



Comunità Montana
LARIO ORIENTALE - VALLE SAN MARTINO



Regione Lombardia

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**

PROGETTAZIONE PRELIMINARE

PROGETTO

**MESSA IN SICUREZZA TORRENTE CARPINE
COMUNE DI CALOLZIOCORTE (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@protealingegneria.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



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

**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**

MESSA IN SICUREZZA TORRENTE CARPINE – COMUNE DI CALOLZIOCORTE (LC)

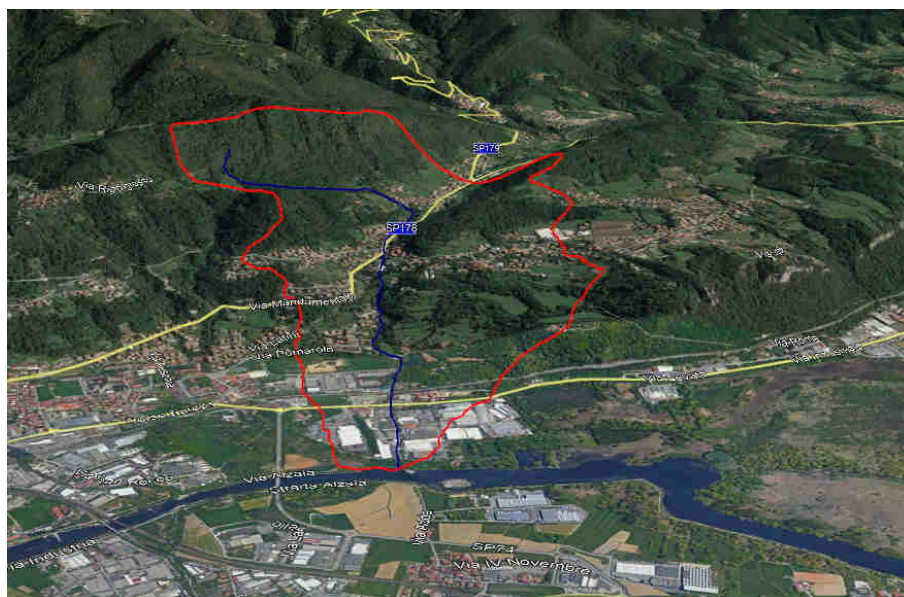
PROGETTAZIONE PRELIMINARE

1.	<u>INQUADRAMENTO GEOGRAFICO</u>	<u>2</u>
2.	<u>INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDRAULICO DEL BACINO</u>	<u>3</u>
3.	<u>STIMA DELLA PORTATA DI PIENA DEL TORRENTE CARPINE</u>	<u>5</u>
3.1	DETERMINAZIONE DELLA CURVA DI POSSIBILITÀ CLIMATICA PUNTUALE (O DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA)	5
3.2	DETERMINAZIONE DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE	8
3.3	DETERMINAZIONE DELLA MASSIMA ALTEZZA DI PRECIPITAZIONE	8
3.4	DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO	8
3.5	DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI MASSIMA PIENA	10



1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il Torrente Carpine scorre tra i Comuni di Calolziocorte, Monte Marenzo e Torre de' Busi per una lunghezza di circa 3,38 km, appartenendo al Reticolo Idrico Minore degli stessi, per poi terminare la sua corsa nel Fiume Adda a quota 197,2 m s.l.m. circa. La superficie del bacino è pari a circa 2,41 km² con quota massima di 788 m s.l.m. presso la "Corna Martinella".

