

SS.4 - Variante dell'abitato di Monterotondo Scalo - 2° Stralcio

PROGETTO DEFINITIVO

COD. RM190

PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GDG - ICARIA

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Nando Granieri
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351

IL PROGETTISTA:

Elena Bartolucci
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A3217

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini
Ordine dei Geologi della Regione Umbria n°108

IL R.U.P.:

Dott. Ing.
Achille Devitofranceschi

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Filippo Pambianco
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A1373

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



Dott. Ing. N. Granieri	Dott. Ing. D. Carliaccini	Dott. Ing. V. Rotisciani
Dott. Arch. N. Kamenicky	Dott. Ing. S. Sacconi	Dott. Ing. F. Macchioni
Dott. Ing. V. Truffini	Dott. Ing. F. Aloe	Geom. C. Vischini
Dott. Arch. A. Bracchini	Dott. Ing. V. De Gori	Dott. Ing. V. Piuino
Dott. Ing. F. Durastanti	Dott. Ing. C. Consorti	Dott. Ing. G. Pulli
Dott. Ing. E. Bartolucci	Geom. M. Manzo	Geom. C. Sugaroni
Dott. Geol. G. Cerquiglini		
Geom. S. Scopetta		
Dott. Ing. L. Sbrenna		
Dott. Ing. M. Briganti Botta		
Dott. Ing. E. Sellari		
Dott. Ing. L. Dinelli		
Dott. Ing. L. Nani		
Dott. Ing. F. Pambianco		
Dott. Agr. F. Berti Nulli		



PROTOCOLLO

DATA

IDROLOGIA ED IDRAULICA

Relazione idrologica sottobacini

CODICE PROGETTO

NOME FILE

T00-ID00-IDR-RE01-A

REVISIONE

SCALA:

PROGETTO

LIV. PROG.

N. PROG.

DPRM0190

D

20

CODICE ELAB.

T00ID00IDRRE01

A

-

A

Emissione

17/01/2021

L.Casavecchia

E.Bartolucci

N.Granieri

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

Relazione idrologica sottobacini

INDICE

1	PREMESSA.....	2
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	4
3	ANALISI DELLE PRECIPITAZIONI.....	5
4	ANALISI MORFOLOGICA ED IDROLOGICA.....	8
4.1	STUDIO DEI BACINI IDROGRAFICI.....	8
4.2	STIMA DEI TEMPI DI CORRIVAZIONE.....	14
4.3	METODOLOGIA DI ANALISI.....	16
4.3.1	Il metodo dei Curve Number.....	16
4.3.2	Il modello di Nash.....	18
4.3.3	Il deflusso profondo.....	19
4.4	TRASFORMAZIONE DEGLI AFFLUSSI METEORICI IN DEFLUSSI.....	20
4.4.1	APPLICAZIONE DEL MODELLO DI NASH.....	20
4.4.2	APPLICAZIONE DEL MODELLO GEOMORFOLOGICO OPEN JUMP.....	27
4.4.3	CONFRONTO RISULTATI.....	33
5	CONCLUSIONI.....	35

1 PREMESSA

Il progetto in esame rappresenta il naturale proseguimento della variante-argine dell'abitato di Monterotondo Scalo del quale oggi risulta in appalto il primo stralcio (progetto integrato del Collegamento Stradale tra l'autostrada "A1 DIR" e la S.S.4 Salaria a Monterotondo Scalo).

Esso costituisce uno degli interventi di attuazione della più ampia pianificazione dell'assetto della Media Valle del Tevere, finalizzato alla messa in sicurezza idraulica di questi territori, nel rispetto delle legittime esigenze di sviluppo urbanistico dei piccoli centri che sorgono al loro interno e della salvaguardia idraulica dell'area metropolitana di Roma.

Il secondo stralcio dell'intervento SS4 "variante di Monterotondo Scalo" è un progetto che si compone di due fasi principali, la prima fase oggetto della seguente progettazione consiste nella realizzazione di una strada di Bypass dell'abitato di Monterotondo su un rilevato predisposto e realizzato per poter poi diventare argine in una seconda fase quando tutte le opere idrauliche complementari di difesa attiva e passiva a cura della Regione Lazio, saranno state realizzate.

Per questo motivo la progettazione è stata realizzata prevedendo tutti gli accorgimenti necessari affinché il rilevato stradale possa avere le caratteristiche meccaniche, e idrauliche per poter in una seconda fase assolvere la funzione di argine, ma verificando che fino a quando le opere complementari non saranno realizzate esso risulti trasparente rispetto alla piena del Tevere valutata per i diversi tempi di ritorno previsti in normativa, per non aggravare le condizioni a valle e quindi dell'area metropolitana di Roma.

In progetto sono previste opere d'arte quali scatolari idraulici per garantire la trasparenza idraulica nella prima fase e che saranno poi attrezzati con paratoie e altre opere connesse per garantire la tenuta idraulica del sistema arginale nella seconda fase.

La presente relazione ha lo scopo di **descrivere dal punto di vista idrologico i due bacini afferenti nell'area "lato Monterotondo" del rilevato stradale di progetto**. In particolare i due bacini fanno riferimento ai fossi denominati Pantanella e Ventaglio, entrambi recapitanti nel Tevere.

In particolare, nello studio idrologico, vengono affrontati i seguenti punti:

- un'analisi delle precipitazioni;
- uno studio dei bacini idrografici e la determinazione dei relativi parametri morfometrici;
- un'analisi idrologica attraverso la trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi per ricavare gli idrogrammi di piena necessari per effettuare le modellazioni idrauliche.

Nelle immagini, schemi esplicativi e modellazioni, riportate nella presente relazione è rappresentato lo schema dell'arginatura per la messa in sicurezza idraulica dei territori oggetto di studio. A seguire si riporta, per un confronto, lo schema progettuale della variante all'abitato di Monterotondo e lo schema progettuale dell'arginatura modellata.

