



Comune di Bussoleno

Città Metropolitana di Torino

Regione Piemonte



INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL RIO PISSAGLIO

PROGETTO ESECUTIVO

OGGETTO

01. ELABORATI DESCRITTIVI

RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

TIMBRI E FIRME



HYDRO S.R.L.
VIA ROSOLINO PILO 11 - 10143 TORINO
TEL. +39 011 43 77 242 - FAX +39 011 48 31 038

dott. ing. Santo LA FERLITA
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino
Posizione n.10943X
Cod. Fisc. LFR SNT 81R08 H163L

dott. ing. Fabio AMBROGIO
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino
Posizione n.23B
Cod. Fisc. MBR FBA 78M03 B594K

CONTROLLO QUALITA'

DESCRIZIONE	EMISSIONE	
DATA	FEB/2024	
COD. LAVORO	475/HY	
TIPOL. LAVORO	E	
SETTORE	1	
N. ATTIVITA'	-	
TIPOL. ELAB.	RI	
TIPOL. DOC.	E	
ID ELABORATO	03	
VERSIONE	0	

REDATTO

ing. Alberto CARMELLO

CONTROLLATO

ing. Santo LA FERLITA

APPROVATO

ing. Fabio AMBROGIO

ELABORATO

E-1.3



INDICE

1. PREMESSA	2
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	3
2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	3
2.2 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO	3
3. PRINCIPALI CARATTERISTICHE DEL BACINO IDROGRAFICO	5
3.1 CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE	6
3.2 CALCOLO DEL NUMERO DI CURVA ADIMENSIONALE CN	8
4. ANALISI IDROLOGICA.....	11
4.1 CALCOLO DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA SULLA BASE DEI DATI ARPA PIEMONTE.....	11
4.2 IETOGRAMMA CHICAGO	13
5. CALCOLO DELLE PORTATE LIQUIDE AL COLMO.....	15
5.1 APPROCCIO METODOLOGICO	15
5.1.1 Formula razionale	15
5.1.2 Modello numerico afflussi-deflussi.....	17
5.2 DEFINIZIONE DELLE PORTATE LIQUIDE DI PIENA DEL RIO PISSAGLIO	20
6. CALCOLO DEL TRASPORTO SOLIDO IPERCONCENTRATO	21
6.1 MECCANICA DELLA MOBILIZZAZIONE E DEL MOVIMENTO DELLA COLATA	21
6.2 METODOLOGIA DI CALCOLO PER LA DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI PICCO DELLA COLATA DI DETRITO	22
6.3 CALCOLO DEL DEBRISGRAMMA PER DIFFERENTI TEMPI DI RITORNO	24
7. DIMENSIONAMENTO IDRAULICO DELLE OPERE DI TRATTENUTA	27
7.1 VOLUMI DI ACCUMULO DELLE OPERE ESISTENTI E DELLE OPERE IN PROGETTO	27
7.2 OPERE IDRAULICHE DEL BACINO DI ACCUMULO	27

ALLEGATI:

- ALLEGATO 1 – Linee di possibilità pluviometrica per il bacino del rio Pissaglio
- ALLEGATO 2 – Ietogrammi Chicago
- ALLEGATO 3 – Idrogrammi di piena modello HEC-HMS



1. PREMESSA

Il presente documento illustra gli aspetti idrologici e idraulici esaminati a corredo del Progetto Esecutivo degli “Interventi di sistemazione idraulica del Rio Pissaglio” previsti nel comune di Bussoleno.

Il progetto in esame è finalizzato alla mitigazione del rischio idraulico e geomorfologico del bacino idrografico del Rio Pissaglio, mediante la realizzazione di opere volte al contenimento dei volumi di trasporto solido mobilitabili nella formazione di colate di detrito potenzialmente in grado di riversarsi sul conoide, provocando vittime e danni.

Le attività svolte hanno consentito agli scriventi di stabilire la tipologia e la localizzazione di interventi in grado di massimizzare la capacità di sedimentazione e accumulo del materiale solido preso in carico dalla corrente.

In particolare si provvederà alla sola realizzazione un rilevato in terra e massi ciclopici quale piazza di deposito nella porzione mediana del bacino del Rio Pissaglio.

Il presente elaborato riporta innanzitutto l’inquadramento generale dell’area in esame, dal punto di vista territoriale e idrografico. Si definiscono le principali caratteristiche morfologiche del bacino idrografico in esame, si calcolano le piogge critiche di progetto, finalizzando l’analisi idrologica alla definizione delle portate al colmo di piena mediante formula razionale e modello afflussi – deflussi con l’ausilio di uno specifico software di calcolo. Le portate liquide di piena consentono infine la definizione dei debrisgrammi, per assegnati tempi di ritorno, grazie a specifiche procedure tecniche descritte in relazione.

Le portate complessive così calcolate sono state quindi utilizzate per il dimensionamento e le verifiche idrauliche delle opere in progetto.



2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area oggetto di interventi si localizza nel bacino idrografico del rio Pissaglio, affluente destro del f. Dora Riparia e collocato sul versante meridionale della Val di Susa, precisamente nel Comune di Bussoleno, Città Metropolitana di Torino.

Nel dettaglio, gli interventi oggetto del presente progetto esecutivo si posizionano nel tratto mediano del rio Pissaglio, a monte della Borgata Bessetti (vedi: Figura 1).

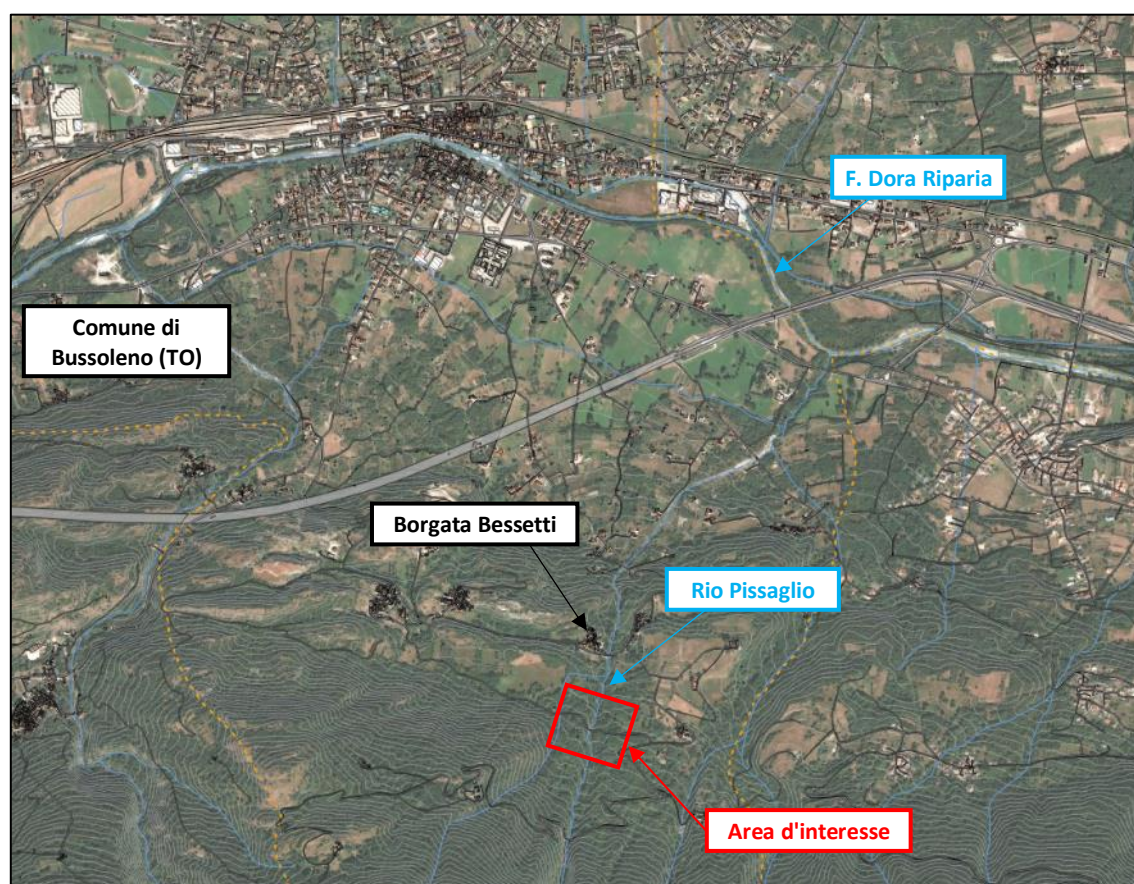


Figura 1 – Inquadramento geografico dell'area d'interesse (fonte: Google Maps)

2.2 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

Come riportato nella *Relazione geologica* del Piano Regolatore Generale Comunale (PRGC) del Comune di Bussoleno “il bacino del rio Pissaglio, molto stretto ed allungato, è caratterizzato da un reticolo idrografico poco evoluto, specie nella parte mediana, e da displuvi poco evidenti, specialmente nella parte alta. Esso scorre per la quasi totalità del suo percorso in depositi quaternari, principalmente rappresentati da detrito di versante e da estesi e continue coltri di depositi glaciali; solo nella parte medio-bassa l'incisione raggiunge i litotipi del basamento



del Dora-Maira. Gli estesi e potenti depositi detritici e glaciali di età quaternaria forniscono ingenti quantità di materiali detritici che il torrente erode; i fenomeni erosivi sono particolarmente evidenti e sono favoriti da estese frane attive che coinvolgono i depositi glaciali. Il corso d'acqua principale presenta alveo tipo monocursale rettilineo, localmente sinuoso, caratterizzato da andamento da sud-sud est a nord-nord ovest per il primo tratto, fino a quota 1270 metri, e da andamento da sud ovest a nord est nella restante parte del suo percorso. Questo netto cambio di direzione è da mettere in relazione ad una probabile cattura del Pissaglio da parte di un affluente del Rio Gerardo. Nel tratto terminale il Pissaglio incide prevalentemente il basamento del Dora-Maira."

Gli stessi concetti sono stati ripresi dal geol. Di Gioia nella relazione appositamente prodotta per il presente progetto (vedi: Elab. E.3) dalla quale si traggono le seguenti immagini relative all'idrografia del bacino e alla delimitazione dei relativi sottobacini.

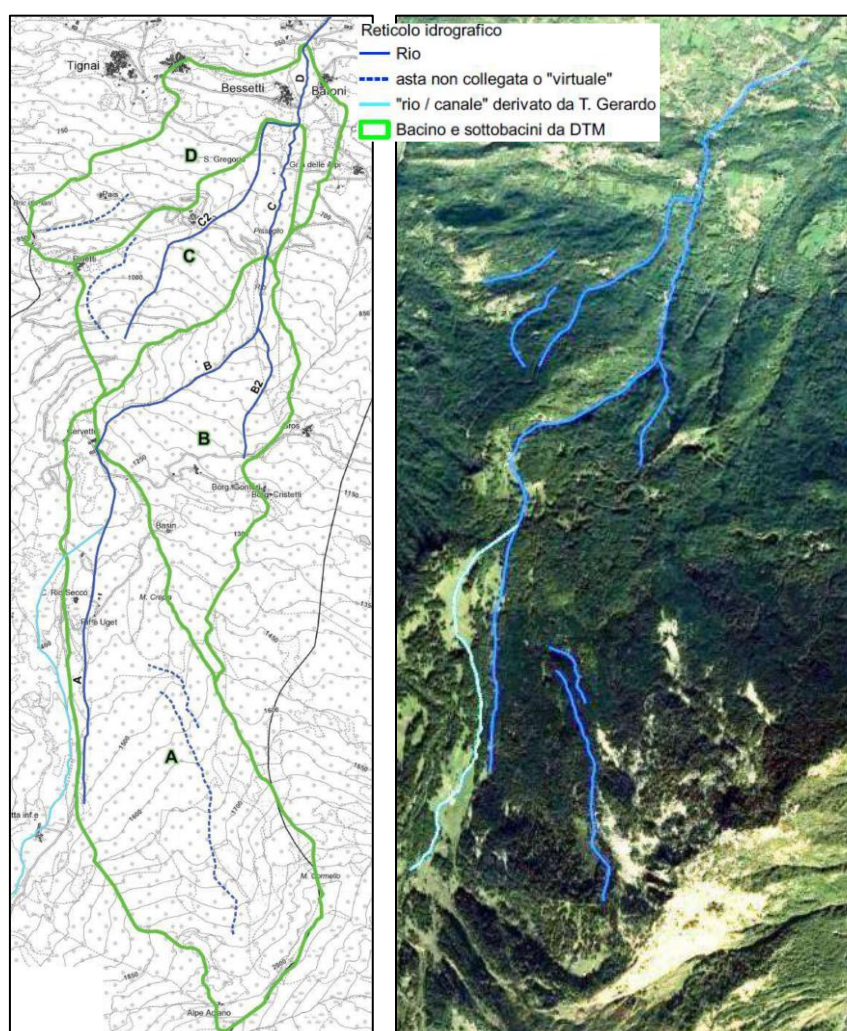


Figura 2 – Bacino, reticolo e sottobacini idrografici del rio Pissaglio (fonte: relazione geol. Di Gioia)



3. PRINCIPALI CARATTERISTICHE DEL BACINO IDROGRAFICO

La delimitazione del bacino e dei relativi sottobacini idrografici del Rio Pissaglio mostrata nelle precedenti figure è stata condotta al fine di ricostruire gli eventi di pioggia e di trasporto solido critici da assumere quale riferimento per consentire il corretto dimensionamento delle opere in progetto.

Nel bacino idrografico del Rio Pissaglio tracciato nell'ambito del presente studio, con sezione di chiusura ubicata in corrispondenza dell'apice del conoide, è possibile identificare quattro differenti sottobacini così caratterizzati:

- Sottobacino A: si estende per circa 1,7 km² e costituisce la parte sommitale del bacino del Rio Pissaglio. Al suo interno è presente un corso d'acqua di piccole dimensioni, posto al margine ovest dell'area, che si sviluppa al di sopra di depositi glaciali indistinti presso l'area pianeggiante di Pian Cervetto.

Nell'area inoltre si ipotizza, a seguito di piogge consistenti, lo sviluppo di due possibili aste torrentizie (vedi: Figura 2). Quest'ultime aste, non collegate a quella principale, si sviluppano in una morfologia a media acclività e, anche se potrebbero essere luogo di probabile debris flow, lo stesso non avrebbe la possibilità di riversarsi oltre la delimitazione del sottobacino A, poiché nella zona sono presenti porzioni sub-pianeggianti che avrebbero funzione di settori di deposito.

