Comunità Montana
LARIO ORIENTALE - VALLE SAN MARTINO

RegioneLombardia

TITOLO

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

PROGETTAZIONE PRELIMINARE

PROGETTO

MESSA IN SICUREZZA TORRENTE GANDALOGLIO: INTERVENTI DIFFUSI IN ALVEO LOC. RAVELLINO - LC003 - COMUNI DI COLLE B.ZA E DI ELLO (LC)

ELABORATO

R4. RELAZIONE IDRAULICA

SCALA

/

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
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

ORDINE DEI GEOLOGI della LOMBARDIA
CRISTIAN ADAMOLI
geologo specialista
Albo n. 1109 AP
sezione A

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI LECCO
DOTT. ING.
ANSELMINI CLAUDIA
LAUREA SPECIALISTICA - SEZIONE A
SETTORE A - B - C
ANNO DI 1ª ISCRIZIONE 2001
N° 668

Ing. GABRIELE AGOSTONI
ALBO di LECCO N° 418
- PASTURO -

ORDINE DEI GEOLOGI della LOMBARDIA
BEATRICE LEALI
geologo specialista
Albo n. 1663 AP
sezione A

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
1	Dicembre 2017	Prima emissione	F. C.	Cl. A.	Cl. A.
2					
3					

1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO 2

2. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDRAULICO DEL BACINO 3

3. STIMA DELLA PORTATA DI PIENA DEL TORRENTE GANDALOGLIO 5

3.1 DETERMINAZIONE DELLA CURVA DI POSSIBILITÀ CLIMATICA PUNTUALE (O DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA) 5

3.2 DETERMINAZIONE DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE 7

3.3 DETERMINAZIONE DELLA MASSIMA ALTEZZA DI PRECIPITAZIONE 7

3.4 DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO 8

3.5 DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI MASSIMA PIENA 9

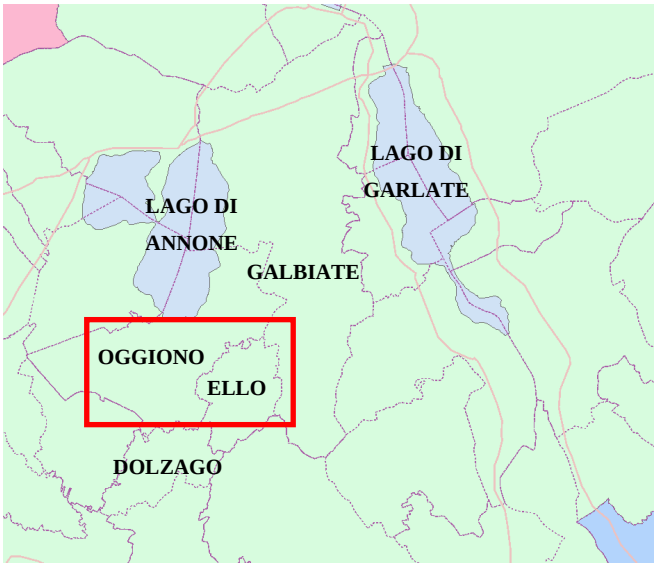
PRO.TEA INGEGNERIA
Progettazione Territorio e Ambiente
Via Martiri, 33- 23824 Dervio (Lc)
☎/🖷 0341.851176
🗁 info@proteaingegneria.it

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. Geol. Beatrice Leali
Via Rivolta 42- 23017 Morbegno (SO)
🗁 beatrice.leali@gmail.com

