

TITOLO

**STUDIO IDROGEOLOGICO ED IDRAULICO A SCALA DI
SOTTOBACINI IDROGRAFICI DEL COMPENSORIO DELLA
C.M.L.O.V.S.M., FINALIZZATO ALLA DEFINIZIONE DEGLI
INTERVENTI PRIORITARI DI SISTEMAZIONE E DIFESA IDRAULICA**

ELABORATO

LC011_E1. RELAZIONE DI INQUADRAMENTO

SCALA

/

NOME TORRENTE

TORRENTE GREGHENTINO

COMMITTENTE

COMUNITA' MONTANA LARIO ORIENTALE - VALLE SAN MARTINO

Via Vasena, 4 23856 Sala al Barro - Galbiate (LC)
cm.larioorientale_vallesmartino@pec.regione.lombardia.it

PROGETTISTI



PRO.TEA INGEGNERIA associati
Via Martiri 33, 23824 Dervio (LC) - Tel_fax 0341.851176
email: info@proteaingegneria.it <http://www.proteaingegneria.it>
P. IVA: 03388100137

Dott. Ing. Claudia Anselmini
Dott. Geol. Cristian Adamoli



Studio Tecnico Agostoni

23818 PASTURO - LC - Via Cariole, 7
23900 LECCO - Via G. B. Grassi, 17a
Tel. 0341 955142 - e. mail: studio.agostoni@gmail.com

Dott. Ing. Gabriele Agostoni
P.IVA n. 02261560136

Dott. Geol. Beatrice Leali
via Rivolta n. 42 - 23017 Morbegno (SO)
P.IVA: 00954070140
email: beatrice.leali@gmail.com

Documento firmato digitalmente ai sensi del D.lgs 82/2005 e norme collegate

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
1	Dicembre 2016	Prima emissione	G.P. - S.C.	Cl. A. - Cr. A.	Cl. A. - Cr. A.
2					
3					

1.0	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	2
2.0	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....	3
2.1	Caratterizzazione geologica.....	3
2.2	Analisi della dinamica geomorfologica.....	4
2.3	Elementi della dinamica idrogeologica interferenti con il R.I.M.	6
2.4	Elementi di rischio interferenti con il R.I.M.....	10
3.0	INQUADRAMENTO IDROLOGICO-IDRAULICO DEL BACINO	11



1.0 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il torrente Greghentino nasce nel territorio comunale di Valgreghentino, sulle pendici orientali del crinale che si estende dal M. Crocione a S. Genesio, raccogliendo le acque provenienti da Acquarata, dalla Valle della Piza e dalla Val de Vai. Dopo aver attraversato il centro abitato di Valgreghentino, entra in territorio comunale di Olginate, dove infine sbocca nel fiume Adda in corrispondenza dei ponti della linea ferroviaria Milano-Lecco.

Il corso d'acqua si sviluppa in direzione Sud-Ovest Nord-Est (nasce presso San Genesio -mt. 840) ed ha una lunghezza complessiva pari a circa 5 km. Il tratto di torrente classificato come reticolo idrico principale, oggetto del nostro studio, va da monte dell'attraversamento di Via Monsignor Gilardi, località Ospedaletto (circa 300m s.l.m.) fino alla sbocco nel fiume Adda.

Di seguito un inquadramento dell'area.

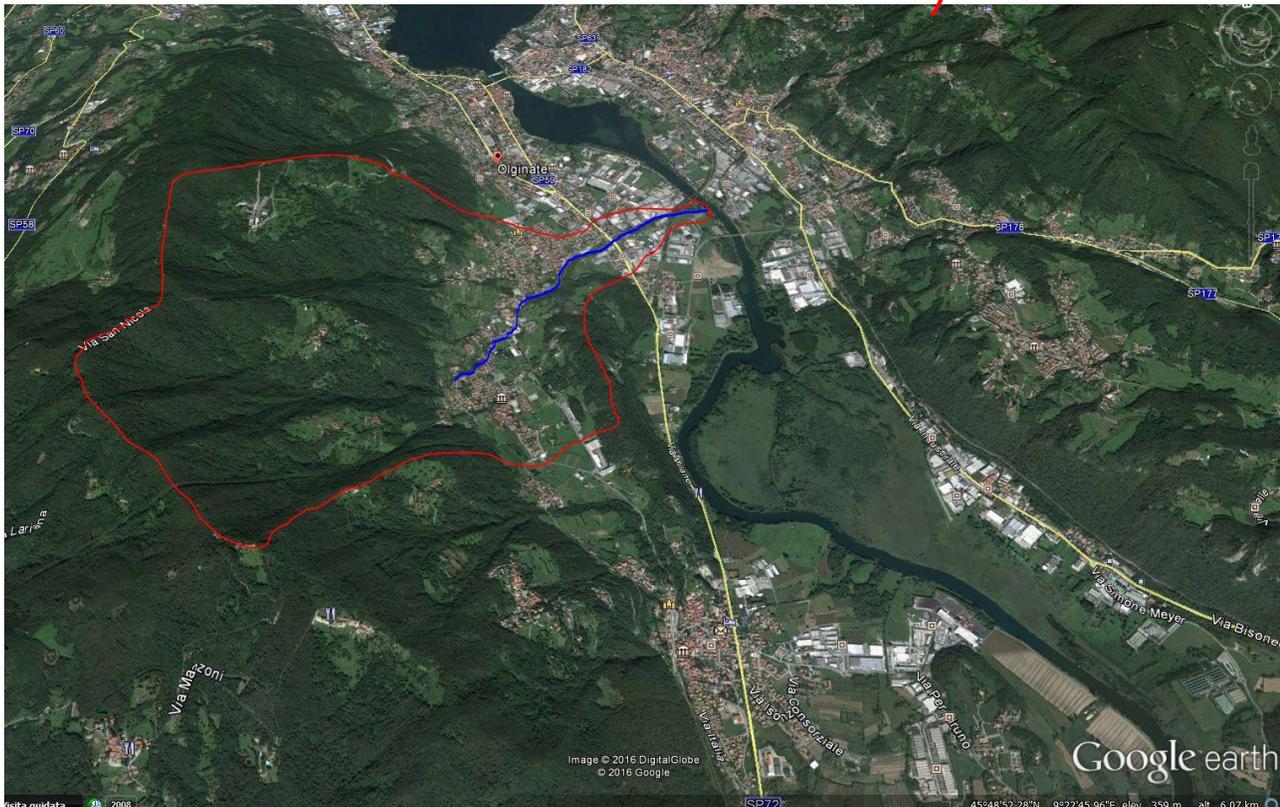
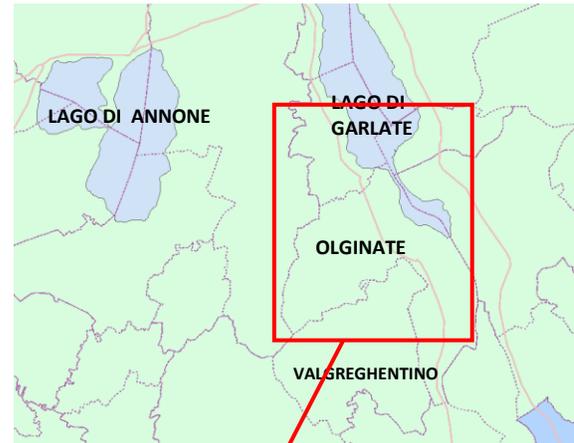