Pertanto, l'area A, nonostante l'estensione, si ritiene non abbia le caratteristiche per poter generare un apporto di materiale solido verso le zone poste più a valle, mentre in caso di eventi piovosi intensi potrebbe apportare una significativa quantità in termini di portata liquida, tale da generare situazioni più critiche nelle aree più a valle;

- Sottobacino B: si estende per circa 0,9 km², occupa la parte centrale del bacino idrografico e presenta un'acclività superiore rispetto agli altri sottobacini.

Il sottobacino contribuisce in maniera ingente al trasporto solido per via delle caratteristiche geomorfologiche e litologiche (presenza di frane superficiali diffuse e aree sorgente);

- Sottobacino C: si estende per circa 0,6 km², con il sottobacino D, costituisce la parte terminale del bacino idrografico del Rio Pissaglio, chiuso in apice conoide.

Per le caratteristiche geomorfologiche contribuisce limitatamente ai fenomeni di trasporto solido;

- Sottobacino D: si estende per circa 0,7 km², costituendo la parte terminale del bacino idrografico del Rio Pissaglio individuato nell'ambito del presente studio. Per le caratteristiche geomorfologiche, il proprio contributo ai fenomeni di trasporto solido risulta del tutto trascurabile.

Nell'ambito del presente studio il contributo di tale sottobacino non sarà preso in considerazione, in quanto confluisce lungo il corso d'acqua a valle rispetto all'ubicazione degli interventi in progetto.

Nella tabella a seguire si riportano le principali caratteristiche di ciascun sottobacino del Rio Pissaglio.



Tabella 1 – Principali caratteristiche dei sottobacini idrografici del Rio Pissaglio

Sottobacino	Area <i>km²</i>	Lunghezza asta <i>km</i>	Pendenza media <i>m/m</i>	Quota media <i>m s.l.m.</i>
A	1,7	1,7	0,15	1'703
B	0,9	1,3	0,39	1'155
C	0,6	0,8	0,18	943
D	0,7	0,3	0,24	768
A+B+C+D	3,9	4,1	0,23	1'335

3.1 CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

In molte schematizzazioni delle trasformazioni afflussi-deflussi s'introduce l'ipotesi che il tempo impiegato da una particella d'acqua per raggiungere la sezione di chiusura del bacino scorrendo in superficie sia una costante che dipende soltanto dalla posizione del punto in cui è caduta e dalle caratteristiche morfologiche del bacino.

Pur essendo un'assunzione che presenta notevoli limiti, è comunque molto utile nella pratica progettuale in quanto, a prescindere dal metodo scelto per la determinazione della portata di piena, fornisce con calcoli relativamente semplici un'indicazione sul comportamento idrologico del bacino in studio.

Il tempo di corrivazione è il tempo impiegato da una particella d'acqua per raggiungere la sezione di chiusura del bacino, per cui ad ogni punto della superficie del bacino corrisponde un valore del tempo di corrivazione. Un punto particolare è quello idraulicamente più lontano dalla sezione di chiusura, che rappresenta il contributo "ultimo" del deflusso superficiale. Il tempo di corrivazione di questo punto, che è il tempo impiegato dalla particella d'acqua caduta nel punto idraulicamente più lontano per percorrere l'intero bacino, dall'origine alla sezione di chiusura, e che risulta il maggiore tra quelli dei diversi punti del bacino, prende il nome di *tempo di corrivazione del bacino*.

Quindi, per ciascun sottobacino esaminato si può determinare il tempo di corrivazione T_c corrispondente, tenendo conto che dipende da numerosi fattori che possono essere di seguito elencati:

- parametri relativi alla topografia e alle caratteristiche planimetriche del sottobacino, come la superficie, la lunghezza e la pendenza dell'asta principale, la larghezza media del bacino, la distanza del baricentro del bacino dal punto idraulicamente più lontano dalla sezione di chiusura, la pendenza media dei versanti;
- parametri che definiscono le caratteristiche della rete idrografica quali la densità della rete, la capacità d'invaso nella rete e in bacini naturali e artificiali, le scabrezze degli alvei;
- parametri relativi alla copertura vegetale che definiscono la maggiore o minore presenza di boschi, pascoli, seminativi o altra destinazione d'uso del suolo;



- parametri relativi alle caratteristiche geologiche e fisiche del suolo quali la permeabilità e la capacità di trattenuta dell'acqua.

Vista la notevole difficoltà di considerare tutti questi parametri, il tempo di corrivazione si calcola in genere utilizzando formule che derivano dall'analisi di molti casi reali e che esprimono il legame mediamente esistente tra il tempo di corrivazione e alcune altre grandezze caratteristiche del bacino e di facile determinazione.

Nel seguito si riportano le formulazioni utilizzate dagli scriventi per il calcolo del tempo di corrivazione maggiormente rappresentative di ciascun sottobacino idrografico in esame.

1. La formulazione di Pasini per bacini di superficie < 40 km²:

$$T_c = 0,108 \cdot \frac{\sqrt[3]{S \cdot L}}{\sqrt{i_f}}$$

dove:

T_c = tempo di corrivazione (ore);

S = superficie del sottobacino (Km²);

L = lunghezza dell'asta principale (Km);

i_f = pendenza caratteristica dell'asta principale (m/m);

2. La formulazione proposta da Ventura (per bacini <40 km²):

$$T_c = 0,1272 \cdot \sqrt{\frac{S}{i_f}}$$

dove:

T_c = tempo di corrivazione (ore);

S = superficie del sottobacino (Km²);

i_f = pendenza caratteristica dell'asta principale (m/m);

3. La formulazione proposta da Viparelli:

$$T_c = \frac{L}{V}$$

dove:

T_c: tempo di corrivazione (ore)

L = lunghezza dell'asta principale (km);

V = velocità media di deflusso lungo il corso d'acqua, con valori suggeriti dall'autore compresi tra 1 e 1,5 m/s. Il valore di velocità utilizzato nel presente studio è di 1,3 m/s.



Per ciascun sottobacino in esame è stato definito il tempo di corrivazione pari alla media dei valori ottenuti dall'applicazione delle formulazioni soprariportate (cfr. Tabella 2).

Tabella 2 – Valori del Tempo di corrivazione (T_c) di ciascun sottobacino del Rio Pissaglio individuato

<i>Bacino</i>	<i>T_c ore</i>
A	0,4
B	0,3
C	0,2
D	0,2
A+B+C+D	0,6

3.2 CALCOLO DEL NUMERO DI CURVA ADIMENSIONALE CN

Il numero di curva adimensionale CN (runoff curve number) è un indice di ritenzione potenziale del suolo, che dipende dalla pedologia, dal tipo e grado di copertura del suolo e dal grado di umidità iniziale del terreno. Tale indice ha un valore compreso tra 0 e 100 e, per la sua determinazione, il Soil Conservation Service propone delle classificazioni, in modo da far rientrare la zona esaminata in una determinata categoria e ricavare da opportune tabelle il valore di CN corrispondente.

Generalmente, i terreni che costituiscono il bacino di riferimento devono essere ricondotti ad una delle quattro classi litologiche Tabella 3.

Tabella 3 – Gruppi idrogeologici assegnabili ai diversi litotipi

Classe	Tipologia di terreno
A	Accumuli di frana da crollo
B	Depositi da debris flow, alluvioni antiche, depositi colluviali, depositi gravitativi di falda e conoide, depositi glaciali di ablazione e indifferenziati
C	Depositi colluviali, prodotti colluviali
D	Calcari dolomitici, serpentiniti, calcescisti, micascisti, gneiss indifferenziati, metabasiti

L'intero bacino idrografico analizzato, in funzione delle caratteristiche litologiche, è stato collocato nel gruppo BD.

Il parametro CN viene calcolato come media pesata, considerando come pesi le percentuali areali di ciascuna classe d'uso del suolo, con riferimento a un grado di umidità iniziale del terreno a seguito di un evento meteorico, quindi un terreno saturo (condizione AMC III).



Difatti nel calcolo del CN si tiene inoltre conto di situazioni di umidità del terreno all’inizio della precipitazione diverse da quella media; il metodo classifica le condizioni di umidità in tre categorie:

- AMC I: potenziale di scorrimento superficiale minimo; i suoli del bacino sono sufficientemente asciutti da permettere un’aratura o coltivazione soddisfacente;
- AMC II: condizione media;
- AMC III: potenziale di scorrimento superficiale massimo; il bacino è stato praticamente saturato dalle piogge precedenti.

La categoria a cui fare riferimento si può individuare in base alla precipitazione totale dei 5 giorni precedenti quello dell’evento di pioggia e in base alla stagione (vegetativa o non vegetativa).

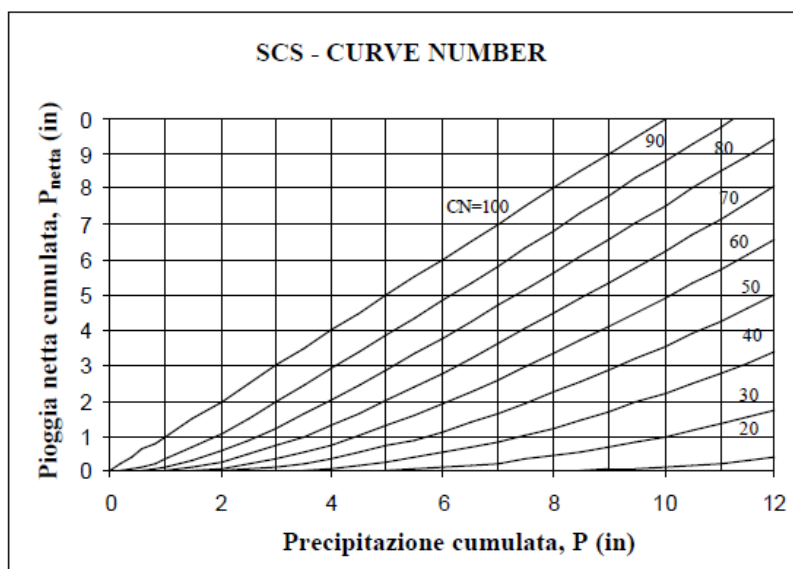


Figura 3 – Influenza del parametro CN nella stima del volume di pioggia netta.

Tabella 4 – Condizioni di umidità in funzione della precipitazione antecedente

AMC	Precipitazione antecedente di 5 gg l’evento	
	Stagione di riposo (mm)	Stagione vegetativa (mm)
I	< 12,7	< 35,6
II	12,7 – 27,9	35,6 – 53,3
III	> 27,9	> 53,3

I valori di CN corrispondenti alla categoria AMC I e AMC III si possono ricavare dal valore di CN che corrisponde alla categoria AMC II per mezzo delle seguenti relazioni (Chow et al., 1988), dove n , m e δ sono dei coefficienti numerici noti:



$$CN(I) = \frac{n \cdot CN(II)}{\delta - 0,058 \cdot CN(II)} \quad CN(III) = \frac{m \cdot CN(II)}{\delta + 0,13 \cdot CN(II)}$$

Alla luce delle analisi condotte è stato stimato il paramento CN del bacino idrografico oggetto di interesse pari a 83.



4. ANALISI IDROLOGICA

Nel seguente paragrafo si riporta l'analisi idrologica condotta al fine di determinare, per fissati tempi di ritorno, gli idrogrammi di piena e i correlati debrigrammi che potrebbero manifestarsi nel bacino idrografico del rio Pissaglio.

4.1 CALCOLO DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA SULLA BASE DEI DATI ARPA PIEMONTE

La valutazione del regime idrologico dell'area d'interesse è stata condotta facendo riferimento alla metodologia elaborata dall'ARPA PIEMONTE – *Atlante delle piogge intense*.

Il servizio consente di ricavare in un qualsiasi punto del territorio regionale le linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per assegnato tempo di ritorno per le durate da 10 minuti a 24 ore che rappresentano lo strumento essenziale nella progettazione idraulica e nella valutazione probabilistica delle portate di piena.

L'analisi statistica ha utilizzato tutta la base dati disponibile comprensiva delle stazioni storiche del Servizio Idrografico e Mareografico nazionale in funzione dal 1913 al 2002 e delle stazioni della rete regionale realizzata a partire dal 1987.

Lo scopo principale dell'analisi idrologica è quello di determinare l'entità delle massime portate di deflusso per l'area oggetto di studio. La metodologia permette di selezionare graficamente l'area del bacino di interesse e scaricare i dati caratteristici di ogni maglia in tabelle rappresentative per la successiva elaborazione numerica. Le maglie hanno dimensione areale pari a 250x250 m e ad ogni quadrato del reticolo sono assegnati i valori di a , n e K caratteristici per i quali, utilizzando le formule elaborate nella metodologia, è possibile calcolare dei valori di a e n in funzione del tempo di ritorno considerato, rappresentativi del bacino analizzato.

La figura seguente riporta un esempio della discretizzazione in celle del tessuto territoriale della Regione Piemonte reperibile dal portale cartografico Arpa per l'individuazione dei parametri delle curve di possibilità pluviometrica in funzione dei vari tempi di ritorno dell'evento.

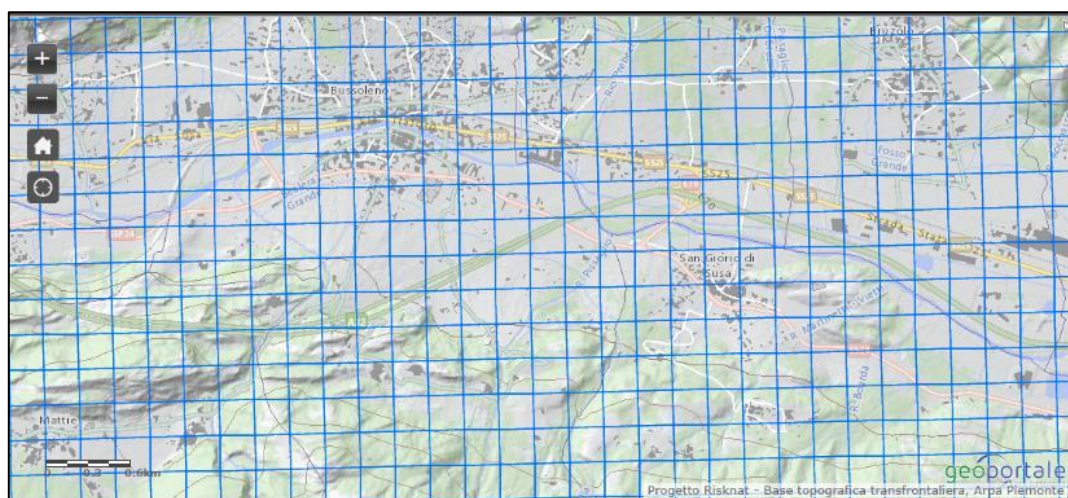


Figura 4 – Maglia della rete dell'Atlante delle Piogge (fonte: Geoviewer Arpa Piemonte)



Al bacino idrografico individuato (vedi: Figura 2) è stato quindi applicato tale sistema statistico di regionalizzazione, tramite la consultazione di nove differenti celle rappresentative e uniformemente distribuite. Pertanto i parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica utilizzati sono stati calcolati mediando, in maniera ponderata sulle aree, i parametri ottenuti dalla consultazione delle nove differenti celle sopracitate.