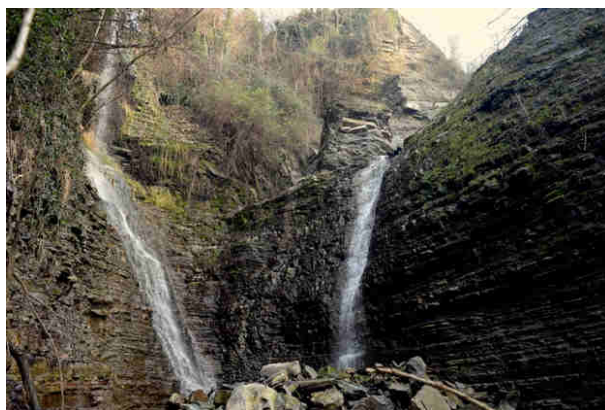
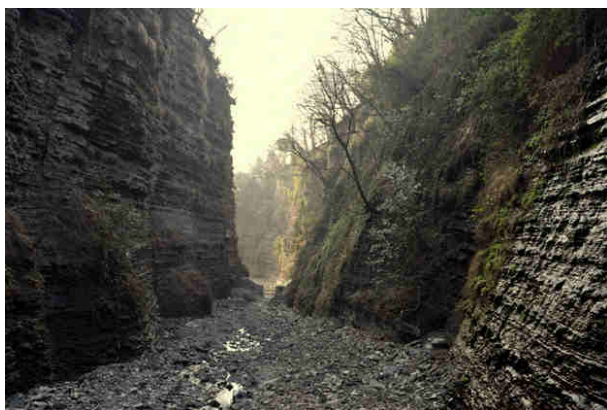
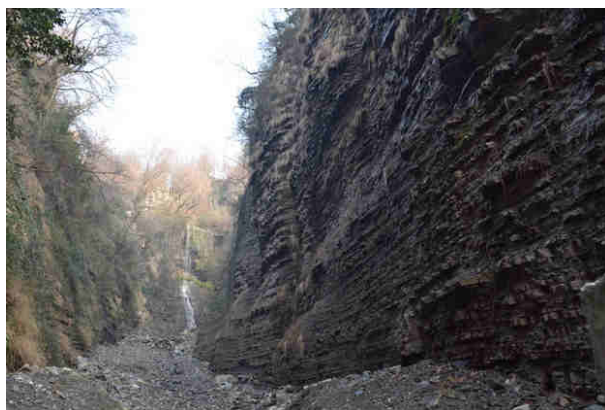
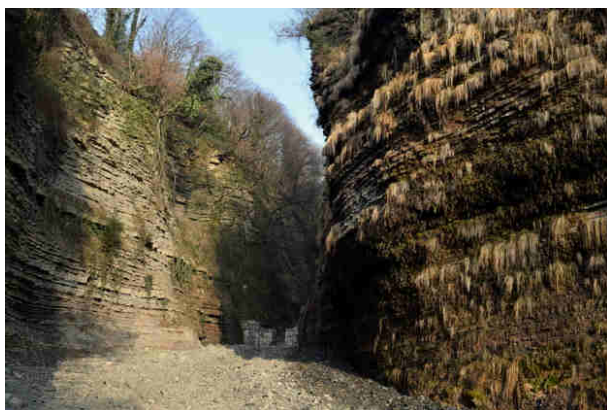


Estratto Google Earth indicante il Torrente Carpine ed il bacino idrografico sotteso.

2. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDRAULICO DEL BACINO

Il corso del torrente, nella parte montana, è caratterizzato da deflusso periodico e pendenze di fondo non elevate, quindi tali da non determinare un considerevole apporto di materiale solido nell'alveo dell'asta principale durante la maggior parte dell'anno. Tuttavia, a seguito di eventi piovosi intensi, il Torrente Carpine è soggetto a piene improvvise che trascinano verso valle diversi sassi, detriti, terra e alberi.

A testimonianza della capacità erosiva del torrente, si segnala che lo stesso è stato in grado di realizzare, nel tempo, un canyon profondo anche alcune decine di metri nella zona compresa tra la frazione di Sala di Calolzio (in particolare Via Pomarolo) e l'abitato di Monte Marenzo, poco a monte dell'area oggetto di intervento.



Alcune viste del canyon creato dal Torrente Carpine tra Sala di Calolzio e Monte Marenzo.

Inoltre, non sono rari i fenomeni di dissesto, causati dall'azione erosiva delle acque del torrente, nella zona di Ravanaro nel Comune di Monte Marenzo, dove il fronte di frana che interessa la collina non si è mai completamente stabilizzato. Tra questi si ricorda lo smottamento del 1994 quando la frana ha interessato anche il depuratore del paese.