Figura 1 Estratto Google Earth indicante Torrente Greghentino (tratto in esame) e bacino idrografico sotteso

2.0 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

2.1 Caratterizzazione geologica

Il bacino idrografico del Torrente Greghentino è suddivisibile in due distinti settori, corrispondenti relativamente al versante di monte, areale di affioramento del substrato roccioso e delle coperture di origine glaciale corrispondente alla porzione di bacino ricadente nel territorio comunale di Valgreghentino fino al restringimento del bacino in corrispondenza della località Ganza, ed il settore di valle rappresentato dalla conoide alluvionale che, da quest'ultima località, si sviluppa fino alla foce. Quest'ultimo settore è caratterizzato dall'accumulo di potenti sequenze di sedimenti alluvionali impostate lungo la dorsale rocciosa che si sviluppa verso sud al partire dall'abitato di Villa San Carlo (fraz. di Valgreghentino); in prossimità del fiume Adda i depositi di conoide alluvionale sono interdigitati delle sequenze fluvio-lacustri.

Il settore di monte del bacino è caratterizzato da una morfologia montuosa costituita dai versanti acclivi del Monte Crocione e del Monte Regina. Localmente i versanti sono interrotti dalla presenza di terrazzi di origine naturale (fluvioglaciali e di contatto glaciale) e/o antropica, debolmente inclinati e delimitati da orli/ e/o scarpate morfologiche al raccordo con i versanti. I versanti, localmente interrotti da incisioni costituenti un reticolo idrografico a carattere torrentizio, presentano generalmente pendenze elevate (>40%), in alcuni tratti sono presenti pareti verticali con substrato affiorante. Inoltre sono caratterizzati da diverse serie di terrazzi di altezza metrica o da superficiali planari degradanti lungo piani inclinati.

Il settore di valle è invece caratterizzato dalla presenza della conoide alluvionale del Torrente Greghentino in corrispondenza delle quali si sviluppa il nucleo abitato di Villa San Carlo, e l'area industriale di Olginate ai cui lati si estendono aree pianeggianti e sub pianeggianti.

Ciascuno di questi settori presenta caratteristiche e problematiche geologiche specifiche e conseguente differenti fattori di potenziale dissesto e relative tipologie di rischio idrogeologico.

Dal punto di vista geologico nel bacino idrografico affiorano sia formazioni detritiche di origine continentale connesse alle fasi glaciali che hanno caratterizzato la regione nel corso del periodo Quaternario recente che il substrato roccioso di origine marina del periodo Cretacico. L'area è caratterizzata al meglio dalle coltri moreniche, a spessore fortemente variabile, che ammantellano il substrato roccioso a testimonianza dell'azione deposizionale dei ghiacciai würmiani che ricoprivano queste zone durante l'ultima glaciazione. Localmente i depositi glaciali passano lateralmente a depositi prettamente detritico-regolitici, con locali fasce di depositi a caratteristiche intermedie. Per quanto riguarda il substrato roccioso risulta rappresentato da rocce deboli di natura flyschoida (Flysch di Pontida) fino a quota 650 m s.l.m., per poi passare verso la dorsale alle "Arenarie di Sarnico".

Nel bacino si rinvencono affioramenti rocciosi in corrispondenza delle incisioni torrentizie nelle quali si rileva una forte incisione lineare e laterale, dovuta sia alla tettonizzazione del substrato lapideo che rende la roccia

più fratturabile e degradabile sia all'elevata pendenza degli alvei stessi che consente alle acque di trasportare detriti e sedimenti che ne erodono il fondo.

2.2 Analisi della dinamica geomorfologica

Particolare importanza riveste, ai fini della caratterizzazione del bacino è la rappresentazione di una serie di fenomeni di evoluzione delle forme del paesaggio, a seguito del disfacimento degli elementi morfologicamente rilevanti e della rielaborazione di questi da parte dell'azione degli agenti morfodinamici.

Nella “*carta della dinamica morfologica*” vengono rappresentate, con dei simboli indicativi, le tracce lasciate dai processi geomorfologici in atto nel bacino idrografico del Torrente Greghentino, ad eccezione di quelle già evidenziate sulla base topografica. Si tratta di processi esogeni, legati all'azione delle acque, del gelo e disgelo, dalla neve, della gravità e dell'uomo, alcuni dei quali agiscono arealmente sui versanti e quindi, non possono essere fedelmente riportati alla scala della rappresentazione cartografica. La corretta valutazione di tali processi consente di chiarire il quadro degli eventuali dissesti presenti sul territorio e di definire l'evoluzione potenziale.

Le forme di erosione dei versanti originatesi in seguito all'azione prevalente della gravità e sub ordinariamente a seguito dell'azione delle acque superficiali e dei processi crionivali e di gelo/disgelo, sono differenziate a seconda che il processo morfogenetico sia ancora attivo, quiescente o non più attivo.

