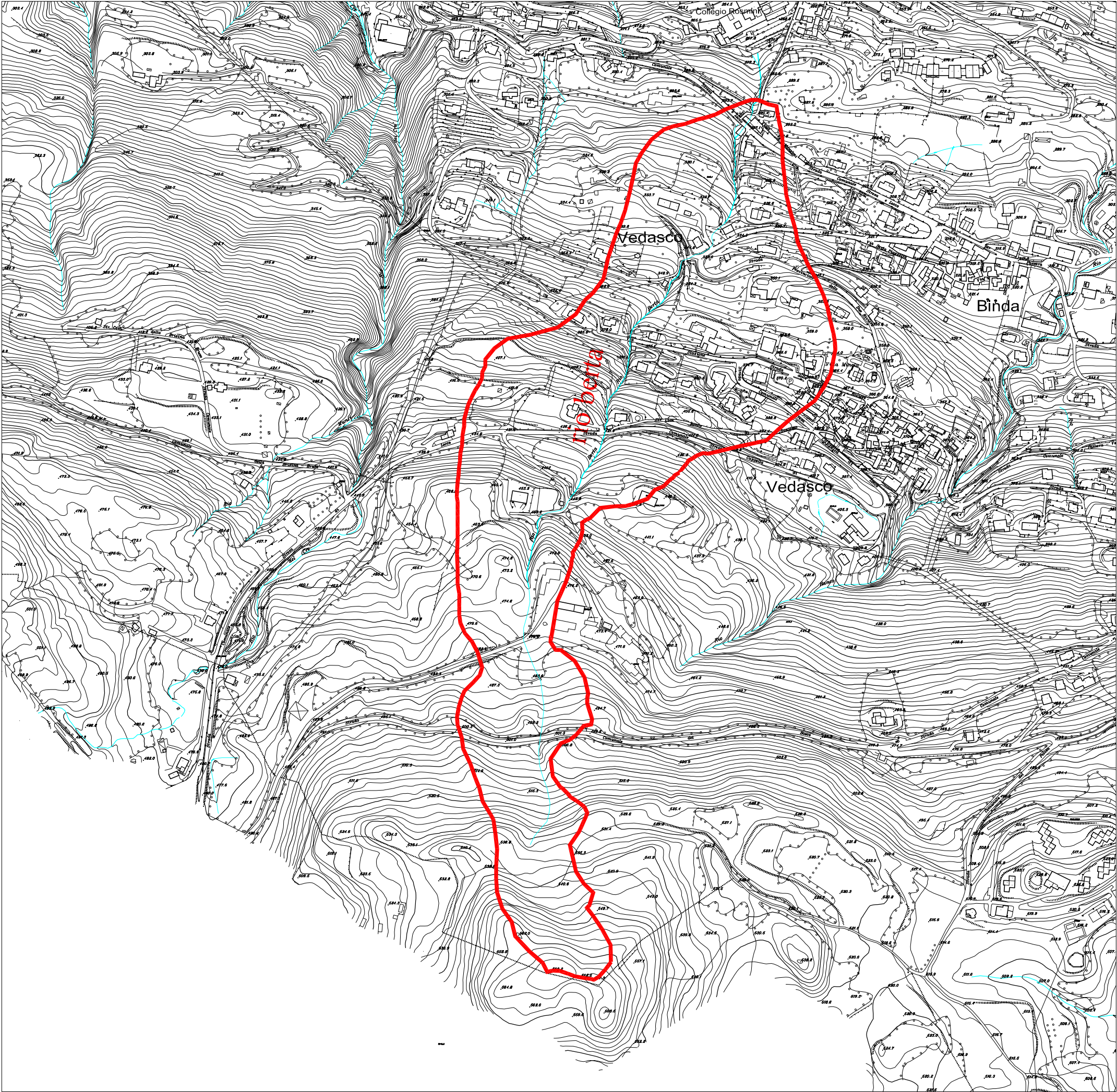
-  Deposit i còl uì di d'òrig ne mista
-  Deposit i d'òrig ne g'ad d'e e/o f'l uì og'ad d'e
-  Scist i d'elagh
-  Orli di scarpata
-  Asse f'l uì d'e






2a	Versanti caratterizzati da acclività media o medio-bassa con modesta propensione al dissesto e presenza locale di terreni limosi con mediocri caratteristiche geotecniche, e talora di substrato roccioso affiorante o subaffiorante stabile in massa ma con locali disarticolazioni superficiali.	Pericolosità moderata.	Aree sia inedificate sia edificate con locali modeste problematiche geologiche. Rischio moderato.
2b	Versanti ad acclività media o localmente medio-elevata, caratterizzati per lo più da substrato roccioso affiorante o subaffiorante e in misura minore da terreni di origine glaciale in genere di non rilevante spessore.	Pericolosità moderata.	Aree sia edificate sia inedificate, con moderate problematiche geotecniche in relazione all'acclività. Rischio moderato.
3A	Alvei attivi di corsi d'acqua. Fasce spondali di corsi d'acqua soggette a dinamica idraulica di media o alta energia o comunque necessari per la laminazione delle piene. Porzioni di conoidi torrentizie soggette a dinamica di elevata energia. Versanti boscati in cui per l'elevata acclività e per la natura dei terreni, il bosco assolve fondamentale funzione di difesa del suolo e protezione dal dissesto idrogeologico.	Pericolosità da media a molto elevata.	Aree inedificate, interessate da dinamica idraulica e/o gravitativa. Rischio nullo in quanto inedificate.
3B3a	Fasce spondali di corsi d'acqua e conoidi in zona apicale soggette ad alluvionabilità con dinamica idraulica ad energia medio-elevata.	Pericolosità da media a elevata.	Aree parzialmente o completamente edificate, facilmente vulnerabili da dinamica idraulica di medio-alta energia. Rischio elevato.
3B2a	Fasce spondali di corsi d'acqua e conoidi in zona medio-distale, soggette a dinamica idraulica di media energia.	Pericolosità media.	Aree parzialmente o completamente edificate con opere di difesa non completamente adeguate, soggette a possibili allagamenti a media energia. Rischio medio.

All 4
Carta di sintesi della pericolosità e dell'idoneità
all'utilizzazione urbanistica su base catastale
Scala 1:5.000



PRINCIPALI PARAMETRI MORFOMETRICI E IDROLOGICI DEL BACINO IDROGRAFICO DEL RIO BERTA SOTTESO ALLE SEZIONE DI CHIUSURA	
Superficie totale (kmq)	0.22
Quota massima (m s.l.m.)	568
Quota media (m s.l.m.)	401
Quota della sezione di chiusura (m s.l.m.)	290
Lunghezza collettore principale (km)	1.08
Tempo di corrivazione (ore)	0.42

Portata di massima piena (mc/s)				
10	50	100	200	500
3.2	4.2	4.7	5.1	5.7

 Bacino idrografico