1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

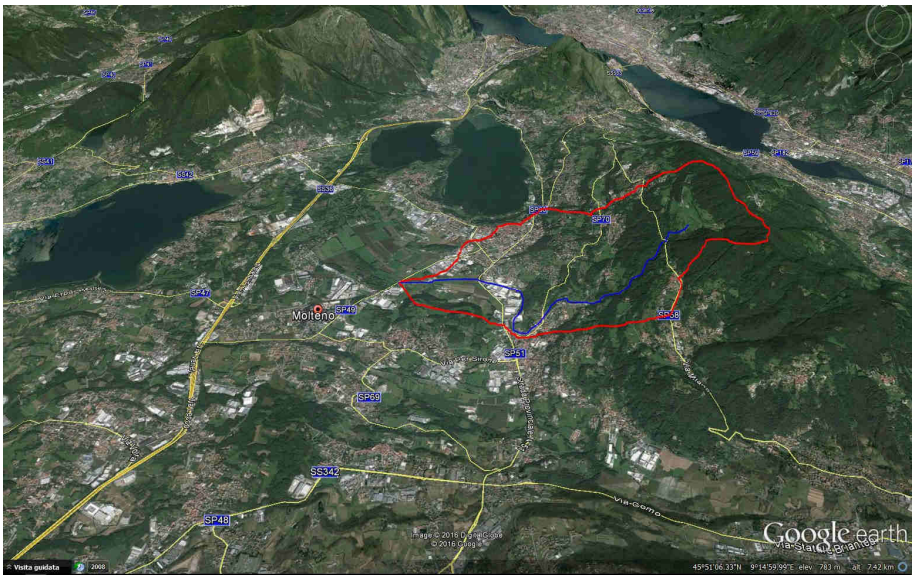
Il Torrente Gandaloglio ha origine nella zona collinare tra l'abitato di Ello ed il Monte Regina, si sviluppa a Nord della Bevera passando per Dolzago, ancora in zona collinare, quindi giunge a Molteno dopo aver attraversato il territorio di Oggiono in zona pressoché pianeggiante.



La superficie del bacino è di circa 10 km^2, escludendo una parte del centro abitato di Oggiono, le cui acque di drenaggio urbano vengono convogliate nel Lago di Annone.

L'altitudine media del bacino idrografico è pari a 455,13 m s.l.m., mentre quella minima, in corrispondenza della confluenza del corso d'acqua nel Torrente Bevera è pari a 266,8 m s.l.m.

La quota massima del bacino è pari a 866,9 m s.l.m. in corrispondenza della cima del "Monte Crocione", mentre la lunghezza dell'asta principale è pari a 9,92 km.



Estratto Google Earth indicante il Torrente Gandaloglio ed il bacino idrografico sotteso.

PRO.TEA INGEGNERIA
Progettazione Territorio e Ambiente
Via Martiri, 33- 23824 Dervio (Lc)
☎/🖷 0341.851176
🗁 info@proteaingegneria.it

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. Geol. Beatrice Leali
Via Rivolta 42- 23017 Morbegno (SO)
🗁 beatrice.leali@gmail.com

2. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDRAULICO DEL BACINO

Il bacino idrografico del Torrente Gandaloglio si colloca nella zona collinare di transizione tra le Prealpi e la pianura vera e propria, in una zona di raccordo fra rilievi morenici e piane fluvioglaciali o fluvio lacustri, con pendenze basse o moderate.

In relazione alla presenza della roccia, i ghiacciai e le fiumane quaternarie che hanno invaso il territorio hanno depositato i materiali sciolti. I depositi morenici risultano particolarmente estesi nel bacino e ricoprono con vario spessore le culminazioni rocciose. All'interno dei lineamenti morenici e delle culminazioni rocciose, sono presenti delle zone pianeggianti la cui origine è dovuta in parte al modellamento delle masse glaciali e delle fiumane che si sono succedute, e in parte alla presenza di antichi bacini lacustri.

Il bacino idrografico si può suddividere realmente in due settori, quello di pianura e quello collinare.

In particolare nel settore di monte si rinvengono 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.

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.

Localmente i versanti del bacino sono caratterizzati da scarpate e pareti rocciose acclivi, comunque di limitato sviluppo verticale, eccetto lungo i versanti dei principali impluvi torrentizi, soggetti a degradazione accellerata. 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. Nello specifico lungo tutta la forra torrentizia del Torrente Gandaloglio sono presenti numerose frane di erosione accelerata delle sponde e di instabilità dei versanti, con franamenti e distacchi di parti e porzioni, sia detritiche sia rocciose di diversa entità.

Inoltre, lungo i versanti prevalgono forme conseguenti all'azione delle acque di scorrimento superficiale, non incanalate, serie di rivoli conseguenti ad intense precipitazioni. In particolare tali fenomeni si verificano sui versanti mal protetti dalla vegetazione, alle quote più elevate causando lacerazioni del manto erboso, erosione del suolo e della copertura regolitica, producendo solchi di erosione, lungo i quali si raccolgono le acque superficiali dovute al progressivo approfondimento dei rivoli.