Le elaborazioni statistiche effettuate nella metodologia proposta da Arpa Piemonte consentono, per assegnato valore del tempo di ritorno, di ricavare per il bacino idrografico oggetto d'interesse le curve di massima possibilità pluviometrica, rappresentata dalla seguente funzione:

$$h = a t^n$$

avendo indicato con:

- h (mm): altezza di precipitazione;
- t (ore): tempo di pioggia;
- a (mm) e n (-): parametri della curva, definiti attraverso l'analisi del campione di altezze di precipitazione utilizzando leggi di regolarizzazione statistica.

Infine, si evidenzia che è stata utilizzata la distribuzione GEV, in quanto mediamente restituisce valori di altezze di pioggia maggiormente cautelativi rispetto quelli calcolati mediante l'applicazione della distribuzione Gumbel.

Il grafico delle curve di possibilità pluviometriche così determinate è riportato in Figura 5, mentre in Tabella 5 e Tabella 6 si riportano i valori del coefficiente a e dell'esponente n delle curve di possibilità pluviometrica.

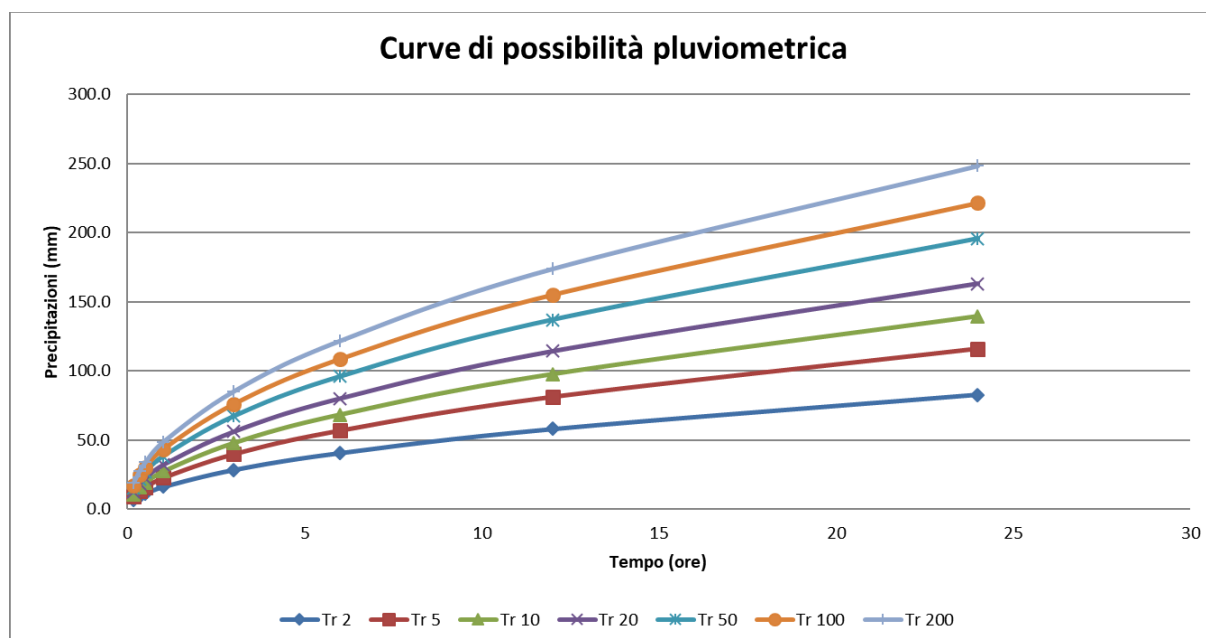


Figura 5 – Curve di possibilità pluviometrica calcolate per il bacino idrografico del rio Pissaglio



Tabella 5 – Altezze di pioggia per differenti tempi di ritorno (media di dati GEV Arpa Piemonte su 9 celle caratteristiche del bacino idrografico del rio Pissaglio)

Durata	Altezze di pioggia (mm) per assegnato tempo di ritorno (anni)						
	2	5	10	20	50	100	200
10 minuti	6.4	9.0	10.8	12.7	15.12	17.2	19.3
20 minuti	9.2	12.9	15.4	18.1	21.7	24.5	27.5
30 minuti	11.3	15.8	19.0	22.3	26.7	30.2	33.9
1 ora	16.1	22.6	27.2	31.8	38.12	43.2	48.4
3 ore	28.4	39.8	47.8	56.0	67.1	76.0	85.2
6 ore	40.5	56.8	68.3	80.0	95.9	108.5	121.7
12 ore	57.9	81.2	97.6	114.2	137.0	154.9	173.9
24 ore	82.7	116.0	139.5	163.1	195.7	221.3	248.4

Tabella 6 – Valori del coefficiente a ed esponente n determinati con le leggi di regolarizzazione dei dati pluviometrici

	a, n per assegnato tempo di ritorno (anni)						
	2	5	10	20	50	100	200
a	16.14	22.62	27.18	31.82	38.16	43.18	48.44
n	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51

4.2 IETOGRAMMA CHICAGO

Una volta definiti i parametri pluviometrici, occorre calcolare la “pioggia di progetto” che caratterizza il manifestarsi di un evento meteorico intenso e conseguentemente un evento di piena lungo il bacino idrografico oggetto di interesse.

La pioggia di progetto rappresenta un evento ipotetico che, per assegnato tempo di ritorno, presenta una particolare distribuzione temporale delle precipitazioni.

In generale, lo ietogramma può essere caratterizzato da un andamento rettangolare (che presuppone un'intensità costante di precipitazione durante tutto l'evento) o triangolare (in cui si assume un'intensità variabile ed impulsiva nel corso dell'evento). Nel presente studio si è fatto ricorso ad uno ietogramma triangolare, denominato *ietogramma Chicago*.

Assegnato il tempo di ritorno all'evento che si vuole rappresentare con ietogramma, si assume come tempo di pioggia t_p un valore pari a circa il doppio del T_c (tempo di corrvazione, vedi §3.1): si garantisce, così, che l'intero bacino contribuisca alle portate della sezione di chiusura. La ricostruzione dello ietogramma di tipo Chicago presuppone che durante l'evento, l'intensità di pioggia non sia costante: presenta un picco, la cui posizione dipende dal tipo di trasformazione afflussi – deflussi scelta.

Lo ietogramma Chicago si basa sul rispetto della curva di massima possibilità pluviometrica: la massima intensità media di precipitazione per ciascuna durata coincide con il valore ricavato dalla curva di massima possibilità pluviometrica di adeguato tempo di ritorno.



Per il bacino idrografico d'interesse si sono ricavati gli ietogrammi Chicago, relativi a tempi di ritorno di 5, 10, 20, 50, 100, 200 anni per un evento ipotetico con durata pari al doppio del tempo di corrivazione del bacino ed intensità variabile. I grafici associati sono riportati in ALLEGATO 2.

Nella figura seguente è riportato lo ietogramma Chicago calcolato per un evento pluviometrico associato a un tempo di ritorno di 100 anni.

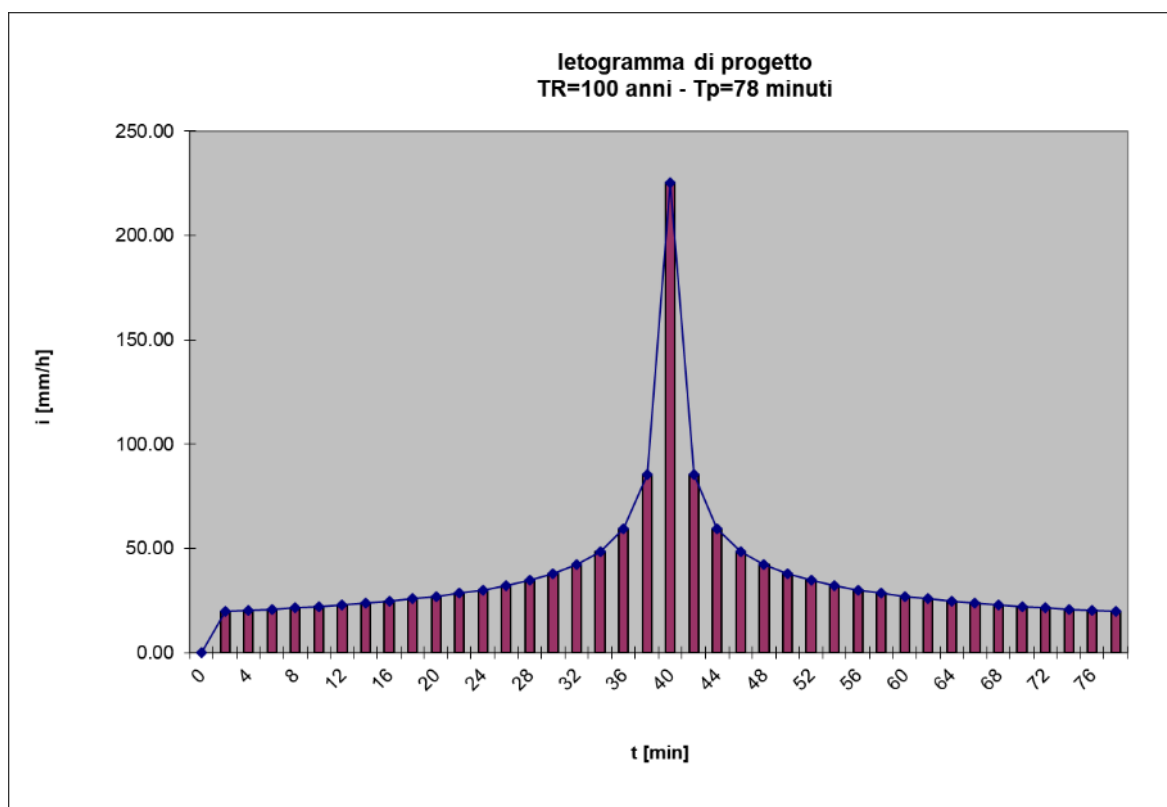


Figura 6 – ietogramma Chicago calcolato per Tr 100 anni con tempo di pioggia (circa 80 min) pari a circa 2 volte il tempo di corrivazione del bacino idrografico



5. CALCOLO DELLE PORTATE LIQUIDE AL COLMO

5.1 APPROCCIO METODOLOGICO

Per la definizione delle portate di piena per assegnati tempi di ritorno, sono state applicate due differenti metodologie:

- il metodo razionale;
- l'approccio modellistico numerico basato sulla trasformazione afflussi-deflussi (HEC-HMS), partendo dai dati di precipitazione disponibili.

Infine, per definire l'evento di progetto maggiormente gravoso e pertanto più cautelativo ai fini della progettazione degli interventi, sono stati valutati due differenti bacini idrografici:

- Bacino A + B: costituito dal sottobacino A e dal sottobacino B;
- Bacino A + B + C: costituito dal Bacino A + B e dal sottobacino C;

Il sottobacino D è ubicato a valle degli interventi in progetto, pertanto, per la valutazione degli eventi di progetto, non verrà preso in considerazione.

Sulla base dei risultati ottenuti, sono poi stati considerati i risultati maggiormente cautelativi e rappresentativi delle analisi svolte.

5.1.1 Formula razionale

La formula razionale è una delle formulazioni più note e validate in letteratura, basata sul *metodo della corrivazione* e raccomandata anche nella “Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica” proposta dall'Autorità di Bacino nelle Norme di Attuazione del PAI, per il calcolo delle portate di piena in bacini idrografici di piccole dimensioni. La formula è quella di seguito riportata:

$$Q_{max} = \frac{c \cdot V}{3600 \cdot T_c}$$

dove:

- T_c è il tempo di corrivazione, imposto eguale alla durata della pioggia critica t_c ;
- c è il coefficiente di deflusso;
- V il volume affluito sul bacino (m^3).

Il modello assume che la precipitazione sia uniformemente distribuita nel tempo e nello spazio e si basa sulla curva di massima possibilità climatica. La portata al colmo dipende essenzialmente dal volume d'acqua affluito sul bacino durante l'evento meteorico e dalle caratteristiche fisiche e morfologiche del bacino stesso. La precipitazione è ricavata direttamente dalla curva di massima possibilità climatica calcolata secondo la metodologia precedentemente illustrata con un'intensità costante per tutto l'evento, assumendo una durata pari



al tempo di corrivazione del bacino in esame (risulta così garantito che l'intero bacino contribuisca alla formazione dei deflussi alla sezione di chiusura).

Il coefficiente di deflusso (o di riduzione) “c” consente di determinare le precipitazioni efficaci, che contribuiscono effettivamente alla formazione del deflusso in corrispondenza della sezione di chiusura. Si ipotizza che la restante parte dia luogo a perdite (rappresentate essenzialmente dai termini legati ad infiltrazione, evapotraspirazione, etc.), o che giunga “in ritardo” alla sezione di chiusura, non contribuendo così al picco di portata. Nella succitata Direttiva dell'Autorità di Bacino sono forniti dei valori indicativi per il coefficiente c (vedi: Tabella 7). Sulla base di questi valori, è stato valutato il coefficiente di deflusso, sebbene il valore utilizzato sia stato incrementato rispetto ai range proposti per considerare il deflusso sull'area urbanizzata.

Tabella 7 – Valori del coefficiente di deflusso suggeriti dall'Autorità di Bacino

Tipo di suolo	Coefficiente di deflusso c		
	Coltivato	Pascolo	Bosco
Suolo con infiltrazione elevata, normalmente sabbioso o ghiaioso	0,20	0,15	0,10
Suolo con infiltrazione media, senza lenti argillose; suoli limosi o simili	0,40	0,35	0,30
Suolo con infiltrazione bassa, suoli argillosi e suoli con lenti argillose vicino alla superficie, strati di suolo sottile al di sopra di roccia permeabile	0,50	0,45	0,40

Alla luce di tali considerazioni ed in funzione delle intensità di pioggia attese per eventi pluviometrici di tempi di ritorno crescenti, si sono determinati i seguenti valori delle portate liquide al colmo per i due differenti bacini idrografici presi in considerazione (vedi: Tabella 8).