Relazione idrologica sottobacini

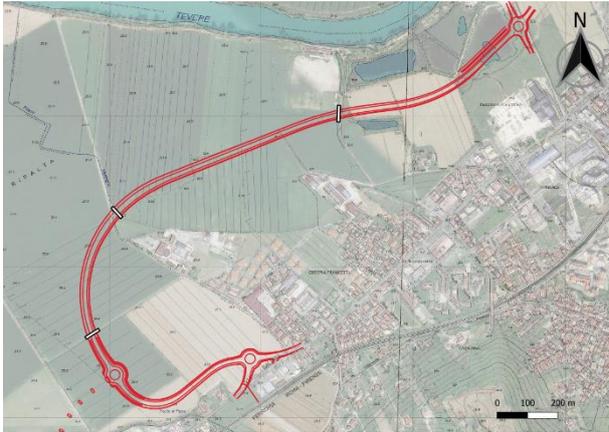


Figura 1-1: schema progettuale della variante all'abitato di Monterotondo.



Figura 1-2: schema dell'arginatura per la messa in sicurezza idraulica dei territori oggetto di studio

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area oggetto di studio si trova in Regione Lazio, nell'area della Città Metropolitana di Roma, tra il Municipio di Roma 1 e il comune di Monterotondo, a nord della capitale. L'area oggetto di intervento è compresa tra il fiume Tevere, a nord, e la città di Monterotondo, a sud.

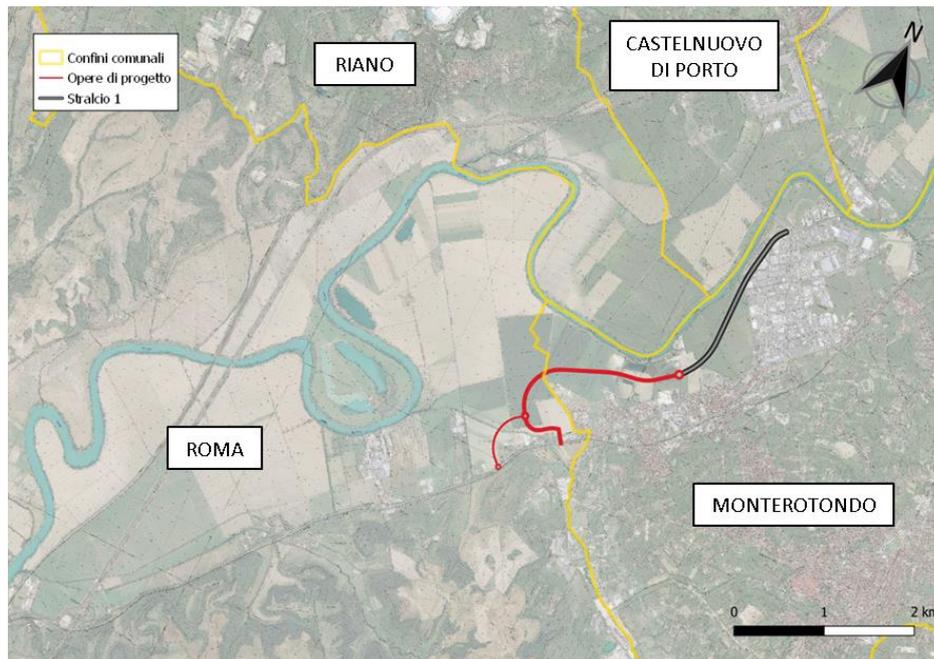
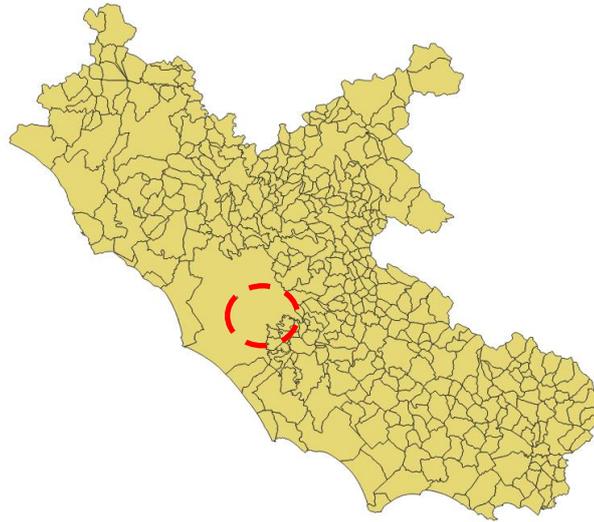


Figura 2-1: Inquadramento geografico dell'area in esame.

3 ANALISI DELLE PRECIPITAZIONI

Le precipitazioni di progetto sono state definite confrontando 3 fonti ufficiali, scegliendo quindi quella che restituisce i risultati più cautelativi.

In particolare sono state confrontate le curve di possibilità pluviometrica derivanti dall'applicazione dei seguenti tre metodi:

- 1) Curve di possibilità pluviometrica derivanti dal sito della Regione Lazio <http://www.idrografico.regione.lazio.it/> ed in particolare quelle relative al pluviometro di Monterotondo.
- 2) Utilizzo del metodo statistico proposto dall'Autorità di bacino del Tevere per il calcolo del valore di pioggia in funzione di diversi parametri che sono dipendenti sia dalle coordinate geografiche del punto d'interesse per il calcolo dell'idrologia che dal tempo di ritorno:

$$h_{d,T} = K_T \cdot d^{0,29} \cdot \left\{ \left[\left(0,90 \cdot \frac{Z}{L} - 11,4 \cdot \frac{Z}{Y} \right) + 1 \right] \cdot 29 \right\}$$

Nel caso specifico i valori Z/L sono tabulati e funzione della latitudine, mentre KT è anch'esso un parametro tabulato ma funzione del tempo di ritorno.