I principali impluvi e le incisioni torrentizie che solcano da Est a Ovest, il versante orientale derivano dall'evoluzione di questi solchi. Evoluzione che influenza la stabilità delle fasce laterali in alcuni tratti con ampiezze di decine di metri.

PRO.TEA INGEGNERIA
Progettazione Territorio e Ambiente
Via Martiri, 33- 23824 Dervio (Lc)
☎/🖷 0341.851176
🗁 info@proteaingegneria.it

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

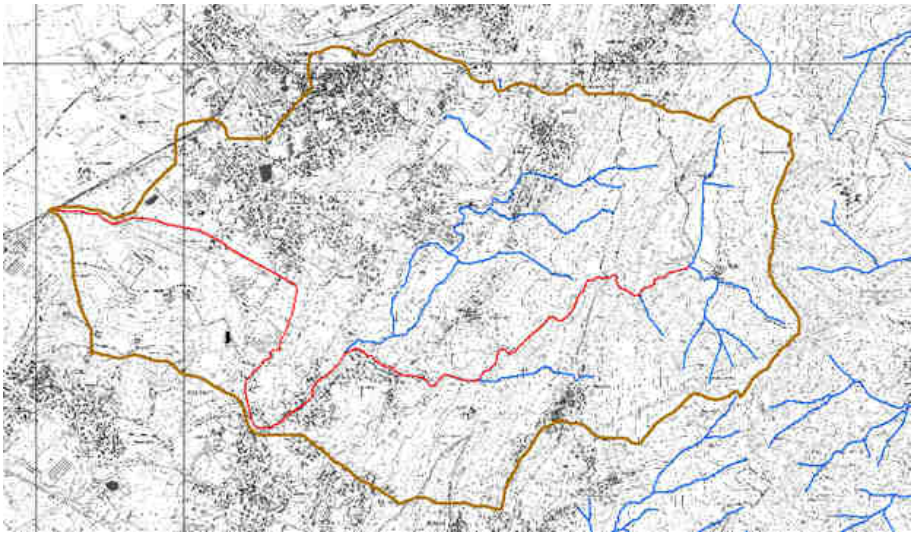
Dott. Geol. Beatrice Leali
Via Rivolta 42- 23017 Morbegno (SO)
🗁 beatrice.leali@gmail.com

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 sia 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.

Passando al settore della pianura, questo comprende la fascia centrale subpianeggiante entro cui si snoda il Torrente Gandaloglio e la fascia immediatamente a ridosso della base dei pendii dove si hanno locali 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 regolitica.

Inoltre, in corrispondenza del passaggio tra la zona della conoide e la piana alluvionale risulta evidente la classica morfologia a ventaglio del conoide alluvionale quiescente presso la Località Cogoreto. Per di più, come rappresentato nella carta della dinamica geomorfologica in corrispondenza del territorio comunale di Ello, sono presenti n. 3 aree soggette a scivolamento rotazionale/traslativo quiescente, che secondo il P.A.I. risultano stabilizzate.

La superficie del bacino del Torrente Gandaloglio è pari a 10,33 km^2, l'asta principale del torrente si snoda per una lunghezza di 9,92 km con una pendenza media del 5,3%, il bacino idrografico parte da una quota massima di 866,9 m s.l.m. in corrispondenza della cima del "Monte Crocione" fino a 266,8 m s.l.m., in corrispondenza della confluenza nel Torrente Bevera. L'altitudine media del bacino risulta essere di 455,13 m s.l.m..



Estratto CTR – Bacino idrografico del Torrente Gandaloglio.

PRO.TEA INGEGNERIA
Progettazione Territorio e Ambiente
Via Martiri, 33- 23824 Dervio (Lc)
☎/🖷 0341.851176
info@proteaingegneria.it

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. Geol. Beatrice Leali
Via Rivolta 42- 23017 Morbegno (SO)
beatrice.leali@gmail.com

3. STIMA DELLA PORTATA DI PIENA DEL TORRENTE GANDALOGLIO

Non disponendo delle necessarie osservazioni di portata e per superare le difficoltà riscontrate dalla scarsità di dati idrologici di base reperibili, l'analisi è stata condotta utilizzando modelli di trasformazione degli afflussi meteorici (precipitazioni atmosferiche di prefissate caratteristiche) in deflussi alla sezione di chiusura del bacino.