Dal punto di vista geomorfologico il bacino idrografico del Torrente Greghentino presenta caratteristiche differenti tra il settore montano ed il settore della conoide alluvionale.

Localmente i versanti sono caratterizzati da scarpate e pareti rocciose acclivi, comunque di limitato sviluppo verticale eccetto lungo i versanti dei principali impluvi torrentizi, soggetti a degradazione accelerata. I processi erosivi interessano estesamente anche la copertura detritico-regolitica ed i depositi superficiali determinando, in particolare in concomitanza di elevati apporti meteorici, la potenziale instabilità delle stesse con rischio di scollamenti e franamenti.

Le aree in dissesto sono localizzabili in corrispondenza del versante sud-orientale del Monte Regina, lungo l'impluvio del Torrente Greghentino, a valle della località Dozio, lungo la Valle di Sorico a valle dell'abitato di Biglio Superiore a monte della località Buttello e infine, presso la località Canova. Generalmente questi fenomeni sono connessi a scivolamenti e/o colate entro la copertura glaciale ricoprente il substrato roccioso. Pertanto i fenomeni di instabilità sono favoriti dall'acclività dei versanti, dai fenomeni di ruscellamento diffuso ad opera delle acque meteoriche non incanalate e dalla formazione di orizzonti saturi.

I versanti risultano inerbiti dalla vegetazione arborea e arbustiva, che generalmente protegge il terreno dall'azione erosiva delle acque superficiali non incanalate.

Analogamente al bacino del Torrente Tolsera, l'azione morfodinamica prevalente risulta essere quella esercitata dalle acque incanalate. Tutti i torrenti, sia in regime perenne sia a carattere stagionale, incidono profondamente i versanti e sono caratterizzati da alvei in continuo approfondimento. L'intensa azione erosiva

esercitata dai corsi d'acqua in occasione di elevati apporti meteorici, può determinare situazioni di instabilità degli orli di scarpata fluviale per erosione laterale e, nei tratti più incisi degli impluvi, erosione al piede dei versanti interessati dallo scorrere dei torrenti, con l'eventuale attivazione di dinamiche di dissesto che possono causare il locale distacco di materiale ed il franamento in alveo che interessa sia il substrato che i terreni di copertura. Tale dinamica si riscontra in corrispondenza degli impluvi nella porzione montana del bacino idrografico, dove normalmente prevalgono dinamiche di erosione e trasporto. Lungo gli alvei torrentizi, nei tratti a minor pendenza, caratterizzati quindi da dinamiche di sovralluvionamento, sono presenti limitati depositi rappresentati da ciottolame e grossi blocchi.

L'evolvere dei fenomeni erosivi potrebbe comportare lo sviluppo di forme di dissesto, anche se di limitata estensione, in relazione alla natura del substrato ed all'energia del rilievo, da fenomeni di soliflusso e creep diffuso sino a distacchi della copertura regolistica ed al coinvolgimento del substrato ove questo si presenta maggiormente fratturato. Tali condizioni sono rilevate nell'impluvio del Torrente Greghentino nella porzione apicale e lungo alcune scarpate presso la località Serigola.

I tratti dei corsi d'acqua potenzialmente soggetti a consistenti fenomeni di trasporto solido lungo gli alvei in occasione di elevate precipitazioni meteoriche, che possono eccezionalmente dar luogo a colate detritiche caratterizzati dal miscuglio di acqua, fango e materiale detritico conseguenti all'erosione e mobilitazione, da parte delle acque superficiali di ingenti quantità di detriti lungo le aste torrentizie e lungo i bacini di alimentazione. Fenomeni di tale natura possono verificarsi lungo il corso del torrente Greghentino a monte del tessuto urbanizzato, lungo l'impluvio della Valle di Sorico e lungo gli impluvi posti a monte della località Serigola.

Nella fascia immediatamente a ridosso della base dei pendii si hanno consistenti accumuli di materiale detritico, in particolare allo sbocco delle valli laterali a formare più o meno estese conoidi alluvionali, e anche deposizione di materiale colluviale derivante dallo smantellamento del substrato e della coltre regolistica. In corrispondenza del passaggio tra la zona della conoide e la piana alluvionale risulta evidente la classica morfologia a ventaglio del conoide relitto presso le località Parzano e Borneda e quello quiescente localizzato presso il tessuto urbanizzato di Valgreghentino.

Per quel che concerne l'ambito della conoide alluvione emerge che le principali problematiche di carattere idrogeologico sono da imputare all'azione delle acque superficiali nelle porzioni di bacino non urbanizzato con il conseguente rischio di alluvionamento di settori di piana, come già evidenziato dalle Carte del P.G.R.A.. Per di più, non si possono escludere le problematiche relative al deflusso delle acque sotterranee, in particolare per le falde superficiali con limitata soggiacenza.

2.3 Elementi della dinamica idrogeologica interferenti con il R.I.M.

Per semplicità di lettura si riportano di seguito gli stralci dei sottobacini principali discretizzati, in riferimento alla carta della dinamica geomorfologica allegata, alla quale si rimanda per la visione completa.

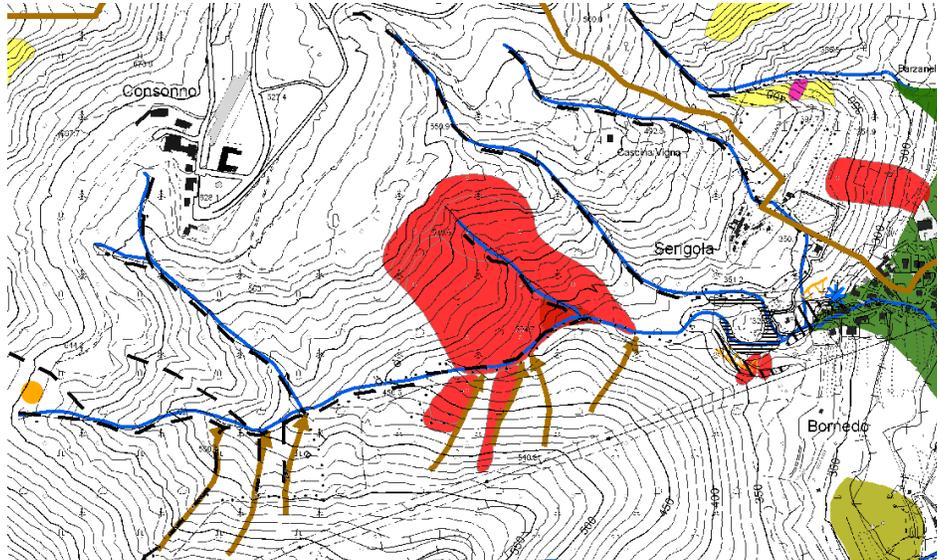


Figura 2: estratto carta della dinamica geomorfologica.