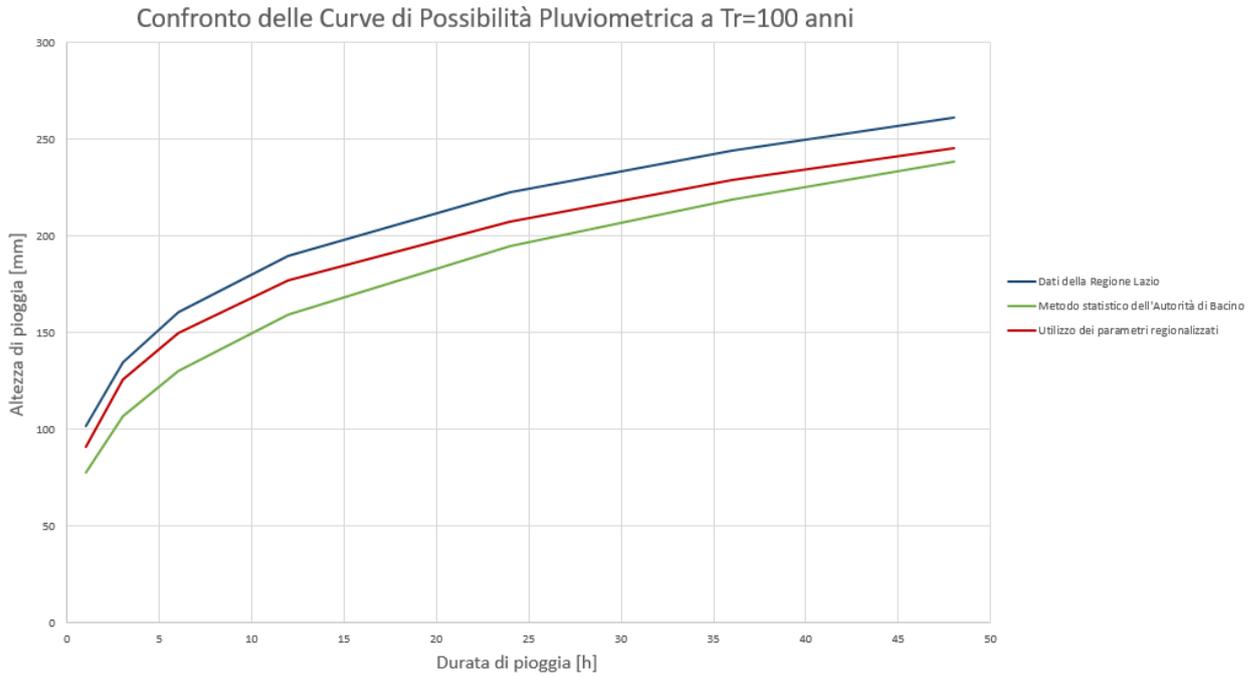
Si precisa che nel caso in esame sono stati utilizzati i parametri di Z/L=0.02510 e Z/Y=0.18819

- 3) Utilizzo dei parametri regionalizzati delle curve di possibilità pluviometrica con distribuzione TCEV. Per l'applicazione di tale metodologia sono state fatte delle considerazioni di carattere geomorfologico per poter inquadrare la zona d'esame su tre livelli di regionalizzazione. Tale inquadramento permette d'individuare la distribuzione TCEV rappresentativa delle precipitazioni nel punto d'interesse e di conseguenza i parametri utili per ricavare le curve di possibilità in funzione della durata di precipitazione. Per maggiori dettagli si rimanda al documento reperibile al link: <https://www.provincia.latina.it/flex/cm/pages/ServeAttachment.php/L/IT/D/9%252F2%252Fe%252FD.88f5929dda3f0703e296/P/BLOB%3AID%3D4043/E/pdf>

Di seguito si riportano le cumulate di precipitazione ottenute con i diversi metodi, per Tr pari a 100 anni.

Tr=100 anni					
Regione Lazio		Autorità Bacino		Regionalizzazione	
t[h]	mm	t[h]	mm	t[h]	h[mm]
1	101.3497	1	77.494	1	90.83277
3	134.4607	3	106.5696	3	125.4681
6	160.6171	6	130.2963	6	149.6452
12	189.5713	12	159.3055	12	176.7298
24	222.8688	24	194.7733	24	207.6595
36	244.2553	36	219.0765	36	229.0969
48	260.9541	48	238.1376	48	245.6359

Relazione idrologica sottobacini



Come si evince dalla tabella e dal grafico soprastanti, il metodo più cautelativo risulta quello derivante dai dati forniti dal sito della Regione Lazio, di cui vengono riportati dati e grafici completi di seguito.



Figura 3-1: Ubicazione Pluviometro di Monterotondo.