Tabella 8 – Portate liquide al colmo calcolate con metodo razionale

Evento pluviometrico	Sottobacino	Q _{MAX} [m ³ /s]
TR 5 anni	A + B	5,0
	A + B + C	5,9
TR 10 anni	A + B	6,9
	A + B + C	8,0
TR 20 anni	A + B	8,7
	A + B + C	10,2
TR 50 anni	A + B	11,6
	A + B + C	13,5
TR 100 anni	A + B	15,3
	A + B + C	17,9
TR 200 anni	A + B	17,2
	A + B + C	20,0



5.1.2 Modello numerico afflussi-deflussi

Per la determinazione delle portate di piena, conseguenti ad un determinato evento meteorico, si è fatto inoltre ricorso ad un modello di trasformazione afflussi-deflussi numerico *HEC – HMS (Hydrologic Modeling System)*, derivato da un codice di calcolo elaborato dall'*Hydrologic Engineering Center* dell'*U.S. Army Corps of Engineers*.

Il software consente il calcolo dell'idrogramma di piena, definite le principali caratteristiche del bacino e in funzione dello ietogramma dell'evento pluviometrico. Il reticolo idrografico è rappresentato come una serie di elementi idrologicamente interconnessi; per ciascun elemento devono venir specificati i seguenti parametri: le perdite iniziali, il metodo di trasformazione adottato ed il flusso di base.

Nell'ambito del presente progetto definitivo, il modello di calcolo è stato allestito in modo da poter consultare separatamente i contributi relativi a ciascun sottobacino e gli idrogrammi di piena alle due sezioni di chiusura, in modo da valutare gli apporti meteorici relativamente al Bacino A + B e il Bacino A + B + C (cfr. Figura 7).

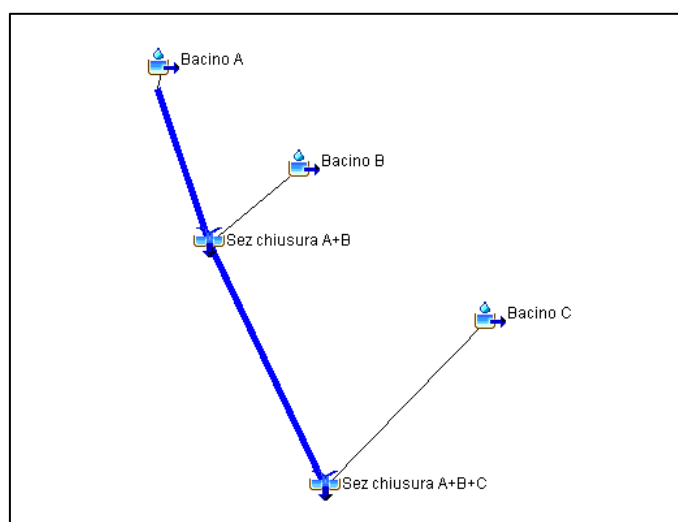


Figura 7 – Geometria del modello HMS allestito

Inoltre il modello afflussi - deflussi consente il calcolo dell'idrogramma di piena, definite le principali caratteristiche del bacino. Il reticolo idrografico è rappresentato come una serie di elementi idrologicamente interconnessi; per ciascun elemento devono essere specificati i seguenti parametri:

- le perdite iniziali;
- il metodo di trasformazione adottato;
- il flusso di base.

Per determinare le perdite iniziali (ossia la parte di precipitazione che non produce deflusso superficiale ma viene persa in infiltrazione, evapotraspirazione etc.) si possono utilizzare diverse metodologie che richiedono in ingresso, però, parametri di difficile determinazione.



Nell'applicare il modello HEC – HMS ai bacini in studio, si è optato per il metodo sviluppato dal S.C.S., che richiede solo la conoscenza del numero adimensionale CN e delle perdite iniziali I_0 , i cui valori sono stati definiti al §0, al quale si rimanda.

Il metodo di calcolo utilizzato per valutare la trasformazione afflussi – deflussi è quello elaborato dal *Soil Conservation Service*, che richiede la conoscenza del tempo di ritardo (t_{lag}):

$$t_{lag} = 0,6 T_c \text{ (minuti)}$$

dove T_c indica il tempo di corrivazione del bacino, calcolato al §3.1.

Il codice di calcolo consente, inoltre, la scelta tra diverse opzioni per la definizione dell'idrogramma unitario; questo, infatti, può essere fornito direttamente oppure descritto in funzione dei parametri di Clark, Snyder o dell'SCS (Soil Conservation Service). Nel presente studio si è utilizzata la tecnica elaborata dal S.C.S., che si basa sull'idrogramma unitario sintetico. Analogamente a quanto determinato con il metodo razionale, con il codice HEC-HMS è stato possibile calcolare gli idrogrammi di piena per i due bacini idrografici del Rio Pissaglio presi in considerazione:

- Bacino A + B: costituito dal sottobacino A e dal sottobacino B;
- Bacino A + B + C: costituito dai sottobacini A + B e dal sottobacino C;

Rimandando per il dettaglio numerico all'ALLEGATO 3, si riporta nel seguito la tabella di sintesi delle portate al colmo calcolate con il software HEC-HMS e, a titolo di esempio, la trasformazione afflussi – deflussi relativamente al Bacino A + B in occasione di un evento di progetto duecentennale (cfr. Figura 8, Figura 9 e Figura 10).

Tabella 9 – Portate liquide al colmo calcolate con il software HEC-HMS

Evento pluviometrico	Bacino	Q_{MAX} [m ³ /s]
TR 5 anni	A + B	2,3
	A + B + C	2,8
TR 10 anni	A + B	4,1
	A + B + C	5,1
TR 20 anni	A + B	6,4
	A + B + C	7,9
TR 50 anni	A + B	10,2
	A + B + C	12,3
TR 100 anni	A + B	13,7
	A + B + C	16,4
TR 200 anni	A + B	17,6
	A + B + C	20,9

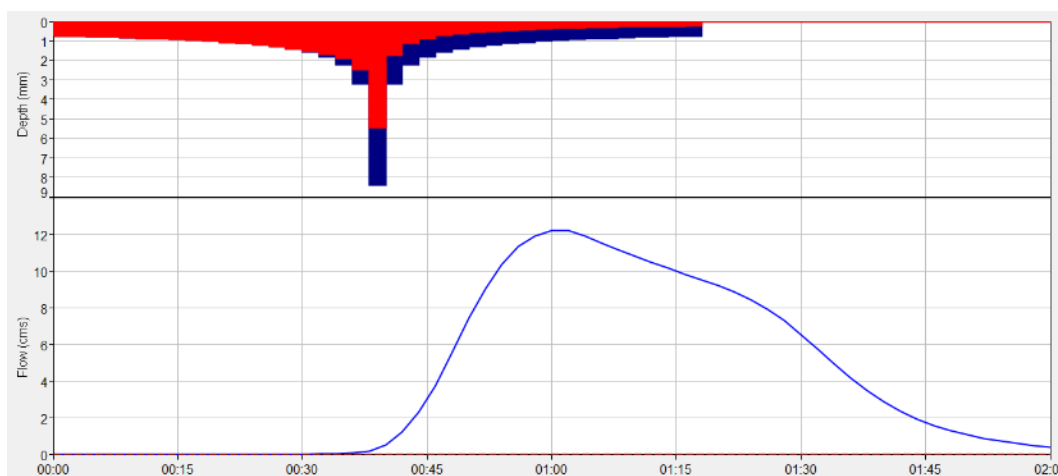


Figura 8 – Trasformazione afflussi – deflussi con il modello HEC-HMS per un evento meteorico TR 200 anni che interessa il sottobacino A

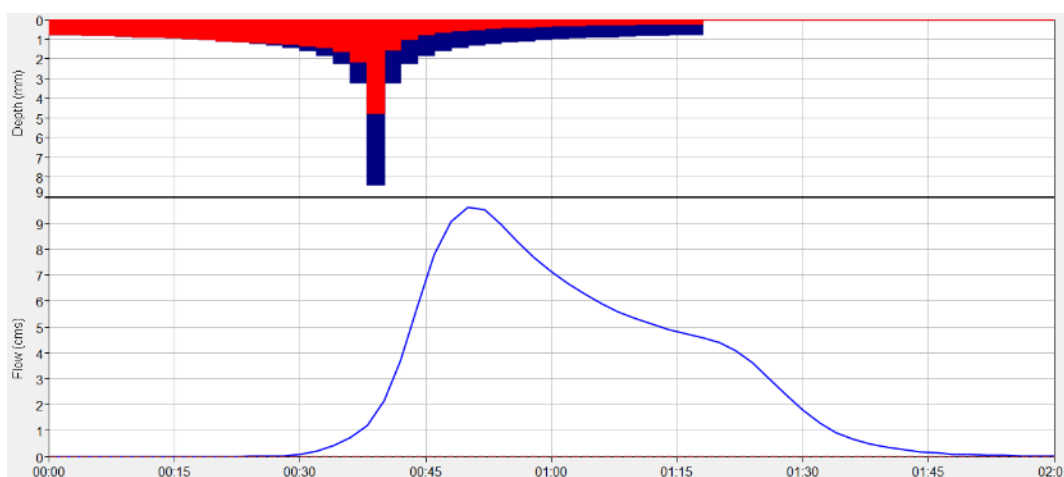


Figura 9 – Trasformazione afflussi – deflussi con il modello HEC-HMS per un evento meteorico TR 200 anni che interessa il sottobacino B

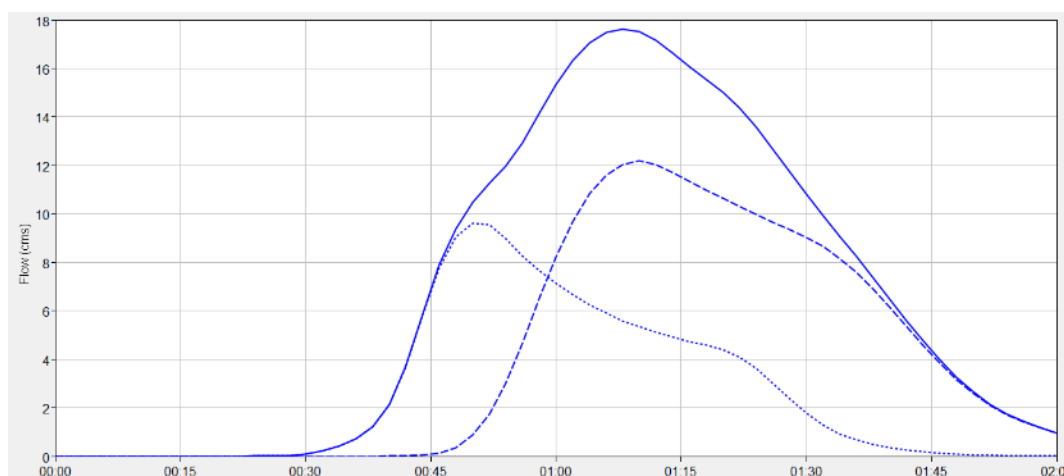


Figura 10 – Idrogramma di piena valutato alla sezione di chiusura A + B, per un evento meteorico TR 200 anni



5.2 DEFINIZIONE DELLE PORTATE LIQUIDE DI PIENA DEL RIO PISSAGLIO

In Tabella 10 si mettono a confronto i valori di portata ottenuti per i vari tempi di ritorno utilizzando il Metodo Razionale e il metodo afflussi-deflussi. Dalla consultazione dei risultati ottenuti è possibile effettuare le seguenti osservazioni:

- Portate calcolate con modello HEC-HMS per tempi di ritorno inferiori a 100 anni sono più basse rispetto a quelle calcolate con metodo razionale, mentre portate superiori a T_r 100 sono leggermente superiori se calcolate con modello afflussi-deflussi; ciò poiché il metodo razionale considera, al variare dei tempi di ritorno, un coefficiente di deflusso costante, mentre il modello afflussi-deflussi, considerando le perdite iniziali al perdurare dell'evento pluviometrico, determina gli efflussi con un grado di approfondimento superiore;
- Il modello HEC-HMS, implementato con lo ietogramma di progetto dell'evento, consente la restituzione non soltanto del valore di picco della portata, ma dell'intero idrogramma liquido di piena rappresentativo dell'evento.

Tabella 10 – Sintesi dei risultati per il calcolo della portata al colmo di piena per differenti tempi di ritorno dell'evento – Metodo Razionale e modello afflussi deflussi: si assumono queste ultime

Evento pluviometrico	Bacino	METODO RAZIONALE	TRASFORMAZIONE AFFLUSSI - DEFLUSSI
		Q_{MAX} [m ³ /s]	Q_{MAX} [m ³ /s]
TR 5 anni	A + B	5,0	2,3
	A + B + C	5,9	2,8
TR 10 anni	A + B	6,9	4,1
	A + B + C	8,0	5,1
TR 20 anni	A + B	8,7	6,4
	A + B + C	10,2	7,9
TR 50 anni	A + B	11,6	10,2
	A + B + C	13,5	12,3
TR 100 anni	A + B	15,3	13,7
	A + B + C	17,9	16,4
TR 200 anni	A + B	17,2	17,6
	A + B + C	20,0	20,9

Alla luce di quanto esposto si ritengono maggiormente rappresentativi i risultati delle simulazioni condotte con il modello afflussi-deflussi.



6. CALCOLO DEL TRASPORTO SOLIDO IPERCONCENTRATO

Le colate di trasporto solido iperconcentrato si verificano infatti in condizioni di forte pendenza dell'alveo e di elevata presenza di materiale solido mobilitabile di varia pezzatura.

La variazione tipologica di trasporto solido dalla condizione ordinaria alla condizione di trasporto iperconcentrato è discriminata dall'altezza della corrente interessata dal trasporto di materiale solido e da quella non interessata o, più specificatamente, interessata esclusivamente dal trasporto di materiale di minutissime dimensioni. Nelle condizioni di trasporto solido ordinario, altrimenti definito *bed-load*, lo spessore dello strato di corrente caratterizzato dal fenomeno di trasporto solido di fondo è dello stesso ordine di grandezza delle dimensioni del materiale solido trasportato, il cui moto avviene per salti, strisciamenti o rotolamenti.