I fondamenti delle procedure utilizzate per la redazione del presente studio sono stati tratti dalla bibliografia, nonché dalle direttive del Piano Stralcio per l'assetto Idrogeologico (PAI) sulle piene di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica recanti le indicazioni per il calcolo delle portate di piena sui bacini idrografici di piccole dimensioni.

Per la determinazione delle portate di progetto si è fatto ricorso all'utilizzo dei metodi di analisi dei deflussi superficiali di tipo approssimato e indiretto.

In mancanza di misure dirette dei valori di portata risulta importante l'utilizzo delle comuni formule per la definizione del valore di massima piena. In questo specifico caso si è utilizzata la FORMULA DEL METODO RAZIONALE.

$$\mathbf{Q = 0{,}28\ c\ i\ A}$$

Dove:

Q Portata al colmo in m^3/s;

c Coefficiente di deflusso;

i Intensità di pioggia in mm/h;

A Superficie del bacino in km^2.

Per l'applicazione di tale metodo si è considerato il bacino del torrente come una singola unità basandosi sulle seguenti ipotesi:

- Distribuzione uniforme della precipitazione su tutto il bacino;
- Linearità del modello A-F impiegato (ingressi e uscite di uguale rarità);
- Tempo di formazione del colmo di piena pari a quello della fase di riduzione;
- Tempo di ritorno T della portata stimata uguale a quello dell'intensità di pioggia;
- Durata dell'intensità di pioggia uguale al tempo di corrivazione t_c del bacino.

3.1 Determinazione della curva di possibilità climatica puntuale (o di probabilità pluviometrica)

La previsione quantitativa delle piogge intense in un determinato punto è effettuata attraverso la determinazione della curva di probabilità pluviometrica, cioè della relazione che lega l'altezza di precipitazione (comunemente misurata in mm rappresenta l'altezza d'acqua che si formerebbe al suolo

PRO.TEA INGEGNERIA
Progettazione Territorio e Ambiente
Via Martiri, 33- 23824 Dervio (Lc)
☎/🖷 0341.851176
🗁 info@proteaingegneria.it

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. Geol. Beatrice Leali
Via Rivolta 42- 23017 Morbegno (SO)
🗁 beatrice.leali@gmail.com

su una superficie orizzontale e impermeabile in assenza di perdite) alla sua durata, per un assegnato tempo di ritorno.

La curva di probabilità pluviometrica è comunemente espressa dalla seguente equazione:

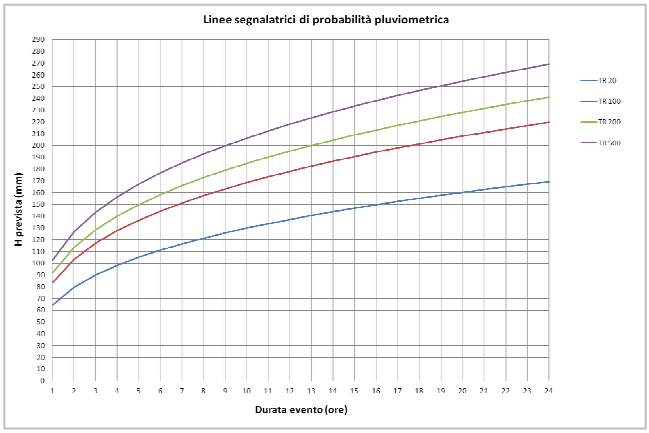
$$h(d,T) = a\, d^n$$

dove si assume che la durata sia quella che dà luogo al massimo valore della portata al colmo (durata critica).

Data la scarsa disponibilità di dati pluviometrici e la mancanza di serie storiche di dati di pioggia relativi al bacino in esame che possano giustificare un accurato studio statistico dei dati pluviometrici, per ottenere una stima dei parametri il più possibile corretta, il valore di a ed n è stato desunto direttamente dai valori stimati dall'Autorità di Bacino ed in particolare dall'Allegato 3 alla direttiva: "*Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense - Parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni*" relative alle celle del reticolo chilometrico, all'interno del quale sono state utilizzate le serie storiche delle precipitazioni intense riportate negli Annali Idrologici del Servizio Idrografico e Mareografico Italiano relative ai massimi annuali delle precipitazioni della durata di 1, 3, 6, 12, 24 ore consecutive.