Relazione idrologica sottobacini

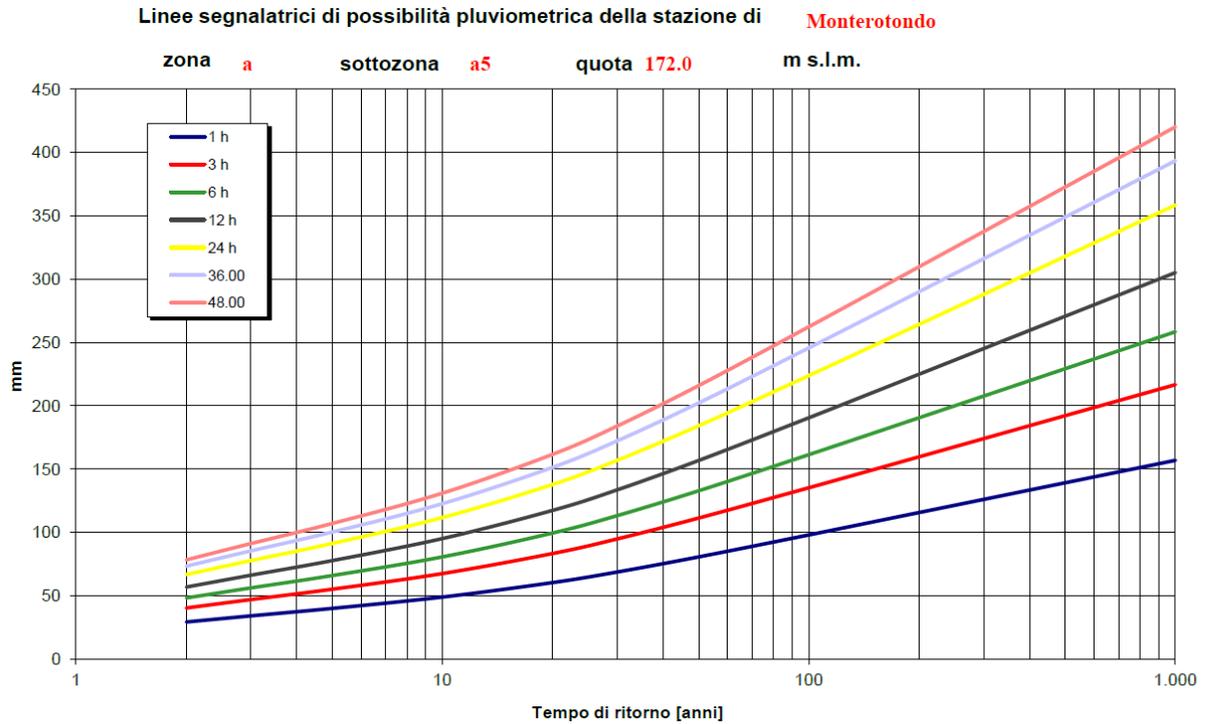


Figura 3-2: Curve di possibilità pluviometrica Stazione di Monterotondo (fonte: <http://www.idrografico.regione.lazio.it/>)

Dalle informazioni reperibili sul sito della Regione Lazio si evince che la serie storica di misurazioni da cui sono state costruite le CPP per la stazione di Monterotondo comprende il periodo dicembre 2007- 2019. Si ritiene quindi che tale estensione temporale, seppur non molto lunga, sia rappresentativa dei fenomeni meteorici intensi degli ultimi anni, caratterizzati da una rapida evoluzione verso una maggiore intensità di precipitazione.

Si esplicitano i parametri a e n delle curve di possibilità pluviometrica ricavati dal grafico precedente per Tempo di Ritorno di 10, 50 , 100 e 200 anni.

	a	n
Tr10	51.03	0.25
Tr50	74.468	0.25
Tr100	102.83	0.245
Tr200	121.37	0.245

4 ANALISI MORFOLOGICA ED IDROLOGICA

Nel presente capitolo viene svolta l'analisi morfologica e idrologica dei bacini idrografici afferenti ai canali interessati dalle opere di progetto.

4.1 STUDIO DEI BACINI IDROGRAFICI

L'arteria stradale in progetto interseca la rete idrografica minore in 3 punti: il primo, a sud, dove l'asse nr 2 (viadotto) incrocia il Fosso di Pantanella, la seconda dove l'asse 1 (rilevato) interseca un primo fosso del Ventaglio, e la terza a nord-est dove l'asse 1 interseca un ulteriore fosso diretto nel Tevere. Di seguito si riporta una planimetria con l'individuazione delle sezioni di chiusura.

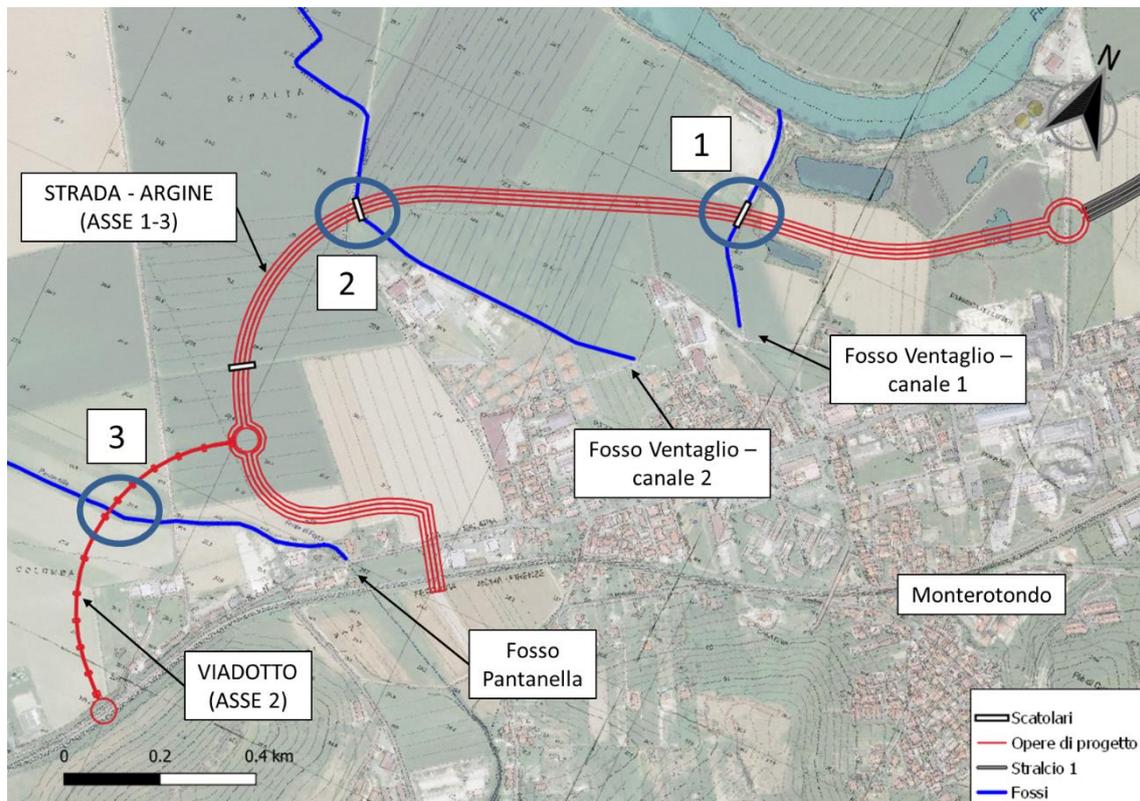


Figura 4-1: Planimetria intervento con individuazione sezioni di chiusura.