All'interno del bacino idrografico compreso tra la località Consonno e Serigola risulta interessato da diverse forme di dissesto idrogeologico (figura 2). Nello specifico il database I.F.F.I. localizza una vasta area di frana attiva avente un cinematiso rotazionale/traslattivo, estesa dalla quota 400 a 550 m s.l.m, lungo il versante idrografico sinistro del principale impluvio del bacino in oggetto. Contestualmente il versante opposto è interessato da due aree in frana attiva con analogo cinematiso della precedente a quote comprese tra i 400-500 m s.l.m.. Per di più il versante stesso risulta interessato da diversi fenomeni di colata detritica quiescenti a quote comprese tra il 400-500 m s.l.m. e a 600-700 m s.l.m. Inoltre puntualmente, a quota 620 m s.l.m., è stata localizzata un'area di frana quiescente non perimetrata.

Non da meno lungo le fasce dei corsi d'acqua che attraversano la località Serigola il P.A.I. indica due aree a pericolosità elevata dal punto di vista idraulico e due aree di frana quiescente poste a quota 300 m s.l.m. e un'altra area a quota 340 m s.l.m. nella quale anche il database I.F.F.I. indica due aree di frana attiva con cinematiso rotazionale/traslattivo.

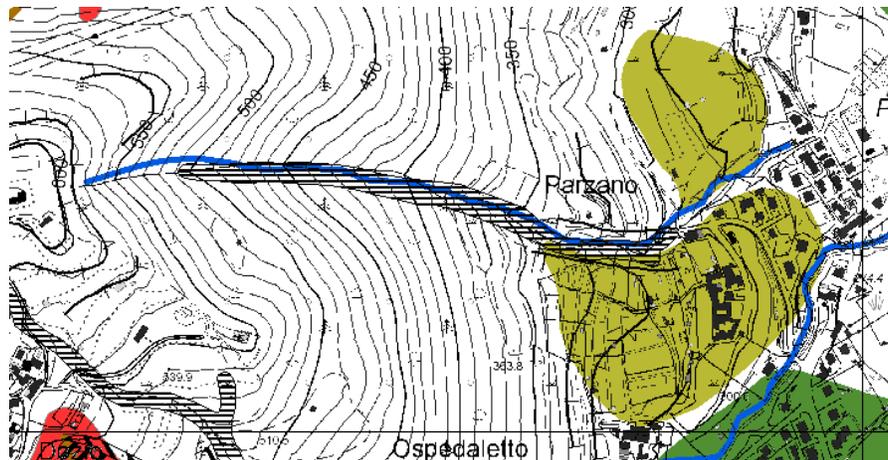


Figura 3: estratto carta della dinamica geomorfologica.

Il bacino idrografico del corso d'acqua che nasce ad Est dalla frazione Dozio e attraversa la frazione Parzano raggiungendo poi il reticolo principale (figura 3). L'alveo del torrente secondo il P.A.I. è perimetrato come area a pericolosità elevata dal punto di vista idraulico.

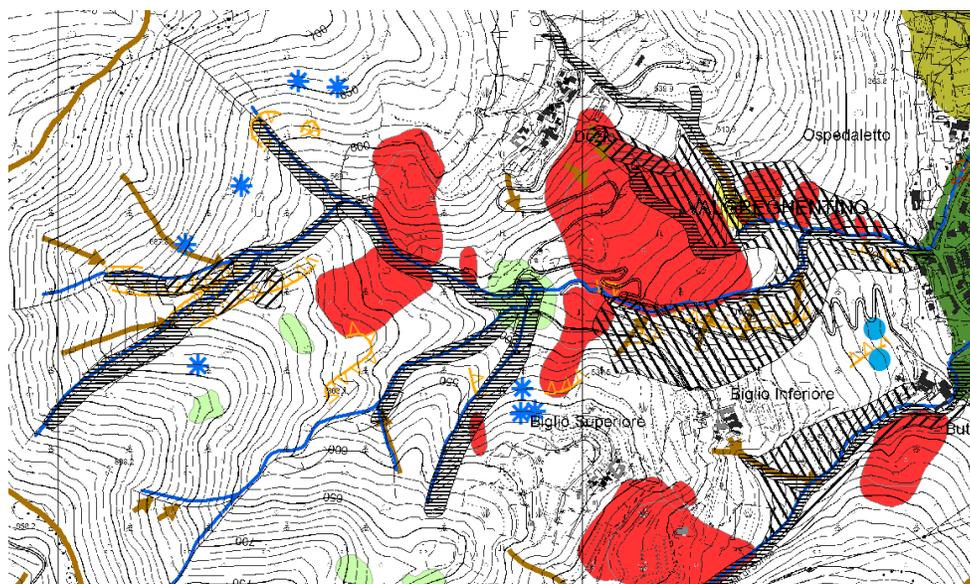


Figura 4: estratto carta della dinamica geomorfologica.

Il bacino idrografico del torrente Greghentino ricadente nel reticolo idrico minore comprende le località Butello, Biglio, Dozio fino a raggiungere la zona di cresta del Monte Crocione (figura 4). L'areale secondo l'I.F.F.I. risulta interessato da importanti fenomeni di dissesto idrogeologico che coinvolgono importanti porzioni dei versanti del bacino. Nello specifico vengono materializzate cinque aree di frana attiva con cinematisma rotazionale/traslativo nei seguenti ambiti:

- Versante idrografico sinistro a monte della frazione Ospitaletto interessata da almeno 6 aree in frana già preimmetrate dal P.A.I. come aree di frana quiescente;
- Versante idrografico sinistro del Torrente Greghentino precisamente a Sud-Est rispetto l'abitato di Dozio, a quote comprese tra 400-550 m s.l.m., coinvolgendo anche la strada comunale Valgreghentino-Dozio, parzialmente delimitata dal P.A.I. come aree di frana attiva e quiescente;

- Contestualmente il versante opposto a quote comprese tra i 350-490 m s.l.m., parzialmente perimetrata dal P.A.I. come area di frana quiescente;
- Due aree di frana presenti lungo il versante idrografico sinistro e destro del torrente Greghentino a quote comprese tra 510-610 m s.l.m.