L'individuazione della cella del reticolo chilometrico è stata desunta dallo stesso allegato; in particolare, facendo riferimento a quanto riportato nell'elaborato "*LC003_E1 – Relazione di inquadramento*" redatto nel Dicembre 2016 relativamente al Torrente Gandaloglio, il bacino di nostro interesse ricade interamente all'interno delle celle DI65, DI66, DJ65, DJ66, DK65 e DK66, le quali sono caratterizzate dai seguenti parametri a ed n per i diversi tempi di ritorno:

TEMPO DI RITORNO (anni)	20		100		200		500	
CELLA	a	n	a	n	a	n	a	n
DI65	65,43	0,309	84,85	0,310	93,11	0,310	104,04	0,310
DI66	66,01	0,303	85,92	0,305	94,39	0,305	105,59	0,305
DJ65	64,32	0,307	83,35	0,307	91,44	0,307	102,16	0,307
DJ66	64,58	0,301	83,93	0,302	92,15	0,301	103,03	0,301
DK65	63,11	0,305	81,73	0,303	89,64	0,303	100,12	0,302
DK66	63,23	0,299	82,08	0,298	90,07	0,297	100,67	0,296



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

PRO.TEA INGEGNERIA
Progettazione Territorio e Ambiente
Via Martiri, 33- 23824 Dervio (Lc)
☎/🖷 0341.851176
🗁 info@proteaingegneria.it

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. Geol. Beatrice Leali
Via Rivolta 42- 23017 Morbegno (SO)
🗁 beatrice.leali@gmail.com

Dal rapporto tra la curva di possibilità pluviometrica e la durata dell'evento di pioggia, è possibile ricavare il valore dell'INTENSITA' MEDIA DELLA PRECIPITAZIONE:

$$i(d,T) = a\, d^{n-1}$$

Noti i valori dei parametri a ed n è possibile ricavare i valori di intensità delle precipitazioni relative a diverse durate; inserendo in un modello afflussi-deflussi tali valori è possibile determinare, oltre che gli idrogrammi di piena, anche le portate di colmo per assegnati tempi di ritorno.

La durata dell'evento da considerare è quella cosiddetta critica, cioè quella che è causa di una portata pari a quella del colmo di piena.

Poiché il tempo di corrivazione del bacino t_c, oltre che il tempo che impiega la precipitazione caduta nel punto più distante del bacino a raggiungere la sua sezione di chiusura, rappresenta il tempo dall'inizio della precipitazione oltre il quale tutta la precipitazione caduta sul bacino contribuisce alla formazione del deflusso, la formazione del deflusso dipende dal tempo di corrivazione di ciascun bacino.

La durata critica dell'evento meteorico è pertanto assunta pari al tempo di corrivazione t_c del bacino.

3.2 Determinazione del tempo di corrivazione

Il calcolo del tempo di corrivazione è stato effettuato utilizzando la formula di Giandotti la quale si ritiene meglio si adatti alla valutazione relativa ai bacini montani:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{(H_m - H_o)}}$$

Dove:

A Superficie del bacino in km^2;

L Lunghezza asta principale in km;

Hm Altitudine media bacino in m s.l.m.;

Ho Altitudine minima bacino in m s.l.m..

3.3 Determinazione della massima altezza di precipitazione

Il tempo di ritorno così calcolato è risultato essere pari a 2,53 ore; pertanto, per tale tempo di progetto del bacino in esame sono stati ottenuti i seguenti valori di massima precipitazione espressi in mm:

TEMPO DI RITORNO (anni)	h (mm)
20	85,42
100	110,88
200	121,66
500	135,93

PRO.TEA INGEGNERIA
Progettazione Territorio e Ambiente
Via Martiri, 33- 23824 Dervio (Lc)
☎/🖷 0341.851176
🗁 info@proteaingegneria.it

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. Geol. Beatrice Leali
Via Rivolta 42- 23017 Morbegno (SO)
🗁 beatrice.leali@gmail.com