Il Fosso di Pantanella si forma dalle Valle Ricca, valle posta a sud del colle di Monterotondo che si estende verso sud-est fino ai colli di Mentana. Lungo la valle scorre il Rio della Casetta che, arrivato a Fonte di Papa, cambia nome in Fosso di Pantanella. Il Fosso confluisce quindi nel Tevere poco dopo.

Il bacino idrografico del Fosso di Pantanella alla sezione di chiusura 3 è pari a 16.2 km².

Per quanto riguarda invece le sezioni di chiusura 1 e 2, lungo l'asse 1 di progetto, esse intersecano due canali del Fosso del Ventaglio, parzialmente connessi tra loro da una serie di canali che non permettono una chiara suddivisione dei bacini idrografici di competenza, si veda a tal proposito l'immagine seguente. In quest'area poi vengono probabilmente convogliate anche parte delle acque bianche della zona urbana.

Analizzata la cartografia e il Rilievo Lidar 1mx1m a disposizione dello scrivente e, visto il tracciato delle opere di progetto, si è ritenuto maggiormente cautelativo calcolare un bacino idrografico complessivo scolante nell'area compresa tra le sezioni di chiusura 1 e 2.

Questo bacino idrografico comprende il versante nord-ovest della collina di Monterotondo, parte dell'area urbana di Monterotondo Scalo e l'area agricola compresa tra la strada di progetto e l'area urbana per una superficie complessiva di 2.86 km².

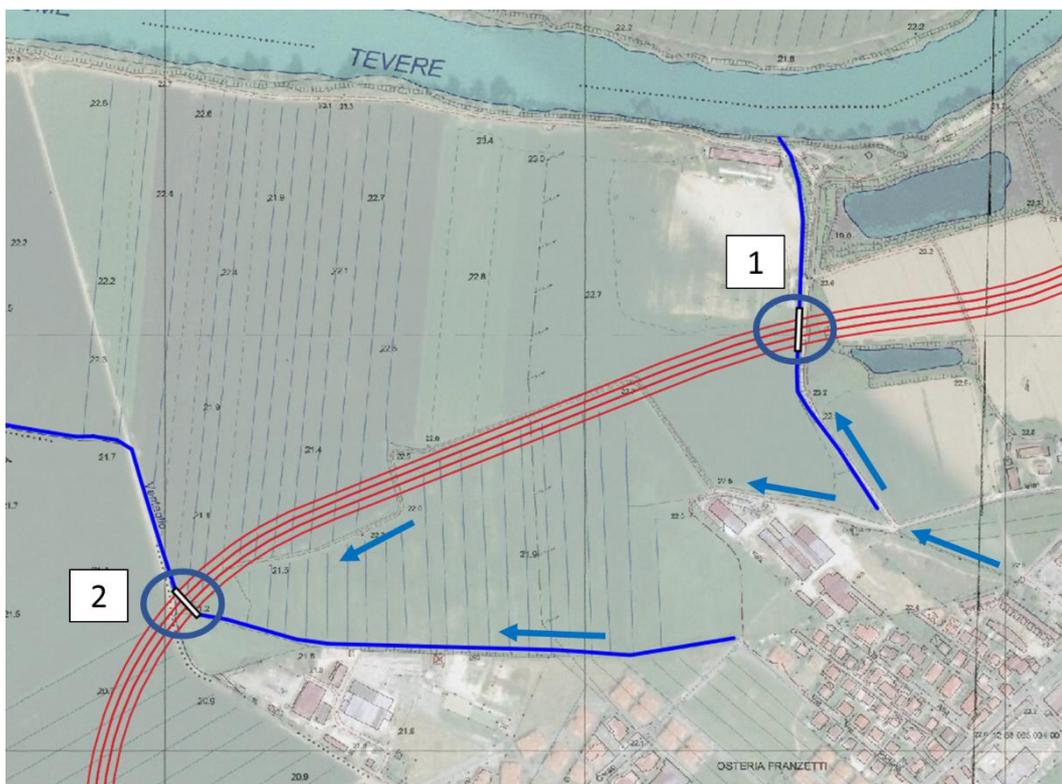


Figura 4-2: CTR con individuazione della rete idrografica afferente alle sezioni di chiusura nr 2 e 3.

I due bacini idrografici sono stati estrapolati in ambiente GIS utilizzando i D.T.M. (Modello digitale del terreno) a celle di dimensioni di 5mx5m, forniti dalla Regione Lazio e disponibili sul portale cartografico.

Partendo dal modello delle quote applicato all'area delimitata dal bacino sotteso sono stati calcolati alcuni parametri morfometrici fondamentali del bacino in esame al fine di darne una sua caratterizzazione utile ai fini idrologici.

Per valutare l'altitudine media del bacino si suddivide la sua superficie S in aree parziali S_j comprese tra due curve di livello e a ciascuna area S_j si assegna la quota media h_j pari alla media delle quote delle curve di livello che la delimitano. L'analisi del D.T.M. fornisce tali informazioni di seguito raggruppate per classi di quota pari a 100 m di dislivello verticale.



Figura 4-3: Individuazione dei bacini idrografici in esame in ambiente Google Earth.

L'altitudine media h_m del bacino è la media pesata delle quote medie h_j pesate rispetto alla superficie parziale. In sintesi:

$$h_m = \frac{\sum h_j \cdot S_j}{S}$$

Dall'analisi svolta si può quindi costruire la curva ipsografica del bacino, la quale mostra l'andamento altimetrico e la pendenza del bacino stesso. Ogni punto della curva ipsografica riporta in ordinata il valore di quota h_j ed in ascissa la superficie parziale del bacino S_j posta al di sopra della quota considerata. Ovviamente alla quota massima corrisponde una superficie nulla e alla quota minima, che coincide con quella di chiusura del bacino, corrisponde la superficie dell'intero bacino. L'altitudine media h_m è riferita alla quota rispetto al livello del mare.