Tuttavia lungo gli impluvi non cartografati dalla C.T.R. vengono indicate le zone interessate da colate detritiche a diverse quote, in particolare lungo il versante orografico destro a monte e a valle della strada che collega Valgreghentino a Dozio . Quest'ultimo ambito risulta già delimitato dal P.A.I. Come area di frana quiescente fino alla località Butello. Inoltre nelle zone scoperte dalla vegetazione sono localizzati diverse aree soggette a da fenomeni di soliflusso e creep diffuso in particolare a quote comprese tra i 600-650 m s.l.m. e a Nord rispetto all'abitato di Biglio Superiore. Per di più il P.A.I. perimetra buona parte degli impluvi come aree a pericolosità elevata dal punto di vista idraulico.



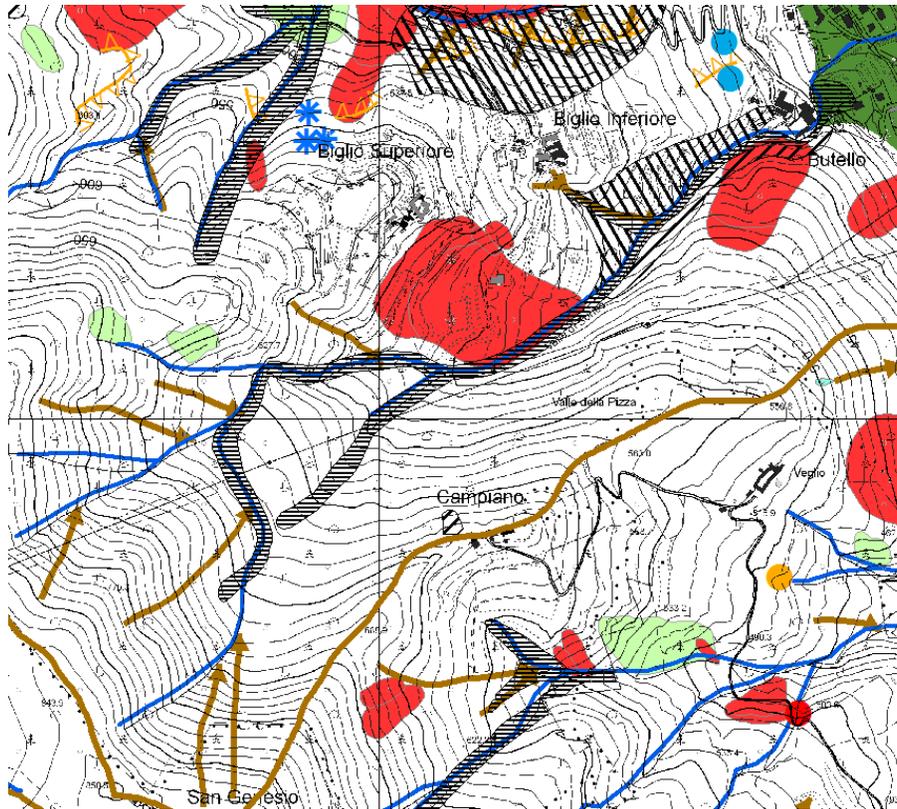


Figura 5: estratto carta della dinamica geomorfologica.

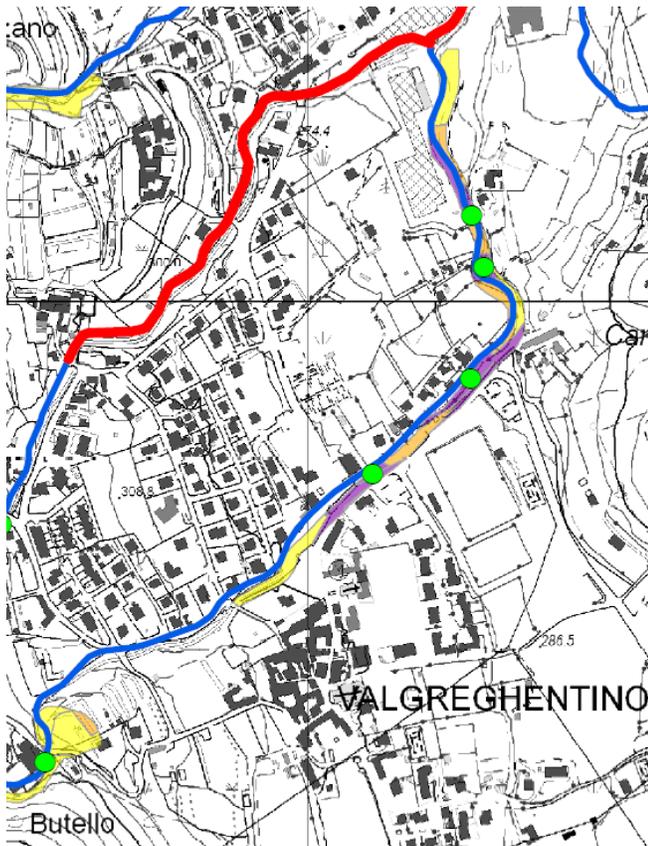
Il bacino idrografico della Valle di Sorico (figura 5) secondo l'I.F.F.I. risulta interessato da due importanti aree di frana attiva con cinematismo rotazionale traslativo: nello specifico la prima è posta a Sud-Est della località Biglio Superiore a quote comprese tra i 550-410 m s.l.m. in sinistra orografica, mentre la seconda a monte della frazione Butello a quote comprese tra i 450-350 m s.l.m. In particolare quest'ultimo ambito è materializzato dal P.A.I. come area di frana attiva esclusivamente al piede del versante.