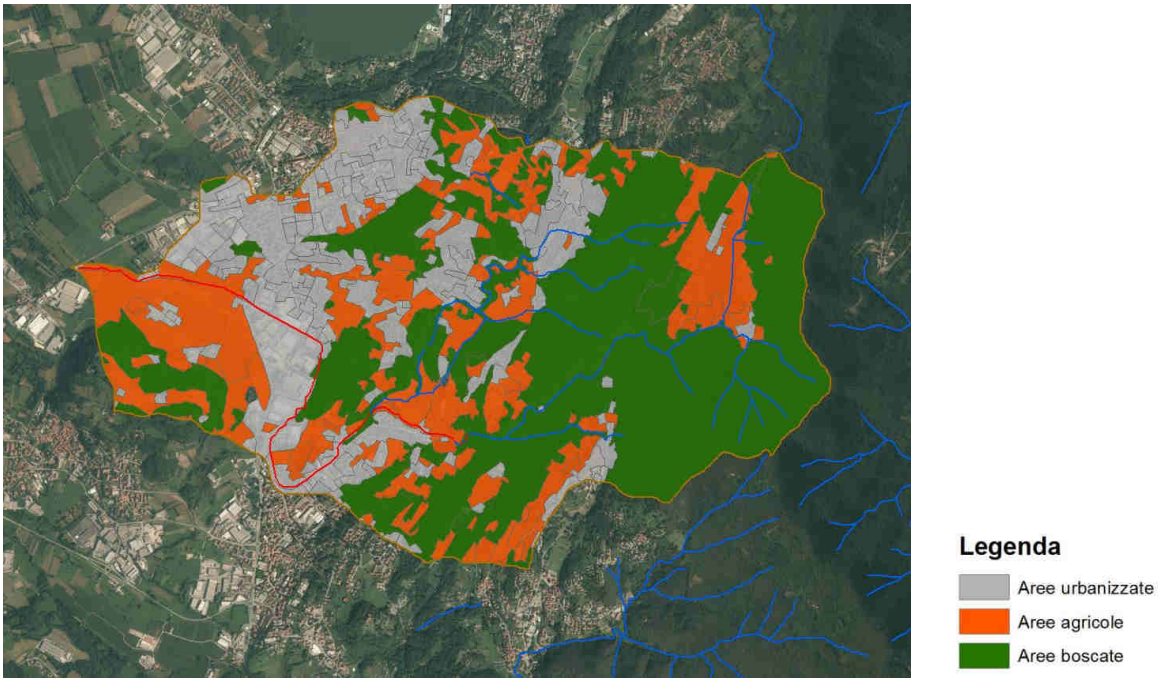
3.4 Determinazione del coefficiente di deflusso

Il coefficiente di deflusso c rappresenta il rapporto tra gli afflussi meteorici e i corrispondenti deflussi superficiali; per la determinazione di tale coefficiente si deve tenere conto in modo implicito di tutti gli elementi che possono determinare la relazione tra portata al colmo ed intensità di pioggia, tra cui le caratteristiche geomorfologiche del bacino e la sua copertura vegetale. Si deduce che la determinazione del valore di tale coefficiente è di difficile stima ed è possibile solamente quando si disponga sia di serie storiche di pioggia sia di portata.

La poca disponibilità di dati in tal senso ha reso obbligatoria la determinazione di tale valore facendo riferimento alla bibliografia assegnando il valore del coefficiente di deflusso sulla base dell'uso del suolo.

In particolare, 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 Gandaloglio nella sua parte alta è caratterizzato da territori boscati e seminaturali, mentre nella parte medio-bassa prevalgono le zone urbanizzate ed i terreni destinati all'agricoltura.

PRO.TEA INGEGNERIA
Progettazione Territorio e Ambiente
Via Martiri, 33- 23824 Dervio (Lc)
☎/🖷 0341.851176
info@proteaingegneria.it

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. Geol. Beatrice Leali
Via Rivolta 42- 23017 Morbegno (SO)
beatrice.leali@gmail.com

I valori di superficie delle tre diverse categorie DUSAF e conseguentemente il valore del coefficiente c, determinato tramite una media pesata delle grandezze in oggetto, per l'intero bacino sono sintetizzati dalla seguente tabella:

$$c_{medio} = \frac{\sum (A_i * c_i)}{\sum A_{TOT}}$$

CLASSE	Superficie (km^2)	c
Classe 1 – Area Antropizzata	2,66	0,75
Classe 2 – Area Agricola	2,60	0,40
Classe 3 – Area Boscata	5,05	0,30
	MEDIA PONDERATA	**0,44**

3.5 Determinazione della portata di massima piena

Il calcolo della portata liquida di massima piena è stato quindi eseguito utilizzando la FORMULA DEL METODO RAZIONALE riportata in precedenza per i diversi tempi di ritorno.