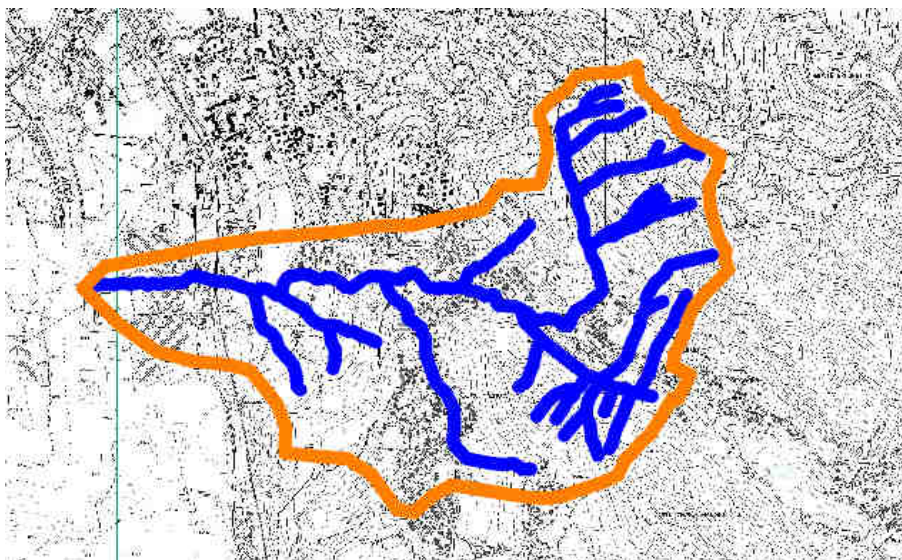
STUDIO IDROGEOLOGICO ED IDRAULICO A SCALA DI SOTTOBACINI IDROGRAFICI
DEL COMPRESORIO DELLA C.M.L.O.V.S.M., FINALIZZATO ALLA DEFINIZIONE
DEGLI INTERVENTI PRIORITARI DI SISTEMAZIONE E DIFESA IDRAULICA
MESSA IN SICUREZZA TORRENTE CARPINE – COMUNE DI CALOLZIOCORTE (LC)

PROGETTAZIONE PRELIMINARE



Vista di una delle aree di dissesto a monte della zona oggetto del presente intervento.

La superficie del bacino del Torrente Carpine è pari a 2,41 km², l'asta principale del torrente si snoda per una lunghezza di 3,38 km con una pendenza media del 17%, il bacino idrografico parte da una quota massima di 788 m s.l.m. fino ad una minima di 197,2 m s.l.m., in corrispondenza dello sbocco nel Lago di Como. L'altitudine media del bacino risulta essere di 417,81 m s.l.m..



Estratto CTR – Bacino idrografico del Torrente Carpine.



3. STIMA DELLA PORTATA DI PIENA DEL TORRENTE CARPINE

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.

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

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



**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**

MESSA IN SICUREZZA TORRENTE CARPINE – COMUNE DI CALOLZIOCORTE (LC)

PROGETTAZIONE PRELIMINARE

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

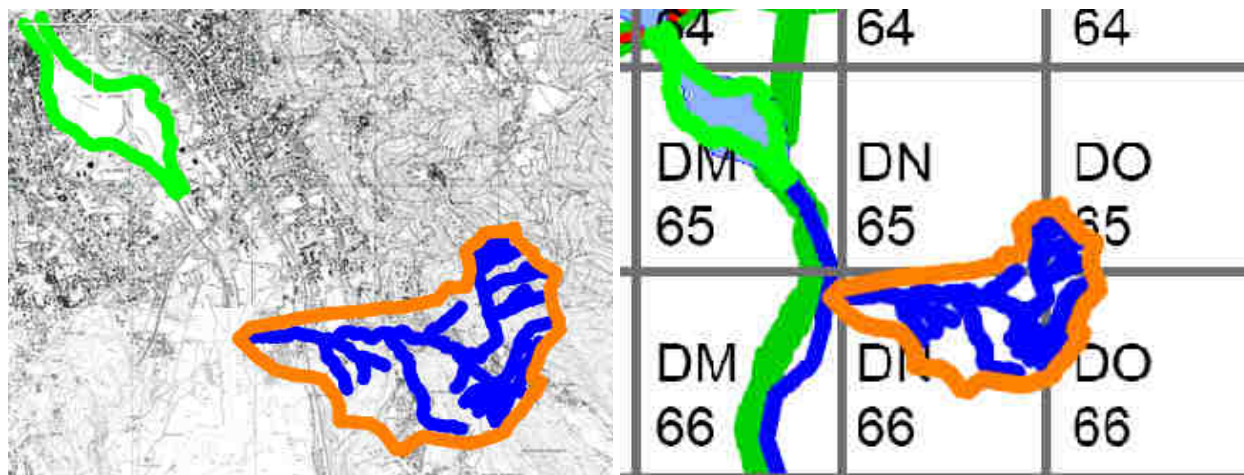
La curva di probabilità pluviometrica è comunemente espressa dalla seguente equazione:

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

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; di cui di seguito se ne riporta uno stralcio.

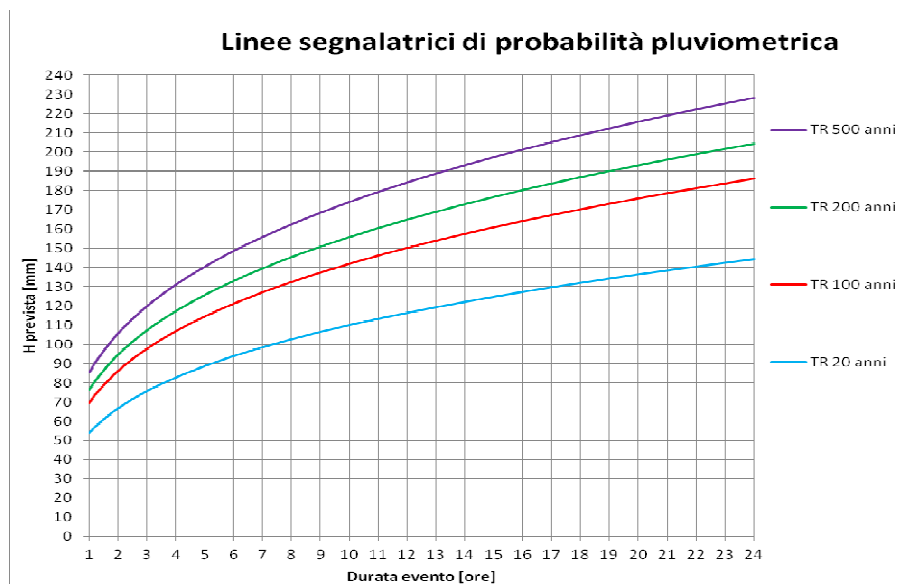


Inquadramento del bacino del Torrente Carpine sotteso all'interno della Tavola 3 dell'Allegato 3 del PAI.

Pertanto il bacino di nostro interesse ricade principalmente all'interno della cella DN66 ed in parte minore nelle celle DN65, DO65 e DO66 le quali sono caratterizzate dai seguenti parametri a ed n per i diversi tempi di ritorno (il valore medio è stato definito pesandolo sulla base della superficie ricadente all'interno del bacino per ogni cella):



TEMPO DI RITORNO (anni)	20		100		200		500	
CELLA	a	n	a	n	a	n	a	n
DN65	59,54	0,296	76,91	0,291	84,28	0,289	94,05	0,287
DN66	59,50	0,290	76,98	0,285	84,37	0,283	94,20	0,281
DO65	58,43	0,294	75,38	0,288	82,57	0,286	92,11	0,283
DO66	58,34	0,287	75,39	0,281	82,60	0,279	92,18	0,277
Media	59,24	0,290	76,60	0,285	83,95	0,283	93,71	0,281



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

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 km²;
L Lunghezza asta principale in km;
H_m Altitudine media bacino in m s.l.m.;
H_o 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 0,95 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	58,35
100	75,47
200	82,72
500	92,35

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:

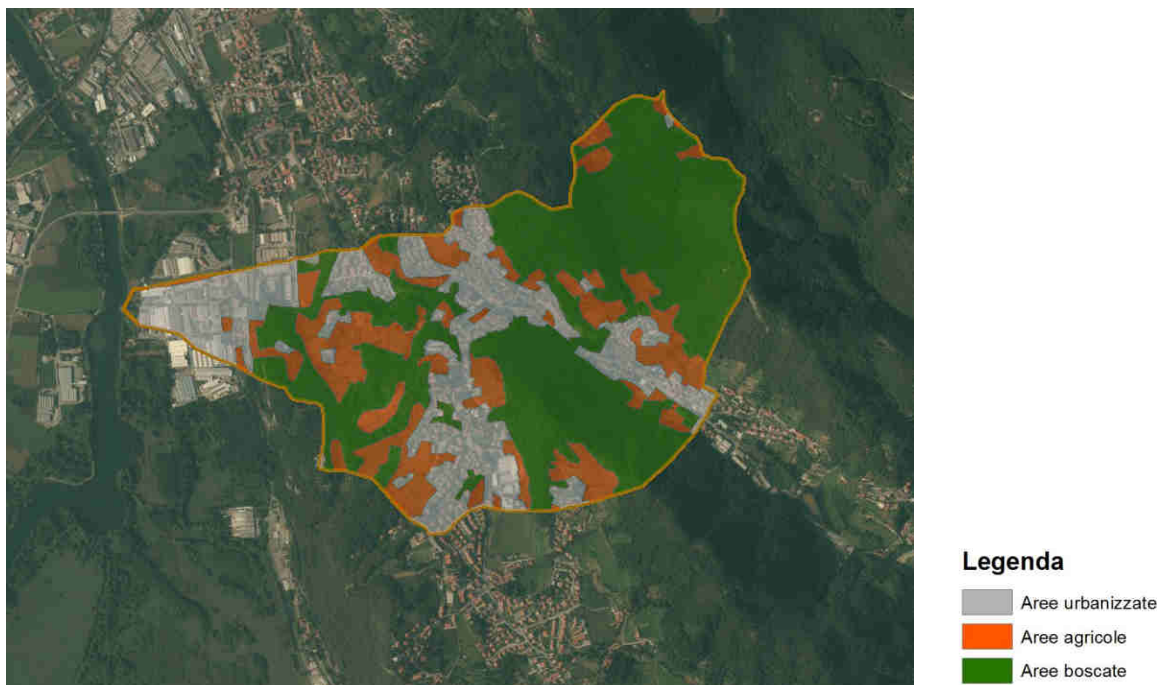
- CLASSE 1 - AREE ANTROPIZZATE, per la quale il coefficiente di deflusso è stato assunto pari a 0,75;
- CLASSE 2 - AREE AGRICOLE, per la quale il coefficiente di deflusso è stato assunto pari a 0,40;

**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**

MESSA IN SICUREZZA TORRENTE CARPINE – COMUNE DI CALOLZIOCORTE (LC)

PROGETTAZIONE PRELIMINARE

- **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 Carpine nella sua parte alta è caratterizzato da territori in prevalenza boscati e seminaturali, mentre nella parte medio - bassa prevalgono le zone urbanizzate con accanto i terreni destinati all'agricoltura.

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	0,656	0,75
Classe 2 – Area Agricola	0,490	0,40
Classe 3 – Area Boscata	1,264	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 17%, 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 $10\% < i_f < 20\%$).

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 Carpine 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 Carpine 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	18,24	-	18,24
100	23,59	4,24	27,83
200	25,85	4,65	30,50
500	28,86	5,19	34,05