La forma planimetrica del bacino condiziona alcuni fenomeni idrologici che in esso si verificano come, per esempio, i tempi di trasferimento delle piogge nel meccanismo di trasformazione degli afflussi in deflussi. Per la caratterizzazione del bacino del torrente sotteso alla sezione di presa, si sono adottati due coefficienti di forma che danno un'indicazione sulla "compattezza del bacino".

$$F_1 = 0.89 \frac{L}{\sqrt{S}}$$

$$F_2 = 0.28 \frac{P}{\sqrt{S}}$$

In particolare l'indice F_2 rappresenta il rapporto tra il perimetro P del bacino e la circonferenza del cerchio avente superficie pari a quella del bacino. Questo parametro assume valori tanto più prossimi all'unità, quanto più raccolta, o rotondeggiante, è la forma del bacino.

Relazione idrologica sottobacini

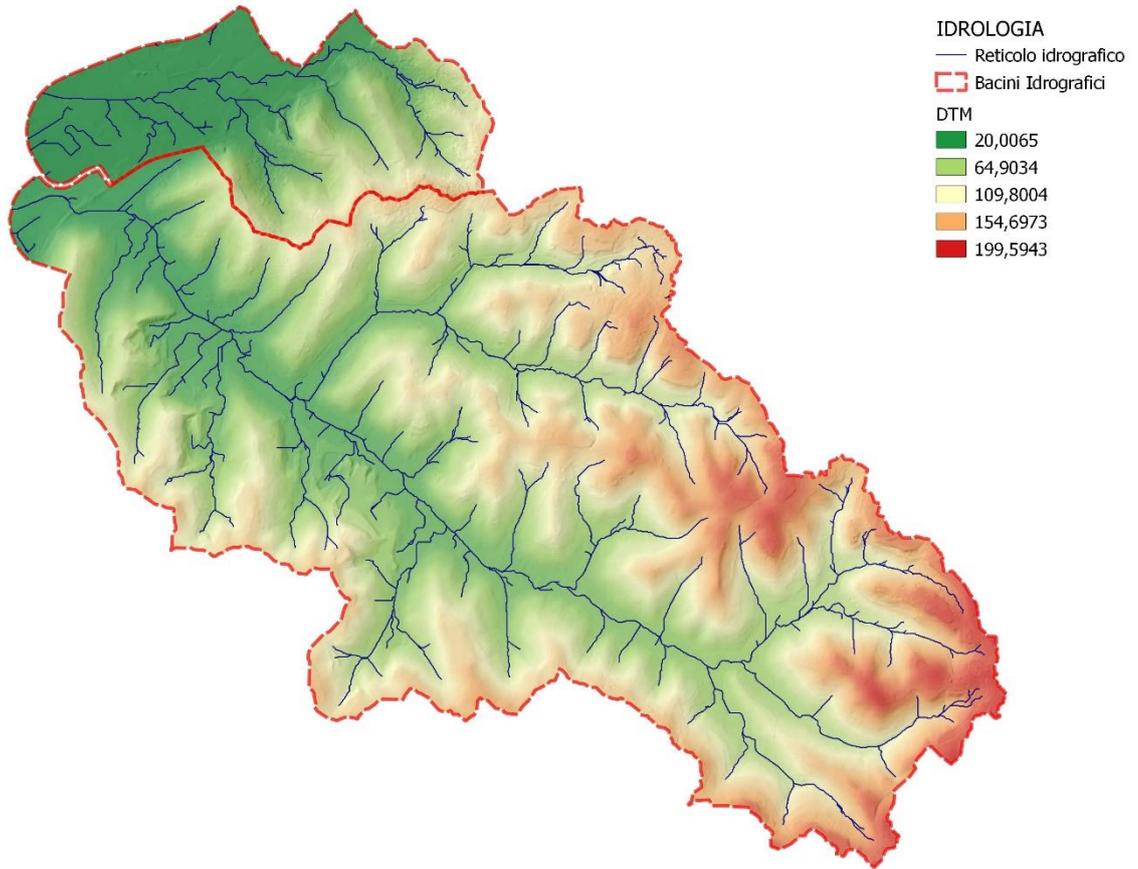


Figura 4-4: Modello Digitale del Terreno dei bacini idrografici in esame.

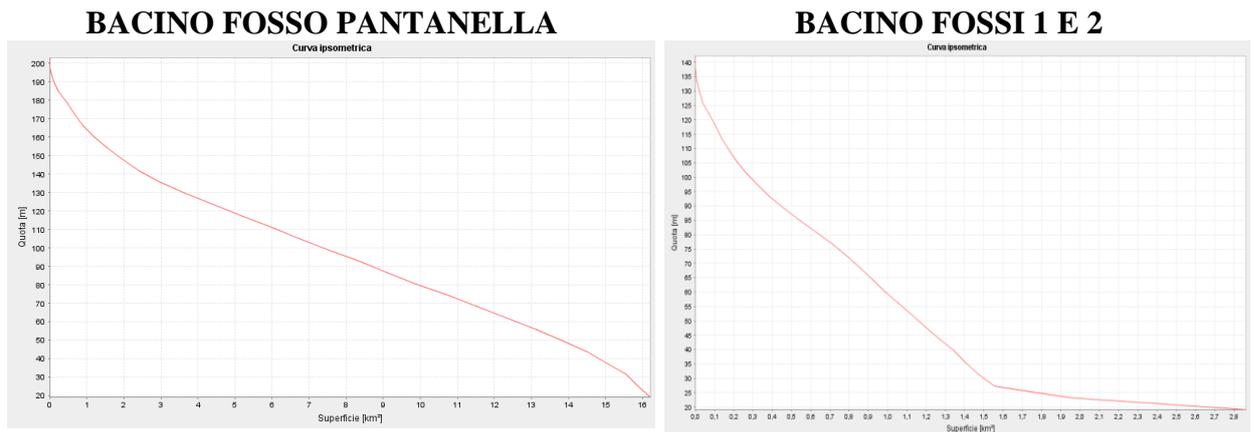


Figura 4-5: Curve ipsometriche bacini idrografici.