A questo valore si deve aggiungere il valore del trasporto solido che è stato calcolato, essendo la pendenza media del fondo alveo i_f pari al 5,3%, mediante le seguenti formule di:

- Smart & Jaegge (applicabile con $3\% < i_f < 20\%$);
- Schloklitsch (applicabile con $5\% < i_f < 9\%$).

Le quali legano la portata solida Q_S della corrente alla sua portata liquida Q_{LIQ}.

Per la definizione della portata di massima piena del Torrente Gandaloglio per i diversi tempi di ritorno è stato considerato il valore medio dei risultati delle diverse portate per quanto riguarda il contributo del trasporto solido, fatta eccezione per la portata corrispondente ad un tempo di ritorno di 20 anni, per la quale il trasporto solido si considera trascurabile.

I valori relativi alla portata complessiva (solido – liquida) del Torrente Gandaloglio nei diversi tempi di ritorno sono riportati nella seguente tabella:

TEMPO DI RITORNO (anni)	Portata Liquida Q_{LIQ} (m^3/s)	Portata Solida Q_S (m^3/s)	Q_{TOT} (m^3/s)
20	42,84	-	**42,84**
100	55,61	0,95	**56,56**
200	61,02	1,04	**62,06**
500	68,18	1,16	**69,34**

PRO.TEA INGEGNERIA
Progettazione Territorio e Ambiente
Via Martiri, 33- 23824 Dervio (Lc)
☎/🖷 0341.851176
🗁 info@proteaingegneria.it

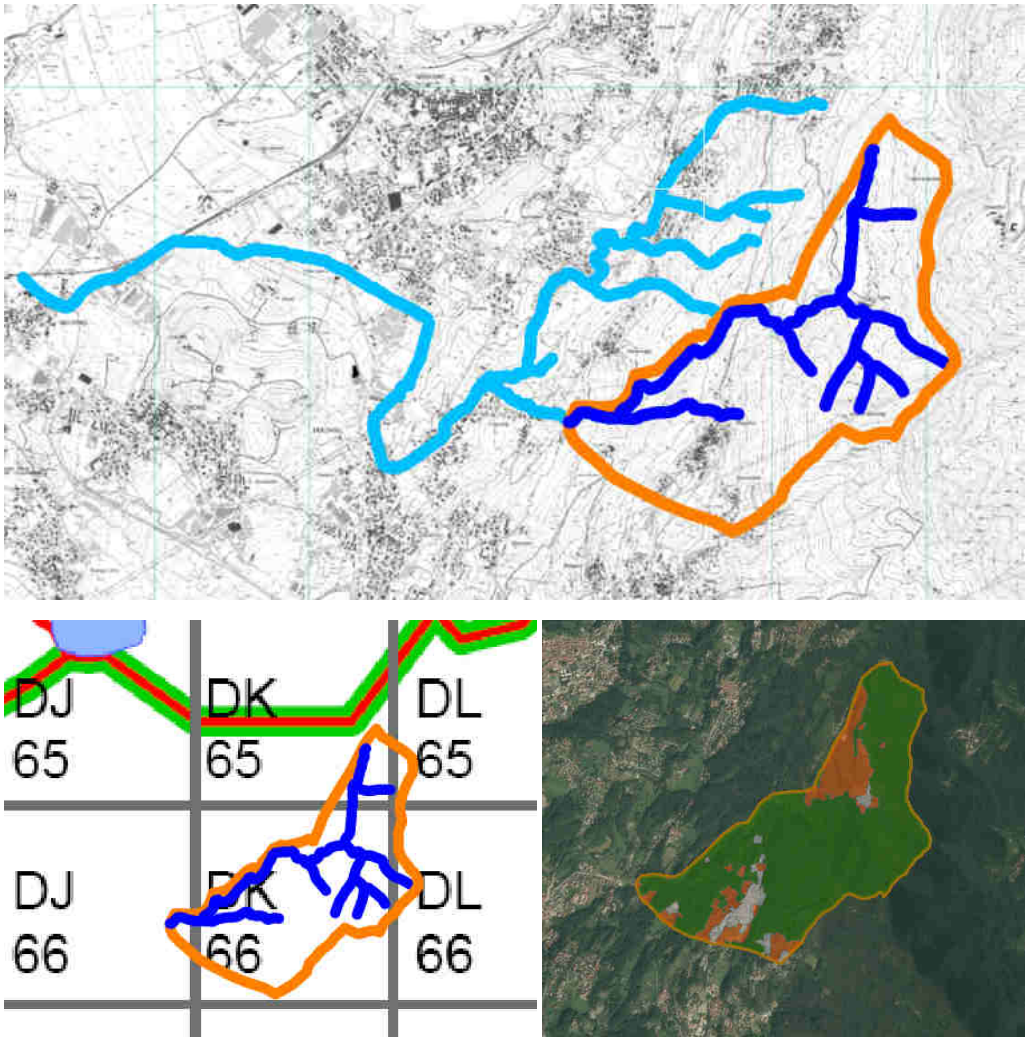
Studio Tecnico Agostoni
23818 PASTURO - LC - Via Cariole, 7
23900 LECCO - Via G. B. Grassi, 17a
Tel. 0341 955142 - e. mail: studio.agostoni@gmail.com