SEZIONE DI CHIUSURA DEL BACINO IN CORRISPONDENZA DEL GUADO IN LOCALITA' CANTELLI

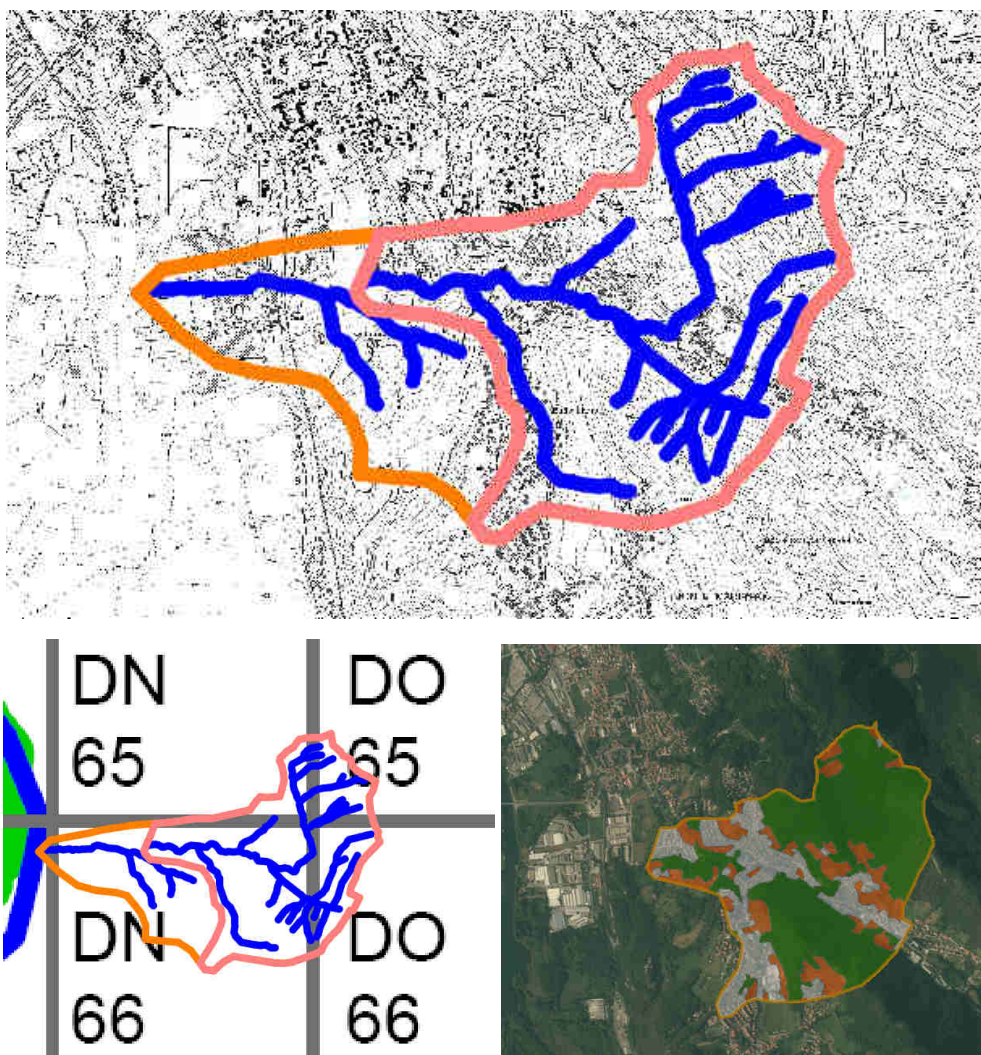
Nel presente paragrafo si ridefinisce il valore della portata di massima piena del Torrente Carpine considerando il bacino sotteso ponendo la sezione di chiusura in corrispondenza del guado in Località Cantelli a quota 219 m s.l.m. circa, in quanto zona dove sono previsti gli interventi di messa in sicurezza 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.

**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**

MESSA IN SICUREZZA TORRENTE CARPINE – COMUNE DI CALOLZIOCORTE (LC)

PROGETTAZIONE PRELIMINARE



Vista del bacino ridotto con sezione di chiusura posta in corrispondenza del guado in Località Cantelli 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).

CARATTERISTICHE DEL BACINO	
Superficie:	1,736 km ²
Lunghezza asta:	2,51 km
Quota massima:	788,00 m s.l.m.
Quota minima:	219,00 m s.l.m.
Quota media:	469,15 m s.l.m.
Tempo di corrivazione:	0,71 h
Pendenza media:	circa 20%
Coefficiente c:	0,42

**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**

MESSA IN SICUREZZA TORRENTE CARPINE – COMUNE DI CALOLZIOCORTE (LC)

PROGETTAZIONE PRELIMINARE

CARATTERISTICHE PLUVIOMETRICHE			
TEMPO DI RITORNO (anni)	a	n	h (mm)
20	59,14	0,291	53,63
100	76,45	0,285	69,45
200	83,78	0,283	76,16
500	93,52	0,281	85,07

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	15,37	-	15,37
100	19,90	4,88	24,78
200	21,82	5,36	27,18
500	24,37	5,98	30,36