Inoltre lungo i principali impluvi insistono diverse zone interessate da fenomeni di colamento in particolare a quote comprese tra 500- 750 m s.l.m. e un'area posta sul versante orografico sinistro del torrente della valle di Sorico precisamente a Sud-Est della frazione Biglio Inferiore. Quest'ultima area secondo il P.A.I. risulta perimetrata come area di frana quiescente.

Per di più il P.A.I. perimetra buona parte degli impluvi come aree a pericolosità elevata dal punto di vista idraulico.

2.4 Elementi di rischio interferenti con il R.I.M.

Di seguito si riportano i riferimenti delle aree di rischio desunte dal Piano di Gestione delle Alluvioni classificate come R3 e R4. Per le aree di rischio R1 e R2 si rimanda alla lettura della tavola T3 della monografia di bacino.



All'interno del bacino idrografico del Torrente Greghentino relativamente al reticolo idrico minore il Piano di Gestione Rischio Alluvioni pone l'attenzione su un segmento del torrente proveniente dalla Valle di Sorico, compreso tra la località Butello e la confluenza con il Torrente Greghentino.

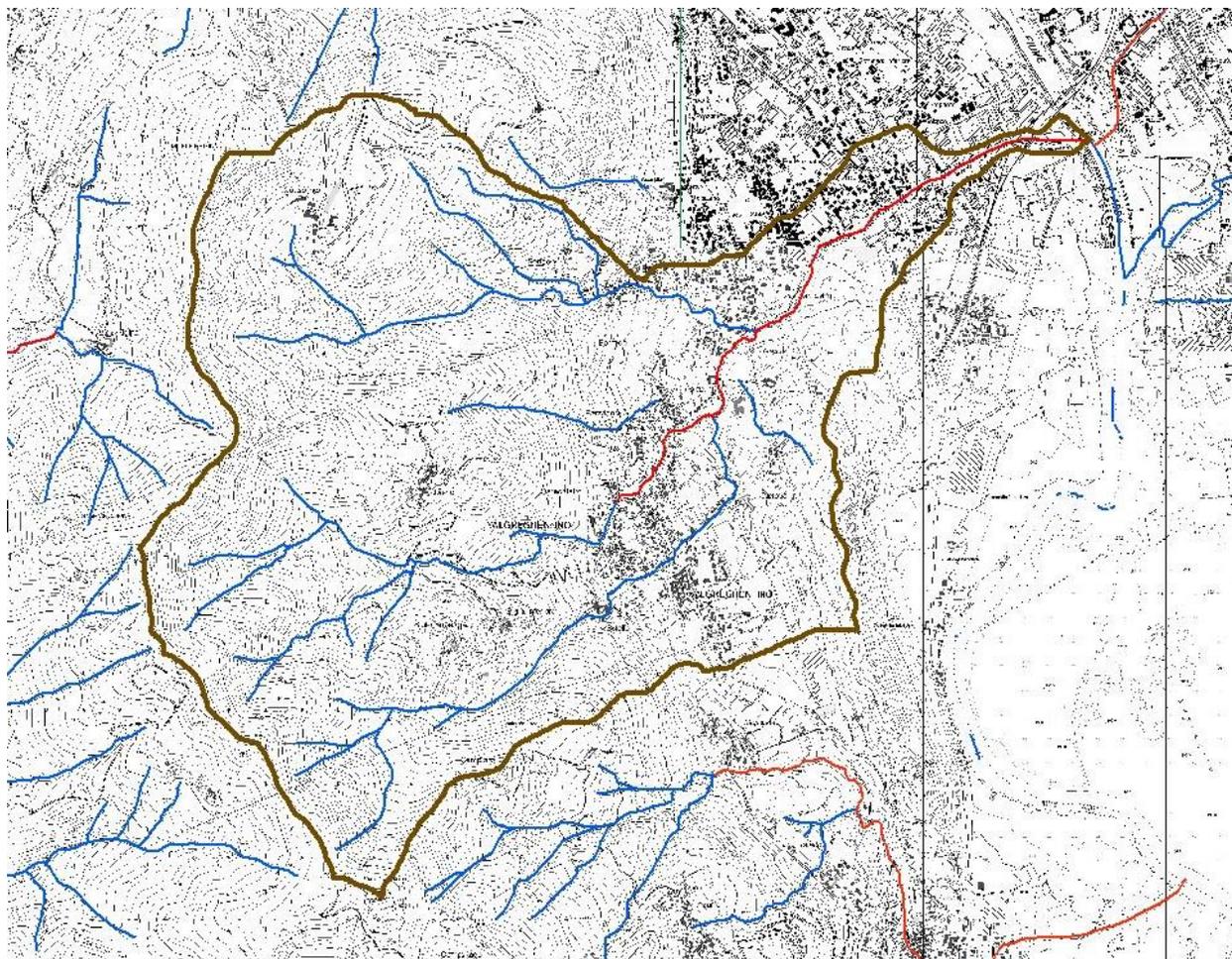
In particolare la fascia in fregio alla via D. Alighieri ricade a tratti in zone di rischio R4 in corrispondenza degli attraversamenti.

Per di più viene localizzata un'area di rischio R4 in prossimità dei capannoni industriali lungo via Lazzaretto e presso la località Butello in corrispondenza di un'opera di attraversamento del torrente proveniente dalla valle di Sorico e in corrispondenza dell'edificio della vecchia filanda.

Figura 6: estratto carta del rischio.

3.0 INQUADRAMENTO IDROLOGICO-IDRAULICO DEL BACINO

La superficie del bacino del torrente Greghentino è pari 6,51 km², l'asta principale del torrente si snoda per una lunghezza di 4,62 km con una pendenza media del 10 %, il bacino idrografico parte da una quota massima di 890 m s.l.m. fino a 199 m s.l.m., in corrispondenza dello sbocco nel fiume Adda. L'altitudine media del bacino risulta essere di 485,58 m s.l.m.



Estratto CTR – Bacino idrografico del torrente Greghentino

TEMPO DI CORRIVAZIONE DEL BACINO

Per il calcolo della portata di massima piena è stato innanzitutto stimato il tempo di corrvazione, utilizzando la formula di Giandotti, la quale è in funzione della superficie del bacino idrografico (S) in km², della quota media del bacino rispetto alla sezione di chiusura (H) espressa m e della lunghezza dell'asta principale (L) in km.