Nelle condizioni di trasporto solido iperconcentrato, che si discriminano a loro volta nella formazione di *immature* o *mature* debris flow, si ha un trasporto solido all'interno dello spessore dello strato di corrente che è sensibilmente superiore rispetto alle dimensioni delle particelle veicolate e che, al limite, può interessare tutto lo strato di corrente.

I comportamenti di una colata dipendono in maniera predominante dalla reologia del materiale interessato, grandezza che può variare nel corso dell'evento e da un punto all'altro dell'asta torrentizia. Dallo studio di fenomeni di colata, è emerso come nella maggioranza dei casi essi si presentino in occasione di eventi pluviometrici di particolare intensità, preceduti o non da periodi di pioggia. Tuttavia è importante notare come i fenomeni di colata si possano presentare sotto forma di un'unica onda o di più onde successive di intensità variabile.

6.1 MECCANICA DELLA MOBILIZZAZIONE E DEL MOVIMENTO DELLA COLATA

I diversi meccanismi di mobilizzazione dei sedimenti ed i campi di esistenza di ciascuna tipologia di corrente emergono analizzando un ammasso granulare saturo di spessore D , composto di particelle non coesive di densità ρ_s , con angolo di attrito interno pari a ϕ e granulometria uniforme sulla quale defluisce una corrente idrica in moto uniforme che esercita uno sforzo τ_0 sull'ammasso assunto in quiete. È definita come concentrazione di massimo impaccamento C^* la concentrazione di volume delle particelle nell'ammasso in condizioni statiche.

Dall'osservazione e dall'analisi matematica si rileva come le forze destabilizzanti siano riconducibili a:

- lo sforzo idrodinamico di fondo;
- il peso del materiale solido;
- il peso dell'acqua interstiziale nell'ammasso.

Le forze stabilizzanti dell'ammasso sono invece funzione essenzialmente dell'attrito del materiale, e quindi del peso dello stesso.

Non approfondendo ulteriormente l'analisi teorica, è utile evidenziare come i meccanismi di mobilizzazione delle correnti iperconcentrate, siano esse immature o mature debris flow, sono differenti da quelli che caratterizzano il classico trasporto di fondo.

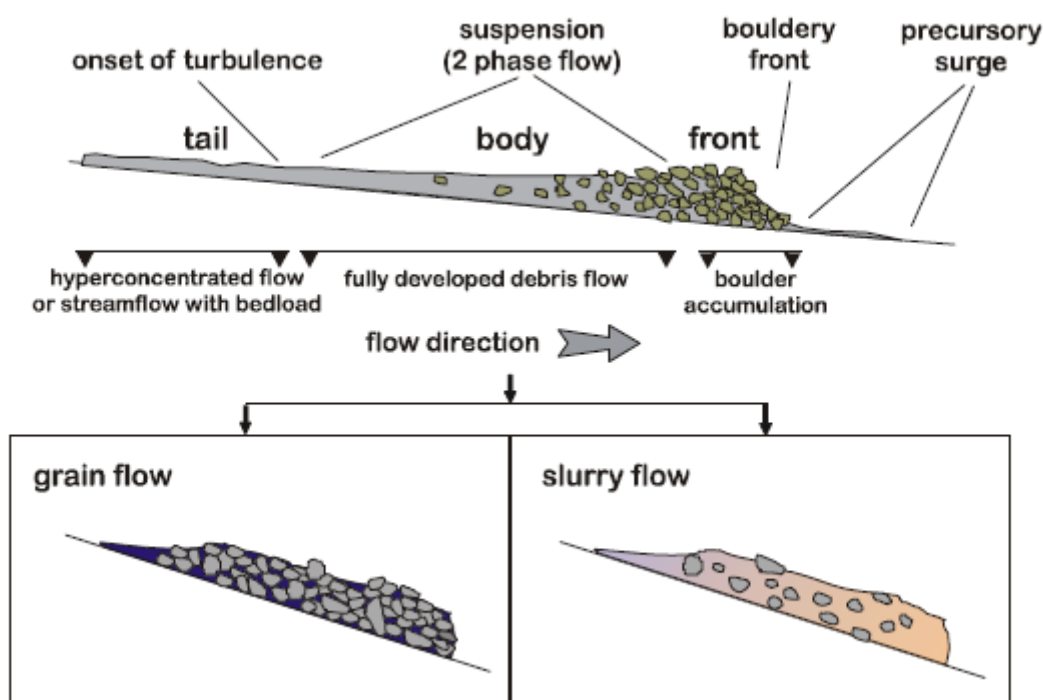


Figura 11 – Schema grafico di un'onda di debris flow

Nella maggior parte dei casi, quando il processo di formazione è dovuto alla sollecitazione di una corrente defluente su un ammasso di materiale incoerente saturo, ciò che controlla e limita il processo di erosione è la presenza di uno strato staticamente instabile. Nel processo di formazione la corrente va caricandosi di materiale attraverso la progressiva destabilizzazione di tale strato. Al crescere della concentrazione il suo spessore va riducendosi fino ad annullarsi e la corrente detritica raggiunge la condizione di equilibrio, definita dalla *relazione di Takahashi* e denominata condizione di saturazione.

$$C = \alpha \frac{\rho \cdot \tan \theta}{(\rho - \rho_s)(\tan \phi - \tan \theta)^\gamma}$$

Con C concentrazione di equilibrio della colata, α e γ parametri empirici e le altre grandezze definite precedentemente.

6.2 METODOLOGIA DI CALCOLO PER LA DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI PICCO DELLA COLATA DI DETRITO

Uno degli aspetti determinanti per l'analisi di un fenomeno di colata detritica, nell'ottica di una corretta definizione dei fenomeni che potenzialmente si possono manifestare, è rappresentato dalla costruzione del “*debrisgramma*”, ossia del grafico che rappresenta la variazione di portata della colata nel tempo, o dalla determinazione dell'entità del picco di portata in corrispondenza di un evento pluviometrico parossistico.



Le caratteristiche e l'entità del debrisgramma e della portata di picco del fenomeno di colata dipendono in generale dall'apporto di portata liquida dell'evento a cui sono correlate, ossia dall'idrogramma di piena.

L'analisi idrologica è pertanto propedeutica allo studio dei fenomeni di colate detritiche: una volta ottenuto l'idrogramma della portata liquida corrispondente ad un prefissato T_r si è in grado di stimare la portata di picco del fenomeno di colata utilizzando metodologie e criteri proposti in letteratura.

La metodologia considerata per il calcolo della portata di picco di un debris flow è quella proposta da Takahashi nel 1991:

$$Q_{d\max} = Q_{l\max} \cdot \frac{C^*}{C^* - C}$$

La formula è altrimenti esprimibile come:

$$Q_{d\max} = Q_{l\max} \cdot k$$

$$k = \frac{C^*}{C^* - C}$$

dove con C^* si indica la concentrazione di massimo impaccamento o la concentrazione statica dei sedimenti, ossia la concentrazione prima che l'ammasso si mobiliti, come definito precedentemente.

Le formulazioni per il calcolo della C , ossia della concentrazione solida volumetrica all'equilibrio del fronte stazionario, sono funzioni essenzialmente delle caratteristiche geomeccaniche del sedimento e della pendenza dell'alveo, oltre che della densità dell'acqua e della densità del solido. Inoltre, esse sono funzione anche del valore della concentrazione statica C^* .

La capacità di mobilitazione del materiale dipende invece dalla *portata critica*, ossia dalla portata per la quale si ha l'instaurarsi del fenomeno di colamento per effetto dell'azione di trasporto della portata liquida. Il valore di portata liquida iniziale di soglia, al di sopra della quale si attivano i movimenti di particelle solide e il trasporto solido, è stata valutata mediante la formulazione di Schoklitsch (1957).

Da letteratura si rileva come condizione che può essere assunta per l'inizio e la fine del fenomeno del debris flow sia quella che si ha in corrispondenza del raggiungimento della una portata pari a 2-3 Q_{cr} .

Il picco di debris flow è invece determinato calcolando la condizione di massimo in corrispondenza del massimo valore di portata idrica; il valore di C_v non supera mai il valore di C^* , ossia assume come limite superiore il valore di $0.9C^*$; conseguentemente, il valore di picco della portata solida per il debrisgramma non supera mai la condizione di $10 Q_v$.



6.3 CALCOLO DEL DEBRISGRAMMA PER DIFFERENTI TEMPI DI RITORNO

Per quanto descritto al paragrafo precedente, si è proceduto al calcolo del debrisgramma per eventi di colata di debris caratterizzati dai tempi di ritorno di 100 e 200 anni, considerando due differenti bacini idrografici riportati a seguire:

- Bacino A + B: come riportato precedentemente (cfr. §2) si ritiene che il sottobacino A non contribuisca all'apporto di materiale solido in occasione di un determinato evento meteorico, mentre il sottobacino B contribuisce in maniera ingente al trasporto solido per via delle caratteristiche geomorfologiche e litologiche. Alla luce di quanto appena esposto il valore della concentrazione di equilibrio è stato imposto pari a 0,47;
- Bacino A + B + C: per tale bacino restano valide le considerazioni soprariportate. Inoltre il sottobacino C costituisce la parte terminale del bacino idrografico del Rio Pissaglio, chiuso in apice conoide. Per le caratteristiche geomorfologiche contribuisce limitatamente ai fenomeni di trasporto solido, pertanto la concentrazione di equilibrio è stata posta pari a 0,35.

Nella tabella a seguire si riporta una stima dei volumi attesi di colata relativamente ad eventi associati a tempi di ritorno di 100 e 200 anni per i due differenti bacini idrografici considerati. Occorre tuttavia considerare che il volume effettivo di colata deve essere commisurato alla effettiva disponibilità del materiale in alveo.

Tabella 11 – Portate e volumi caratteristici per eventi di debris flow attesi per differenti tempi di ritorno

TR	Bacino	Picco di portata liquida m ³ /s	Picco di portata solida m ³ /s	Picco di portata di debris m ³ /s	Volume liquido dell'idrogramma m ³	Volume solido potenziale della colata m ³	Volume potenziale complessivo di debris m ³
100	A + B	13,7	35,8	49,5	38'000	37'700	75'700
	A + B + C	16,4	18,9	35,3	48'000	26'700	74'700
200	A + B	17,6	46,0	63,6	48'700	46'100	94'800
	A + B + C	20,9	24,1	45,0	61'200	37'600	98'800

Il calcolo per i differenti tempi di ritorno dei volumi di materiale solido potenzialmente mobilitabili nel corso di eventi di colata di detrito sono del tutto compatibili con il calcolo dei volumi effettivamente disponibili, così come individuati nella relazione geologica di progetto ove è riportato un volume massimo pari a 50.000 m³ (vedi: *Elab. E.3 – Relazione geologica e geotecnica*).

Come si vedrà in dettaglio più avanti, ciò comporta che gli interventi di contenimento già esistenti e quelli integrativi di cui alla presente progettazione saranno sufficienti a far fronte soltanto parzialmente al verificarsi di eventi di colata detritica caratterizzati da tempi di ritorno di 100 e 200 anni.