Dall'analisi dei Dtm è anche possibile creare la distribuzione delle pendenze dei versanti appartenenti al bacino idrografico e accorparle per classi di 10°.

La pendenza media P_m dei bacini idrografici è la media pesata delle pendenze medie p_j pesate rispetto alla superficie parziale.

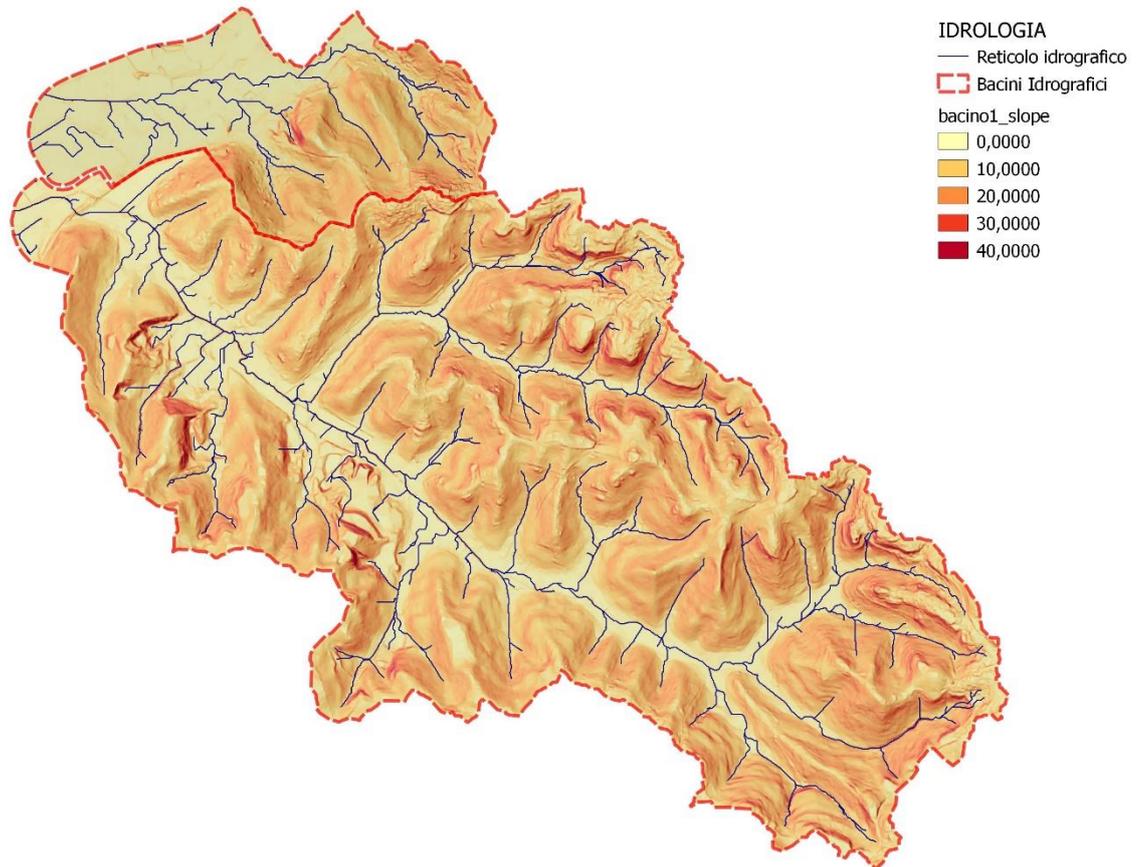


Figura 4-6: Mappa delle pendenze.

Bacino Fosso di Pantanella (Sez 3) – Parametri morfometrici		
Descrizione parametro	Simbolo	Valore
Superficie [km ²]	S	16.2
Perimetro [km]	P	23.75
Altitudine massima [m s.l.m.]	H _{max}	203.23
Altitudine media [m s.l.m.]	H _m	97.30
Altitudine minima [m s.l.m.]	H _{min}	20.94
Lunghezza reticolo principale [km]	L	8.10
Fattore di forma	F ₁	1.79
Fattore di forma	F ₂	1.65
Pendenza media (%)	P _m	12
Pendenza max (%)	P _{max}	60.7
Pendenza min (%)	P _{min}	0

Tabella 1: Parametri morfometrici Fosso di Pantanella

Bacino Fossi (Sez 1 e 2) – Parametri morfometrici		
Descrizione parametro	Simbolo	Valore
Superficie [km ²]	S	2.86
Perimetro [km]	P	8.99
Altitudine massima [m s.l.m.]	H _{max}	142.35
Altitudine media [m s.l.m.]	H _m	48.66
Altitudine minima [m s.l.m.]	H _{min}	18.05
Lunghezza reticolo principale [km]	L	3.30
Fattore di forma	F ₁	1.74
Fattore di forma	F ₂	1.49
Pendenza media (%)	P _m	6.95
Pendenza max (%)	P _{max}	42.53
Pendenza min (%)	P _{min}	0

Tabella 2: Parametri morfometrici Fossi 1 -2

4.2 STIMA DEI TEMPI DI CORRIVAZIONE

Il tempo di corrivazione, ovvero il tempo necessario perché una particella d'acqua caduta nel punto idraulicamente più lontano del bacino possa far sentire il suo effetto nella sezione di chiusura, è il parametro che influenza maggiormente l'andamento dei deflussi di piena in quanto imponendo la durata del fenomeno impone anche l'entità delle portate al colmo.

In letteratura esistono diverse formule per calcolare il tempo di corrivazione, in questo paragrafo verranno utilizzate diverse formulazioni per calcolare il tempo di corrivazione corretto dei bacini in esame.