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1,5L}{0,8\sqrt{(H_m - H_o)}}$$

Il tempo di corrivazione nel caso del torrente Greghentino è risultato essere pari a 1,33 ore.

PREVISIONE DEGLI AFFLUSSI

La previsione quantitativa delle piogge intense in un determinato punto è stata effettuata attraverso la determinazione della curva di possibilità pluviometrica, cioè della relazione che lega l'altezza di precipitazione h alla sua durata d , per un assegnato tempo di ritorno T . La curva di possibilità pluviometrica è comunemente espressa da una funzione del tipo:

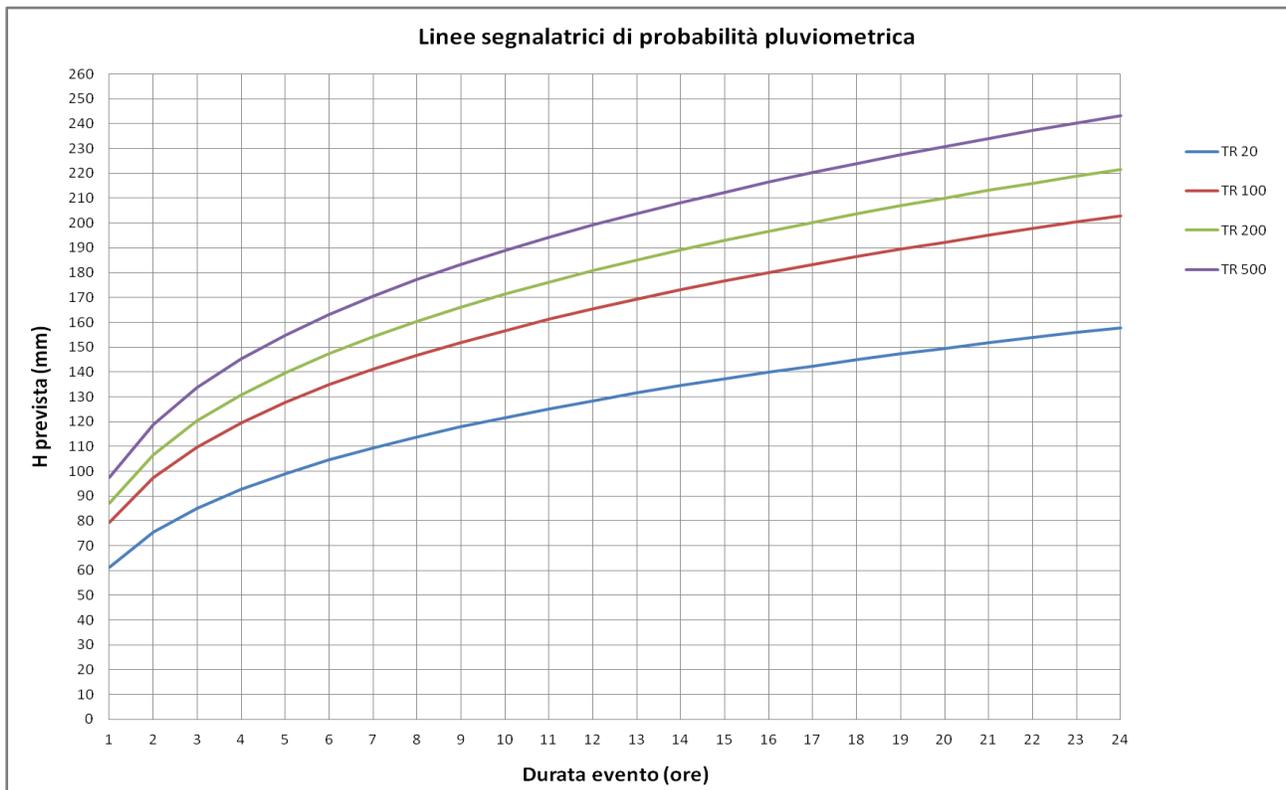
$$h(d,T) = a d^n$$

in cui i parametri a ed d dipendono dallo specifico tempo di ritorno T considerato.

La stima delle curve di probabilità pluviometrica è stata effettuata sulla base dei i parametri stimati dall'Autorità di Bacino ed in particolare dall'allegato 3 alla Direttiva PAI: *Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense*. Sono state dapprima identificate le celle del reticolo chilometrico di riferimento all'interno delle quali è contenuto il bacino idrografico e poi sono stati individuati per tali celle i parametri a e n delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni.

CELLA PAI	a Tr20	nTr20	aTr100	nTr100	aTr200	nTr200	aTr500	nTr500
DL65	61,90	0,302	80,11	0,299	87,83	0,298	98,67	0,279
DL66	61,95	0,296	80,16	0,288	87,95	0,297	98,30	0,286
DM65	60,70	0,299	78,50	0,300	86,05	0,294	96,05	0,292
DM66	60,70	0,293	78,63	0,295	86,22	0,288	96,29	0,296

Parametri a e n per le celle del reticolo chilometrico del bacino del torrente Greghentino



Curve di possibilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni – Bacino del Greghentino

La durata critica dell'evento meteorico è stata assunta pari al tempo di corrivazione T_c del bacino. Per tale tempo di progetto per il bacino in esame sono stati ottenuti i seguenti valori di massima precipitazione espressi in mm:

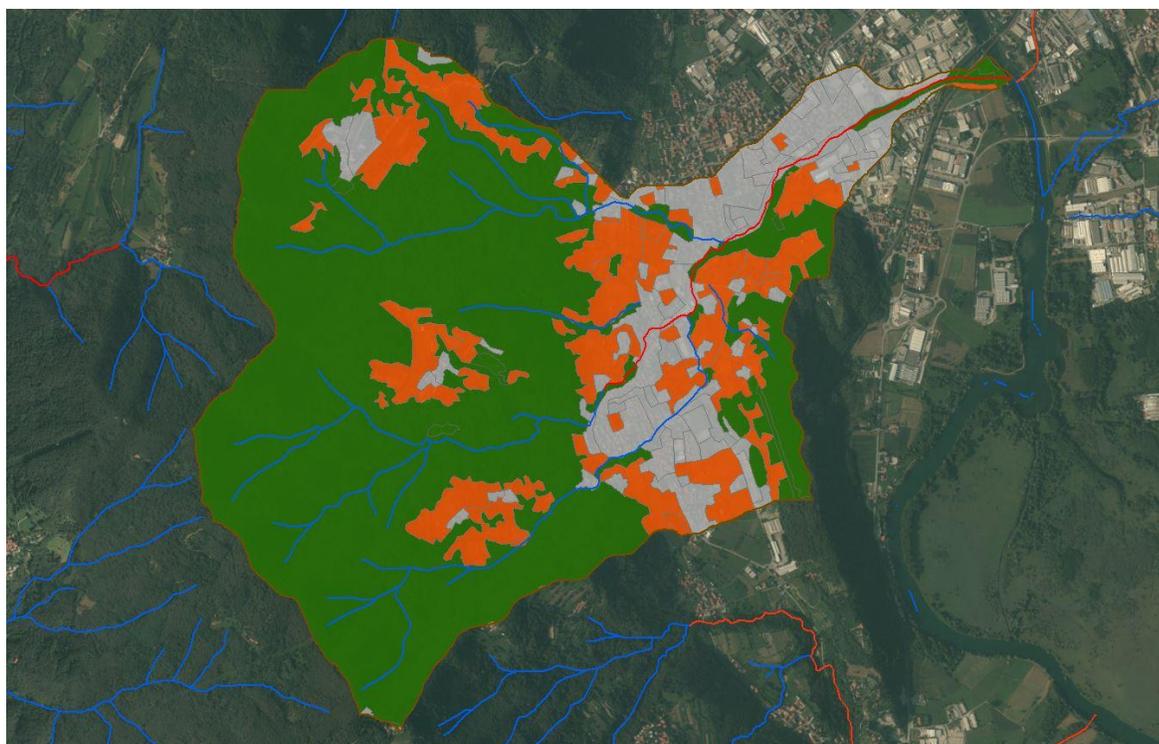
T	h(t)
20	66,70
100	86,27
200	94,57
500	105,60

Altezza di pioggia per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni (durata critica = T_c)

COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

Per il calcolo del coefficiente di deflusso è stato utilizzato un valore medio pesato sulle diverse aree che caratterizzano il bacino. Sulla base dei dati DUSAF relativi all'uso del suolo forniti dal Geoportale di Regione Lombardia, è stato possibile suddividere il bacino in tre diverse aree:

- CLASSE 1 - AREE ANTROPIZZATE, per la quale il coefficiente di deflusso è stato assunto pari a 0,75;
- CLASSE 2 - AREE AGRICOLE, per la quale il coefficiente di deflusso è stato assunto pari a 0,40;
- CLASSE 3 - TERRITORI BOSCATI E AMBIENTI SEMINATURALI, per la quale il coefficiente di deflusso è stato assunto pari a 0,30.



Suddivisione del bacino idrografico in aree in base all'uso del suolo

Come si può notare dall'immagine sovrastante, il bacino idrografico del torrente Greghentino nella sua parte alta è caratterizzato in prevalenza da territori boscati e seminaturali, mentre nella parte bassa è caratterizzato nella maggior parte da zone urbanizzate e territori agricoli.

I valori di superficie delle tre diverse categorie DUSAF e conseguentemente il valore del coefficiente c per l'intero bacino sono sintetizzati dalla seguente tabella:

	A (km ²)	c
Area urbanizzata	1,01	0,75
Area agricola	1,18	0,40
Area boscata	4,32	0,30
Media pesata sull'area →	0,39	

Calcolo del coefficiente di deflusso c

PORTATE DI MASSIMA PIENA

Per la stima della porta liquida si è utilizzata la formula del Metodo Razionale:

$$Q = 0,28 \cdot c \cdot i \cdot A$$

in cui c è il coefficiente d'afflusso caratteristico del bacino idrografico, i è l'intensità della pioggia corrispondente alla durata critica, ovvero alla durata che dà luogo al massimo valore della portata al colmo (mm/h), A è la superficie complessiva del bacino idrografico (km²).

La portata solida è invece stata calcolata mediante le formulazioni di:

- Smart & Jaegge (applicabile per $3\% < if < 20\%$)
- Richenmann (applicabile per $7\% < if < 20\%$)
- Mizuyama e Shimohigashi (applicabile per $10\% < if < 20\%$)
- Mizuyama (applicabile per $10\% < if < 20\%$)

le quali legano la portata solida della corrente alla sua porta liquida Q_{LIQ} e alla pendenza media del fondo if .

Le formulazioni sopracitate sono state utilizzate in funzione del loro campo di applicabilità, considerando che la pendenza media del torrente Greghentino risulta essere del 10%, e adottando per il calcolo della portata complessiva il valor medio dei risultati delle diverse formule. Sono stati dunque ottenuti i seguenti valori di portata complessiva solido-liquida (si noti che per portate al colmo con tempo di ritorno di 20 anni, il trasporto solido si considera trascurabile):

TR	Q_{LIQ} (m ³ /s)	Q_s (m ³ /s)	Q_{TOT} (m ³ /s)
20	35,28	-	35,28
100	45,63	2,98	48,60
200	50,02	3,26	53,28
500	55,85	3,64	59,49

Valori di portata al colmo per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni

STUDI IDRAULICI DI RIFERIMENTO

Per il calcolo delle portate al colmo e per la valutazione della compatibilità idraulica degli attraversamenti, si è tenuto conto degli studi idraulici esistenti, in particolare per il torrente Greghentino è stato considerato il seguente studio:

- *Rischio idraulico in considerazione di aree antropiche con particolare riguardo alla verifica di ponti e ponticelli posti lungo la rete viaria Provinciale – Maggio 2007, redatto da: Prof. Ing. Marco Mancini.*

Il suddetto studio idraulico è stato utilizzato specificatamente per la verifica del ponte che si trova lungo la strada Provinciale (via Milano) nel comune di Olginate (LC).