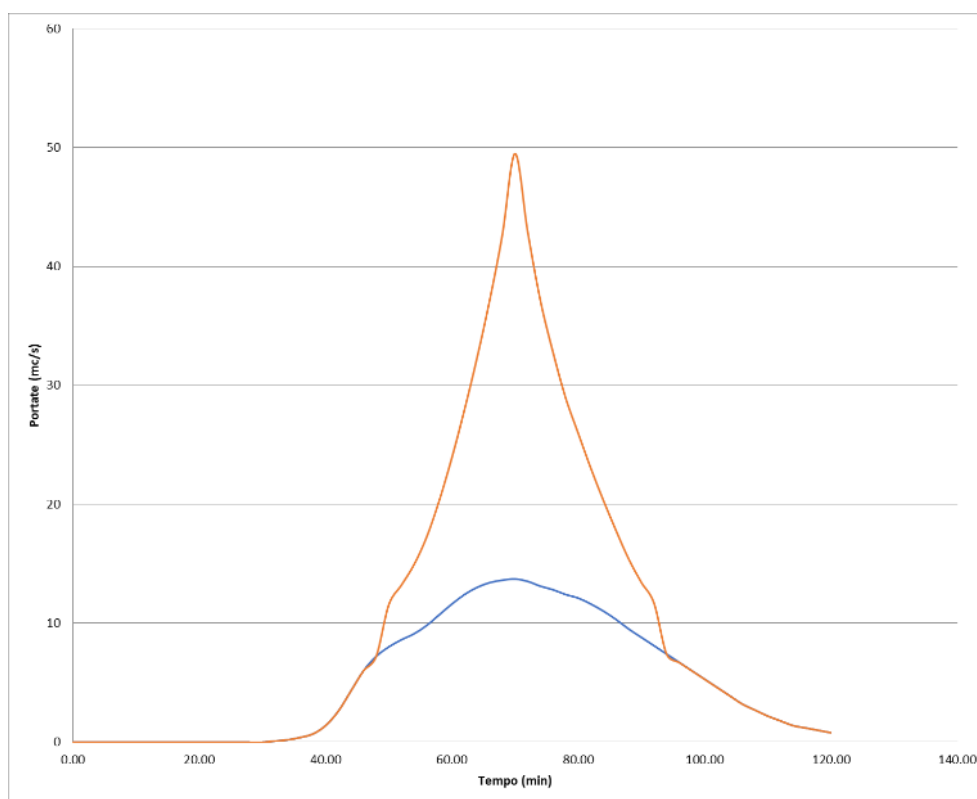


Figura 12 – Debrisgramma per Tr 100 anni, Bacino A + B

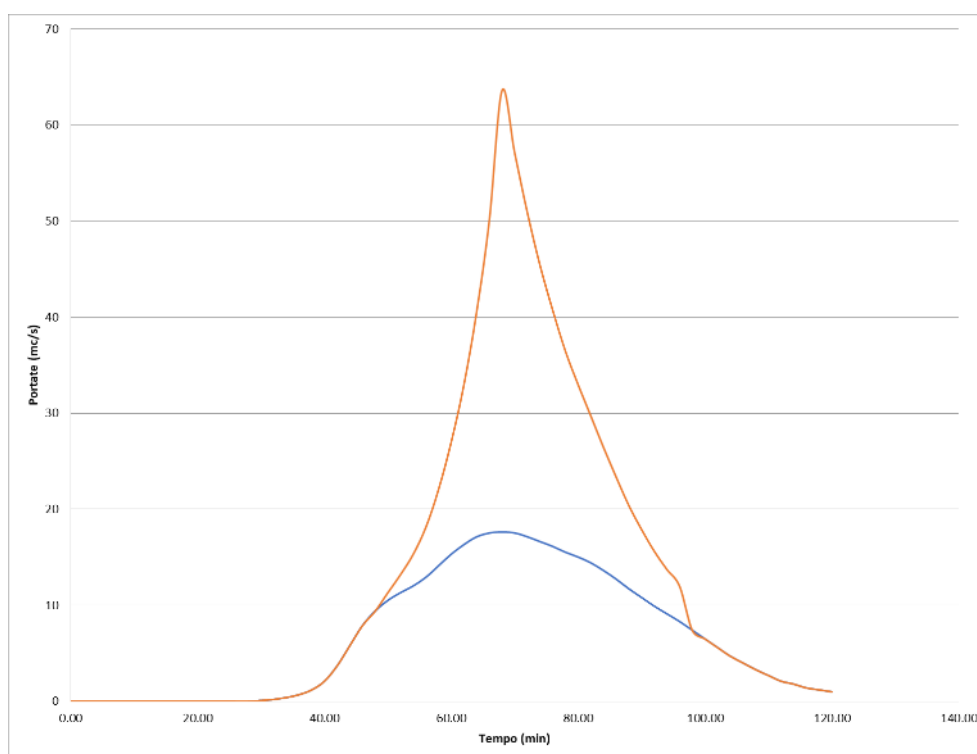


Figura 13 – Debrisgramma per Tr 200 anni, Bacino A + B

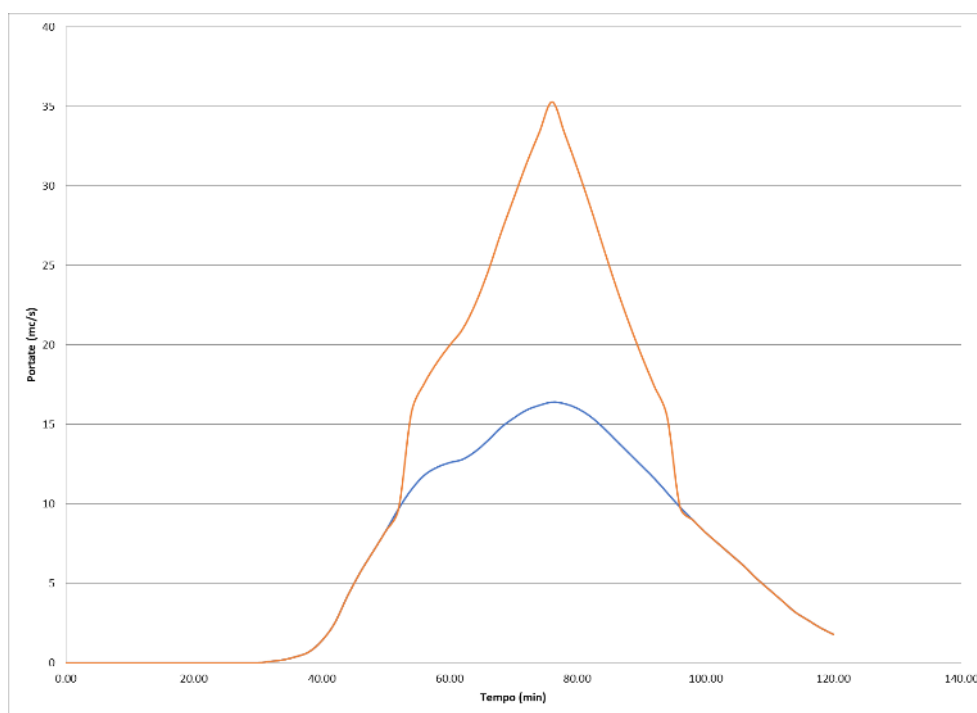


Figura 14 – Debrisgramma per Tr 100 anni, Bacino A + B + C

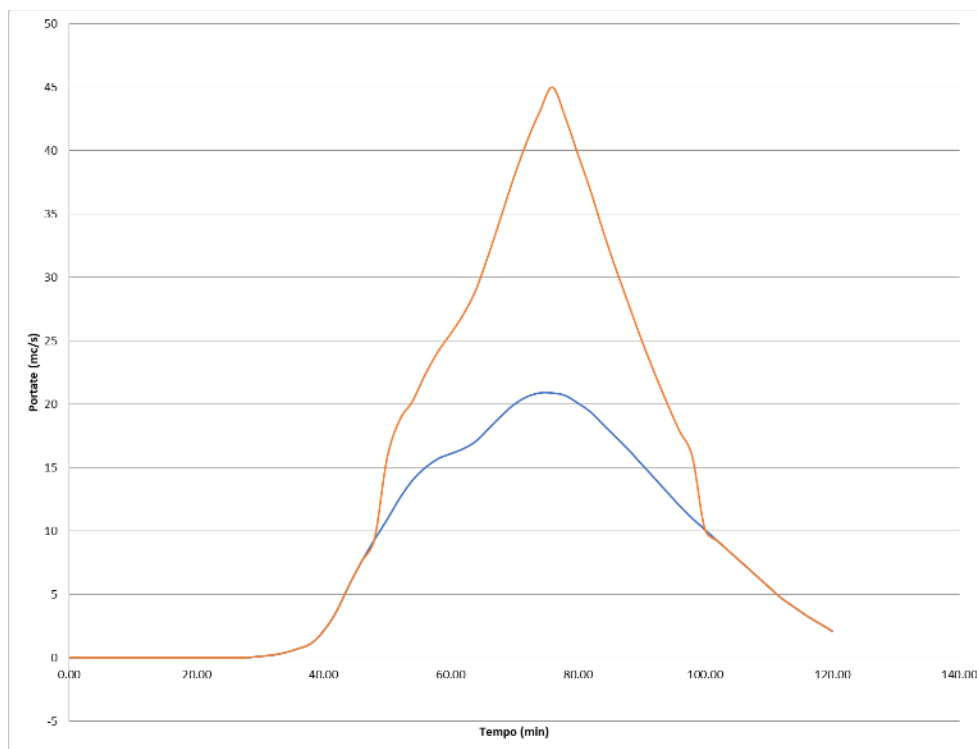


Figura 15 – Debrisgramma per Tr 200 anni, Bacino A + B + C



7. DIMENSIONAMENTO IDRAULICO DELLE OPERE DI TRATTENUTA

7.1 VOLUMI DI ACCUMULO DELLE OPERE ESISTENTI E DELLE OPERE IN PROGETTO

Nella tabella seguente si riportano i volumi di accumulo di materiale solido, veicolato da eventi di colata, accumulabili sia grazie alle opere esistenti, sia a quelle oggetto del presente progetto.

Tabella 12 – Volume di materiale solido per eventi di colata di detrito potenzialmente sedimentabile all'interno dei bacini di accumulo esistenti e quelli oggetto del presente progetto

OPERE	STATO DI ESECUZIONE	VOLUME DI ACCUMULO DISPONIBILE (m³)
2 BRIGLIE SELETTIVE IN C.A.	Esistenti	2'000
Ulteriori briglie e opere	Esistenti	trascurabile
PIAZZA DI DEPOSITO CON RILEVATO IN TERRA	In progetto (finanziato)	31'300
TOTALE		33'300

In relazione a quanto riportato in Tabella 12 si può dunque facilmente desumere che con le nuove opere in progetto sarà possibile “gestire” complessivamente un volume di colata corrispondente ad un evento caratterizzato da un tempo di ritorno inferiore a 100 anni.

In futuro, con l'eventuale attuazione di interventi integrativi, il volume disponibile per l'accumulo dovrà essere incrementato sino ad eguagliare pressoché quello mobilitato durante l'evento duecentennale di riferimento.

7.2 OPERE IDRAULICHE DEL BACINO DI ACCUMULO

Con il fine di dimensionare correttamente le opere che consentano il deflusso della portata liquida attraverso il bacino di accumulo, è stata calcolata la massima portata smaltibile tramite l'applicazione della relazione di Chezy:

$$Q = K_s \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}}$$

Avendo indicato con:

- Q = massima portata smaltibile (m³/s);
- A = area della sezione di deflusso (m²);
- K_s = parametro di scabrezza di Strickler (m^{1/3} s⁻¹), imposto pari a 90 m^{1/3} s⁻¹;
- R = raggio idraulico, dato dal rapporto tra l'area bagnata e il perimetro bagnato (m);
- i = pendenza del fondo scorrevole (m/m);

Nell'ambito del presente progetto definitivo si prevede la realizzazione di n.2 savanelle all'interno della vasca di accumulo prevista più a valle: quella di sinistra sarà deputata ai deflussi delle portate ordinarie del rio e quella di destra a garantire la continuità idraulica di un canale esistente.



Per consentire il deflusso attraverso il rilevato del bacino di accumulo si prevede in sinistra la predisposizione di uno scatolare in cls, delle dimensioni di 2 x 2 m, e in destra di una tubazione in cls avente diametro $\phi 1000$.

In Figura 16 e Figura 17 sono riportate le relative scale di deflusso dei collettori, calcolate mediante l'applicazione della relazione di Chezy.

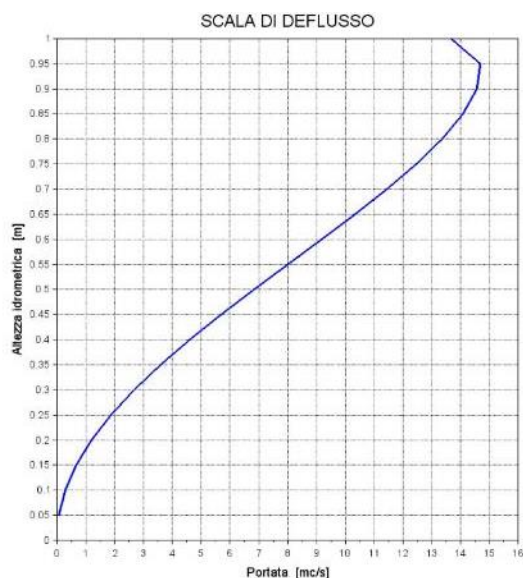


Figura 16 – Scala di deflusso della tubazione in cls $\phi 1000$

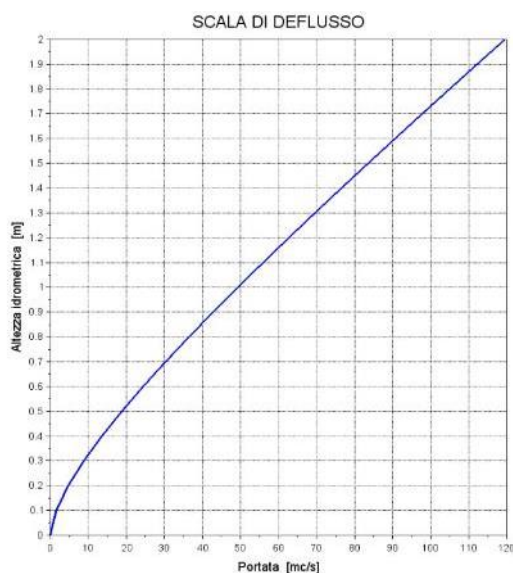
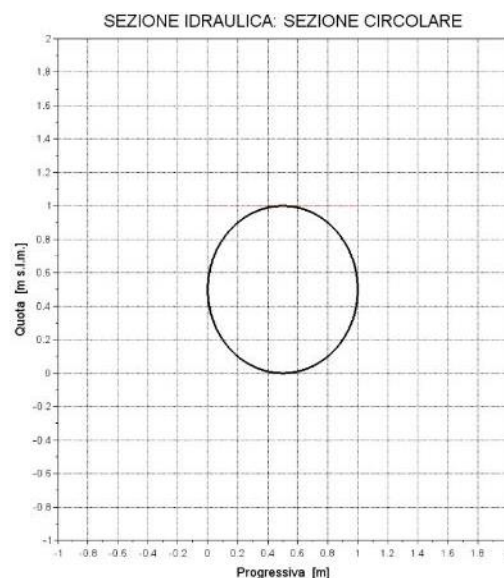
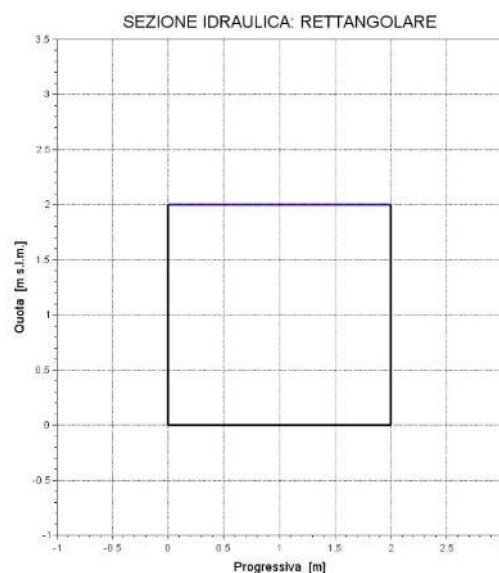


Figura 17 – Scala di deflusso dello scatolare in cls (2 x 2 m)



Dall'analisi delle scale di deflusso soprariportate si evidenzia che, complessivamente, le due opere sono in grado di far defluire portate di picco molto elevate che, confrontate con quelle calcolate mediante l'applicazione del



metodo afflussi – deflussi (cfr. Tabella 9) e utilizzate come riferimenti di progetto, sono superiori di un ordine di grandezza rispetto a quelle che competono, da un punto di vista idrologico, al bacino in esame.

La ragione di tale sovradimensionamento è chiaramente da ricercare nelle seguenti assunzioni:

- ridurre il più possibile l'interferenza dell'opera con il deflusso delle portate liquide;
- in occasione di eventi caratterizzati da ingente trasporto solido, la sezione libera dei manufatti in esame possa ridursi parzialmente a causa del desiderato deposito di materiale.

Peraltro il rilevato sarà dotato anche di condotte poste a quote più elevate per consentire il deflusso delle portate liquide anche in caso di parziale riempimento della piazza di deposito in grado di ostruire del tutto gli scarichi di fondo.