Dott. Geol. Beatrice Leali
Via Rivolta 42- 23017 Morbegno (SO)
🗁 beatrice.leali@gmail.com

SEZIONE DI CHIUSURA DEL BACINO IN CORRISPONDENZA DELL'AREA DI INTERVENTO

Nel presente paragrafo si ridefinisce il valore della portata di massima piena del Torrente Gandaloglio considerando il bacino sotteso ponendo la sezione di chiusura in corrispondenza del limite di valle dell'area di intervento in progetto, situato a quota 365 m s.l.m. circa, in quanto zona dove sono previsti gli interventi di messa in sicurezza del presente progetto.

Dal momento che il procedimento per la definizione della massima piena e le formule utilizzate non subiscono variazioni rispetto a quelle presentate per la totalità del bacino, di seguito ci si limita ad una presentazione sintetica delle caratteristiche del bacino e dei risultati ottenuti.



Vista del bacino ridotto con sezione di chiusura posta in corrispondenza del limite di valle dell'area di intervento su Carta Tecnica Regionale (sopra), su Tavola 3 dell'Allegato 3 del PAI (sotto a sinistra) e con la suddivisione dell'uso del suolo (sotto a destra).

PRO.TEA INGEGNERIA
Progettazione Territorio e Ambiente
Via Martiri, 33- 23824 Dervio (Lc)
☎/🖷 0341.851176
🗁 info@proteaingegneria.it

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. Geol. Beatrice Leali
Via Rivolta 42- 23017 Morbegno (SO)
🗁 beatrice.leali@gmail.com

CARATTERISTICHE DEL BACINO	
Superficie:	2,93 km^2
Lunghezza asta:	3,34 km
Quota massima:	866,90 m s.l.m.
Quota minima:	365,00 m s.l.m.
Quota media:	652,23 m s.l.m.
Tempo di corrivazione:	0,87 h
Pendenza media:	circa 15%
Coefficiente c:	0,34

CARATTERISTICHE PLUVIOMETRICHE			
TEMPO DI RITORNO (anni)	**a**	**n**	**h (mm)**
20	63,21	0,300	60,72
100	82,03	0,299	78,81
200	90,01	0,298	86,49
500	100,60	0,297	96,67

In questo caso, essendo la pendenza media del fondo alveo i_f circa del 15%, il valore del trasporto solido è stato calcolato mediante le seguenti formule di:

- Smart & Jaegge (applicabile con 3% < i_f < 20%);
- Richenmann (applicabile con 7% < i_f < 20%);
- Mizuyama & Shimohigashi (applicabile con 10% < i_f < 20%);
- Mizuyama (applicabile con 10% < i_f < 20%).

DETERMINAZIONE PORTATA DI MASSIMA PIENA			
TEMPO DI RITORNO (anni)	**Portata Liquida Q_{LIQ} (m^3/s)**	**Portata Solida Q_S (m^3/s)**	**Q_{TOT} (m^3/s)**
20	19,45	-	**19,45**
100	25,24	3,57	**28,81**
200	27,70	3,92	**31,62**
500	30,97	4,38	**35,34**

PRO.TEA INGEGNERIA
Progettazione Territorio e Ambiente
Via Martiri, 33- 23824 Dervio (Lc)
☎/🖷 0341.851176
🗁 info@proteaingegneria.it

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. Geol. Beatrice Leali
Via Rivolta 42- 23017 Morbegno (SO)
🗁 beatrice.leali@gmail.com