REGIONE PIEMONTE – PROVINCIA DI TORINO
Comune di Bussoleno

Interventi di sistemazione idraulica del Rio Pissaglio

Progetto Esecutivo



ALLEGATI



REGIONE PIEMONTE – PROVINCIA DI TORINO
Comune di Bussoleno

Interventi di sistemazione idraulica del Rio Pissaglio

Progetto Esecutivo

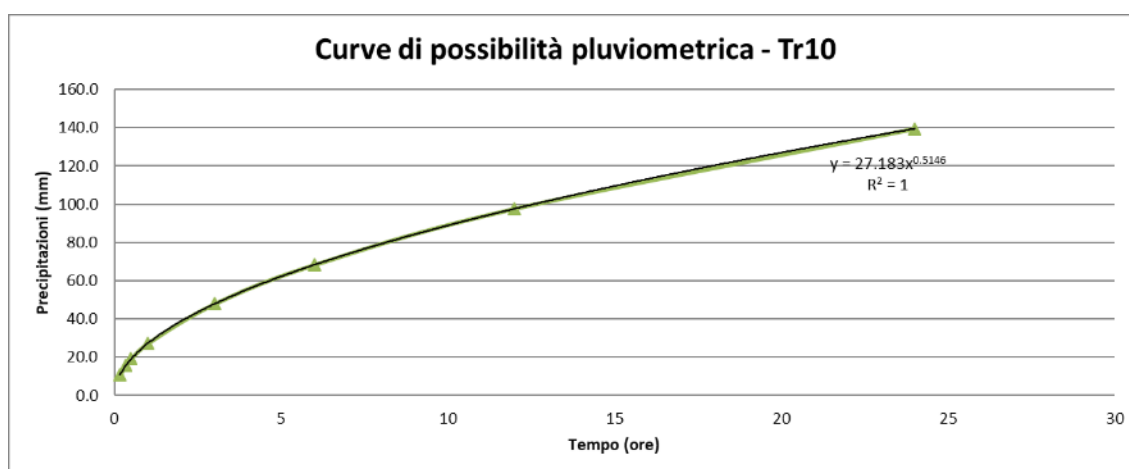
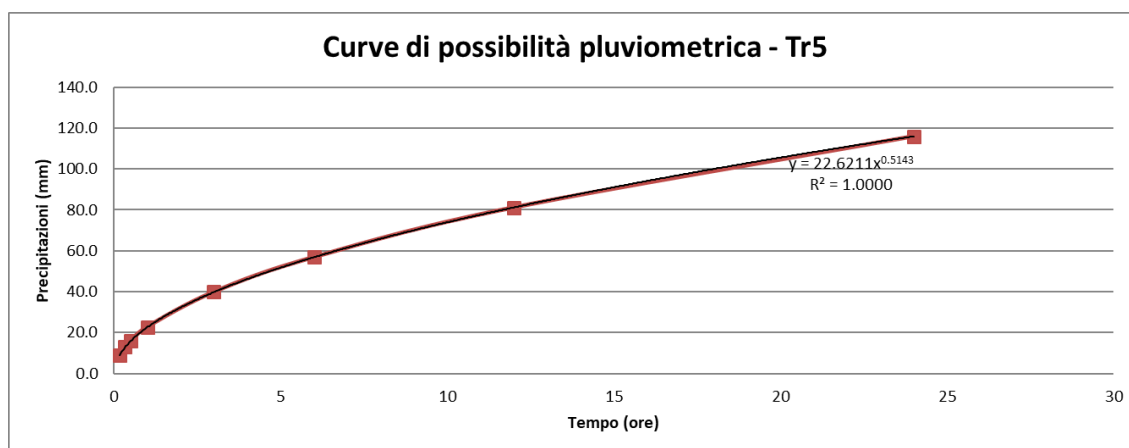
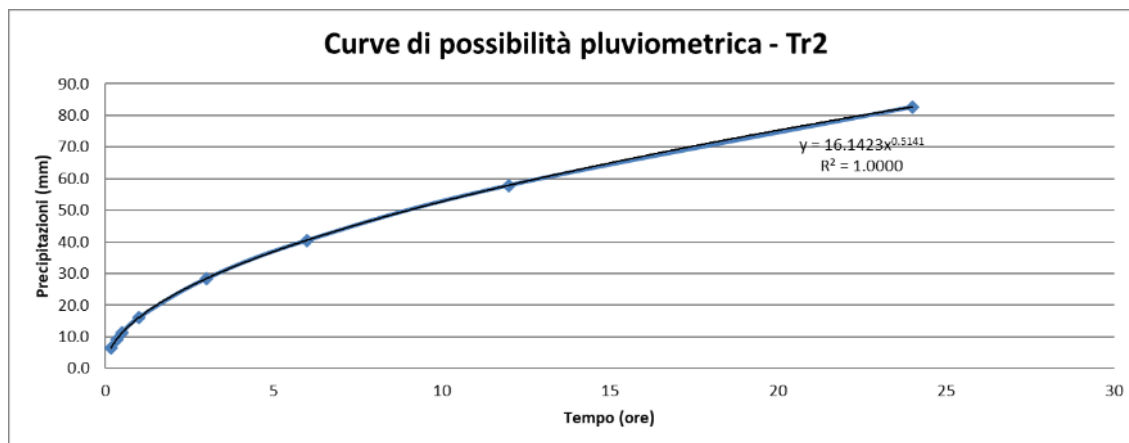


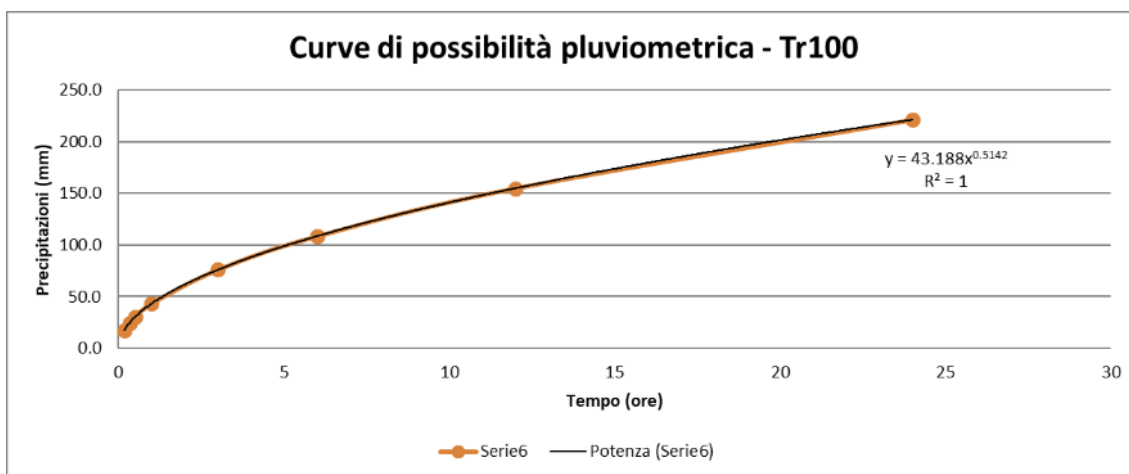
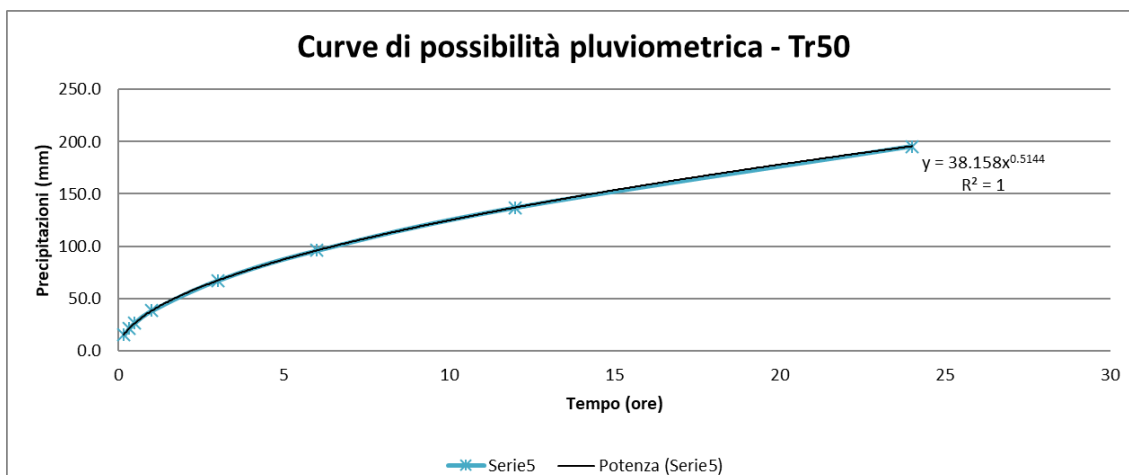
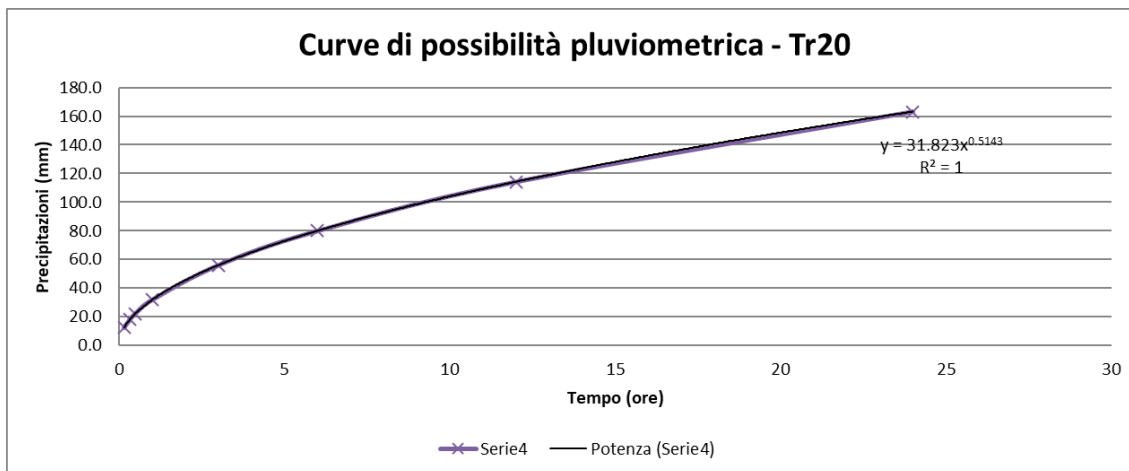
ALLEGATO 1

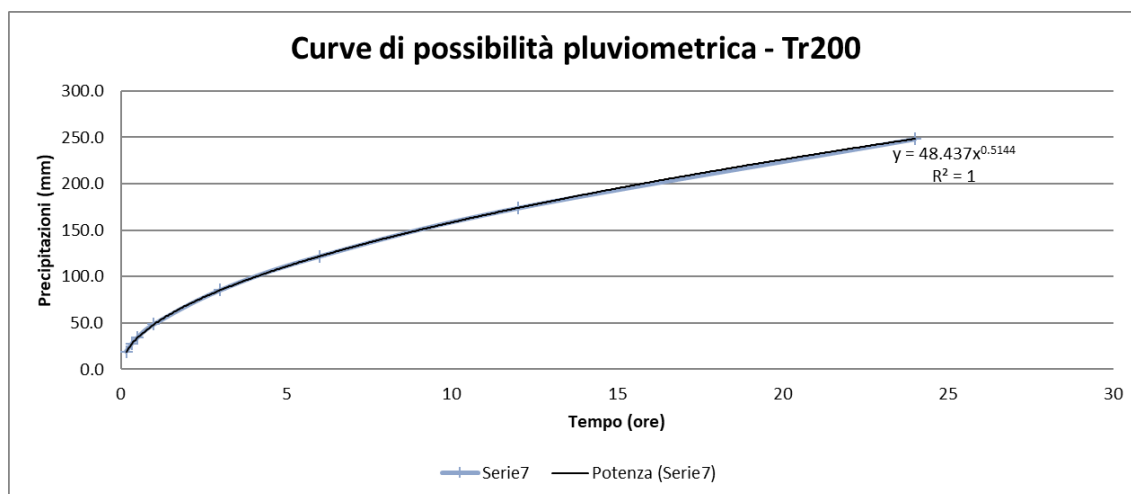
– Linee di possibilità pluviometrica per il bacino del rio



Curve di possibilità pluviometrica per il bacino del rio Pissaglio – Distribuzione GEV









REGIONE PIEMONTE – PROVINCIA DI TORINO
Comune di Bussoleno

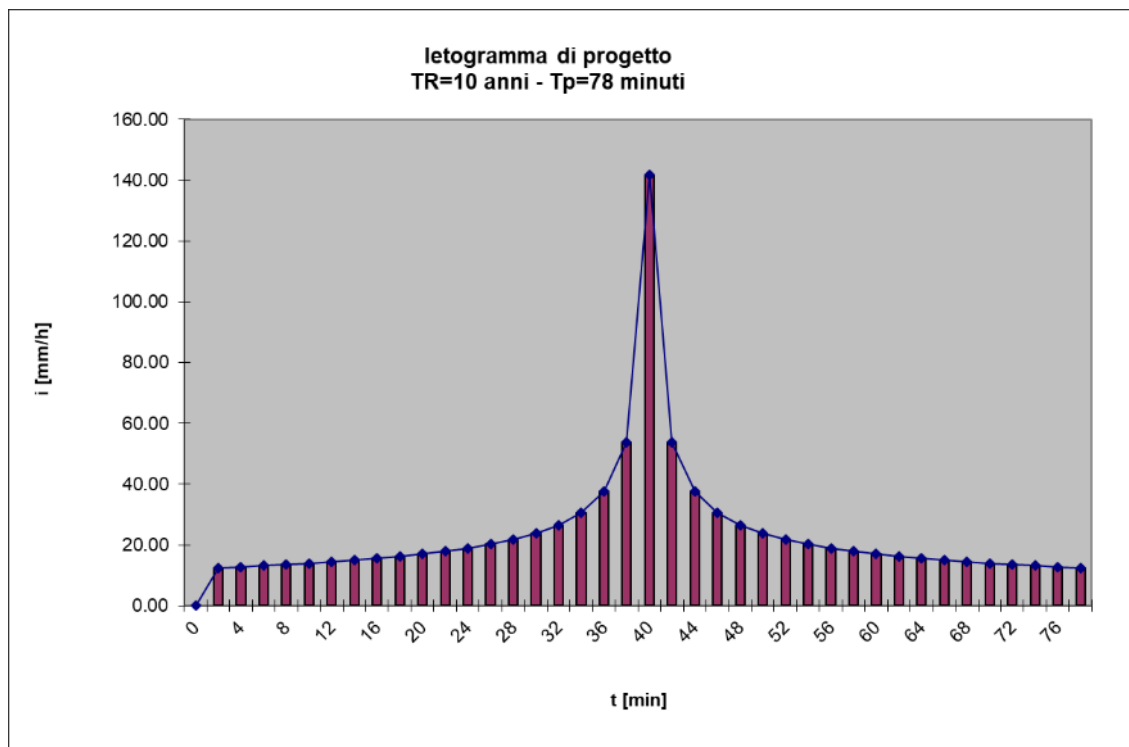
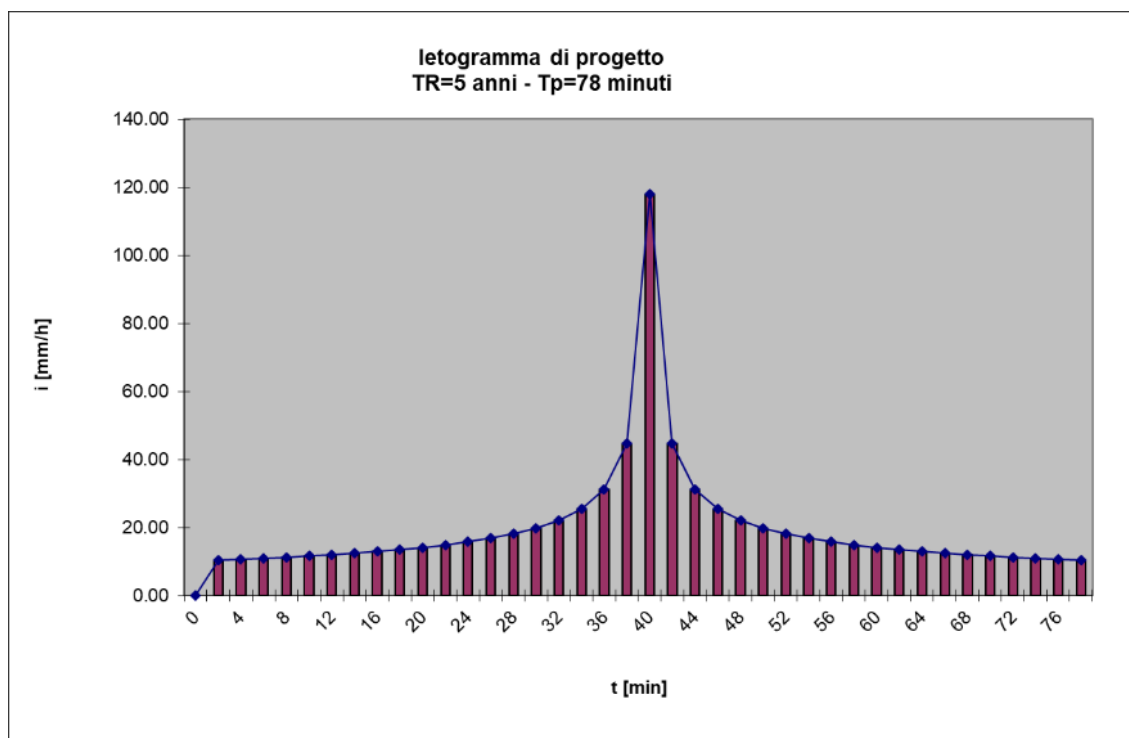
Interventi di sistemazione idraulica del Rio Pissaglio

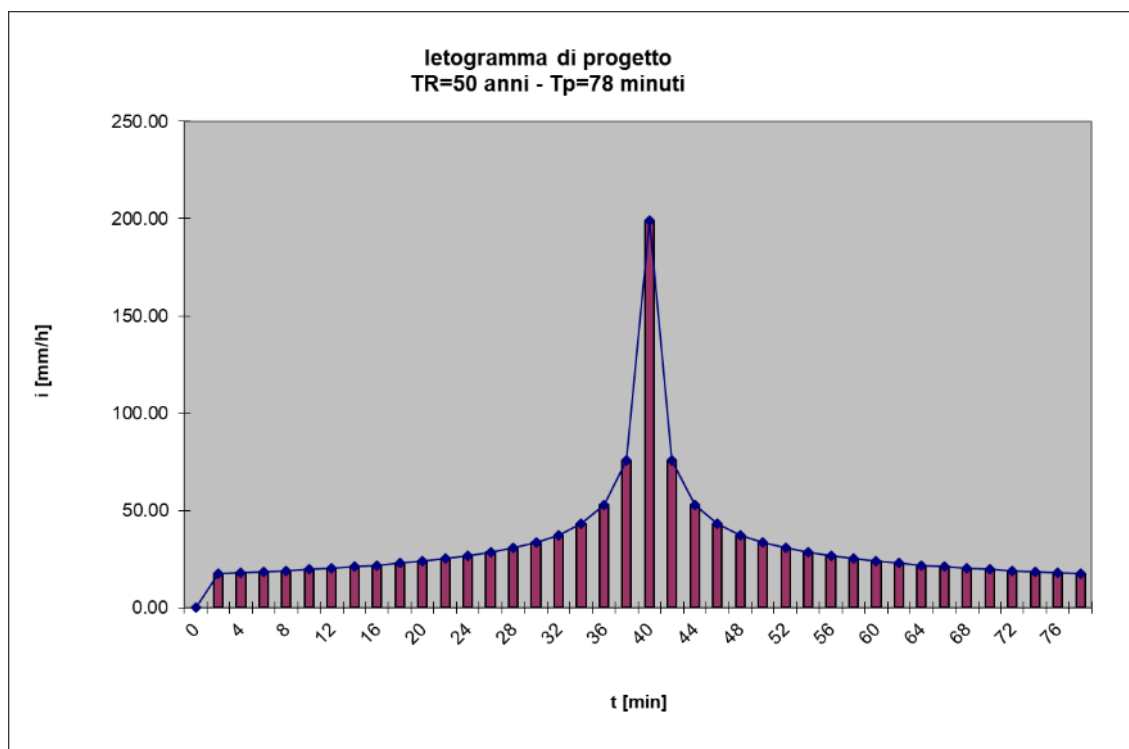
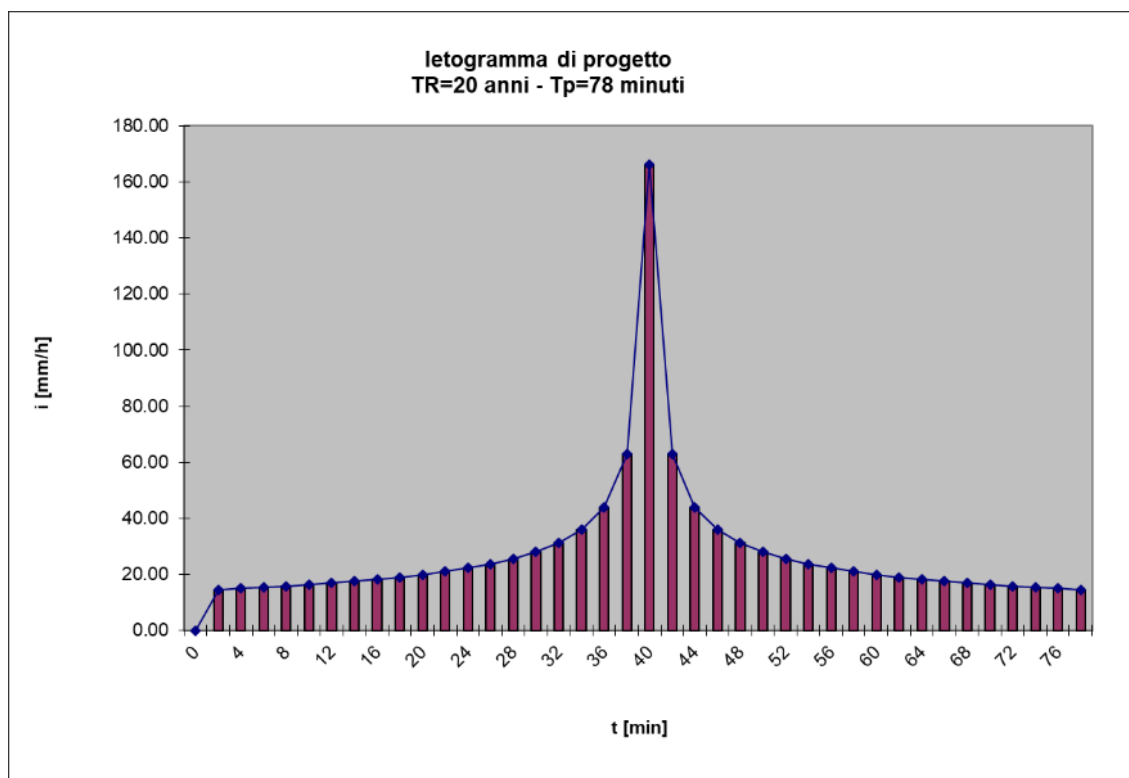
Progetto Esecutivo

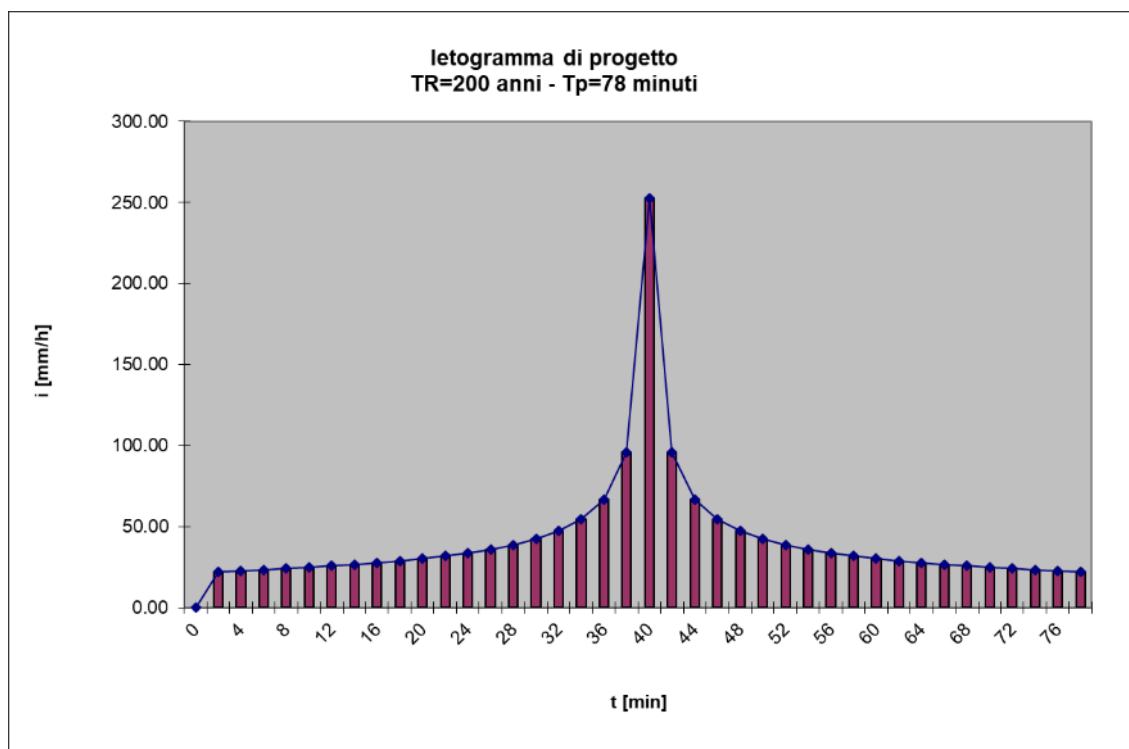
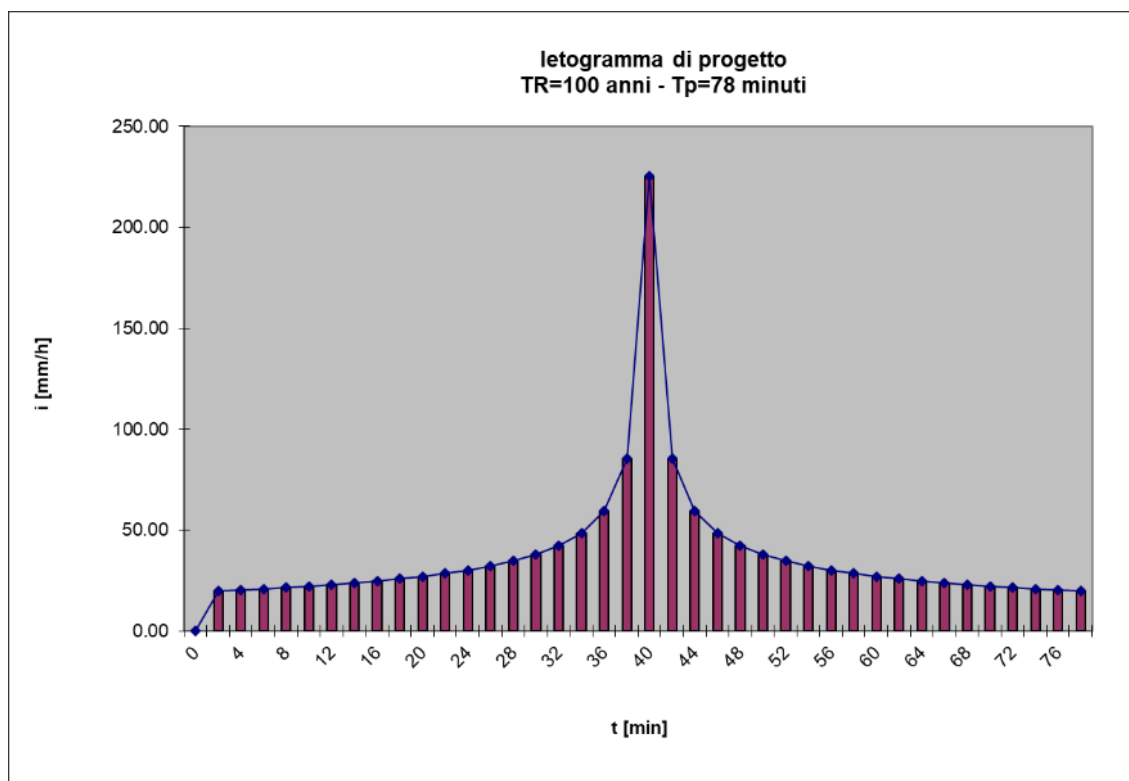


ALLEGATO 2

– Ietogrammi Chicago









REGIONE PIEMONTE – PROVINCIA DI TORINO
Comune di Bussoleno

Interventi di sistemazione idraulica del Rio Pissaglio

Progetto Esecutivo



ALLEGATO 3

– Idrogrammi di piena modello HEC-HMS