FORMULA DI GIANDOTTI

Per la stima dei tempi di corrivazione (espresso in ore) si è impiegata la relazione proposta da Giandotti

$$T_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A_b} + 1.5 \cdot L_b}{0.8 \cdot \sqrt{H_m}}$$

dove A (km²) è l'estensione del bacino, L (km) la lunghezza dell'asta principale, H_{med} l'altitudine media del bacino stesso e H_{min} la quota della sezione di chiusura in m.s.l.m.

ARONICA PALTRINIERI

La formula di Giandotti è stata successivamente modificata da Aronica e Paltrinieri per consentirne l'applicazione a bacini di piccole dimensioni (minori di 10 km²).

$$T_c = \frac{\frac{1}{M \cdot d} \cdot \sqrt{A_b} + 1.5 \cdot L_b}{0.8 \cdot \sqrt{H_m}}$$

Dove M e d sono costanti numeriche che assumono in funzione del tipo di suolo e della permeabilità dei terreni i valori riportati in tabella

Tipo di copertura	M
Terreno nudo	0,667
Terreni coperti con erbe rade	0,250
Terreni coperti da bosco	0,200
Terreni coperti da prato permanente	0,167
Permeabilità	d
Terreni semi-impermeabili	1,270
Terreni poco permeabili	0,960
Terreni mediamente permeabili	0,810
Terreni molto permeabili	0,690

PEZZOLI

Formula utilizzata per bacini collinari e montani.

$$T_c = 0.055 \cdot \frac{L}{i^{0.5}}$$

Con:

L = lunghezza asta principale estesa fino allo spartiacque (km);

i = pendenza media dell'asta principale

PASINI

introdotta nell'ambito di uno studio sulle reti di bonifica della pianura renana

$$T_c = \frac{24 \cdot 0.045 \cdot \sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{i \cdot 100}}$$

Con:

Tc espresso in ore;

L = lunghezza asta principale estesa fino allo spartiacque (km)

A = area bacino idrografico (km²);

i = pendenza media dell'asta principale

VENTURA

$$t_c = \frac{0.108(A \cdot L)^{1/3}}{i^{1/2}}$$

L = lunghezza asta principale estesa fino allo spartiacque (km)

A = area bacino idrografico (km²);

i = pendenza media dell'asta principale

Di seguito si riportano i risultati ottenuti con le diverse simulazioni.

Bacini	Area (km ²)	Tc GIANDOTTI (ore)	ARONICA PALTRINIERI (ore)	PEZZOLI (ore)	PASINI (ore)	VENTURA (ore)	MEDIA (ore)
Fosso Pantanelle Sez 1	16.2	4.04	4.62	2.97	3.66	3.41	3.74
Fosso Ventaglio Sez 2 e 3	2.86	2.65	3.03	0.94	1.18	1.11	1.78

Per le analisi seguenti si utilizzerà il parametro derivante dal metodo di Giandotti, anche se non il più cautelativo. Il tempo di corrivazione ottenuto è infatti vicino al valore medio rispetto a tutti i metodi

utilizzati. Inoltre si considera che vengono già utilizzati tutta una serie di parametri cautelativi a partire dalle CPP, si ritiene pertanto che la scelta di un tempo di corrivazione troppo basso, oltre che non considerare le aree di laminazione presenti all'interno del bacino, determinerebbe valori di portata sovrastimati e troppo lontani dalla realtà.

4.3 METODOLOGIA DI ANALISI

La determinazione delle portate di progetto si basata sulla costruzione di un modello matematico di trasformazione afflussi - deflussi capace di correlare l'intensità dell'evento meteorico con l'idrogramma di piena generato. L'utilizzo di un modello matematico possiede anche il vantaggio di restituire non solo la massima portata al colmo, ma anche il completo andamento temporale del fenomeno, la forma dell'idrogramma e il volume complessivo.

Il problema della trasformazione afflussi - deflussi viene generalmente scomposto in due fasi successive. La prima si propone di determinare la precipitazione efficace ovvero la frazione di pioggia totale (coefficiente di deflusso) che defluisce effettivamente attraverso la rete idrografica mentre la seconda simula la propagazione dei deflussi così ottenuti lungo la rete idrografica fino alla determinazione dell'andamento temporale delle portate transitate attraverso la sezione di chiusura del bacino.

Attualmente esiste un numero elevato di modelli concettuali in grado di simulare il comportamento idrologico del suolo. La pioggia efficace viene determinata attraverso la valutazione del coefficiente di deflusso che può essere ipotizzato costante nel tempo, nei modelli più semplificati, o variabile con il procedere dell'evento meteorico.

Molto utilizzati sono i modelli basati sulla ricostruzione dell'idrogramma unitario istantaneo (IUH) caratteristico che rappresenta la risposta del bacino ad impulso di precipitazione efficace perfettamente distribuita sull'intera superficie del bacino e avente volume unitario. Una volta definito l'IUH la ricostruzione dell'idrogramma reale avviene discretizzando lo ietogramma in ingresso in impulsi elementari e sommando le risposte ottenute da ciascuno di essi (integrale di convoluzione).

Una volta definito il valore dei parametri richiesti dal modello la sua attendibilità viene verificata, quando possibile, attraverso la procedura di taratura. Nel caso in esame l'impossibilità di procedere con questa procedura, a causa dell'assenza di misurazioni contemporanee pluvio-idrometriche che non ha permesso la ricostruzione di eventi di piena reali, ha consigliato di escludere l'utilizzo di quei modelli basati su grandezze non misurabili direttamente o indirettamente e la cui determinazione può avvenire esclusivamente dal confronto delle simulazioni con l'andamento degli eventi reali. Pertanto si è data preferenza ai modelli cosiddetti "fisicamente basati" che consentono di sfruttare le caratteristiche morfometriche, litologiche e pedologiche del bacino per la determinazione delle grandezze fisiche significative.

Nella presente analisi, per quanto riguarda la determinazione dello ietogramma efficace ci si è avvalsi della metodologia proposta dal Soil Conservation Service (1972) nota come il metodo del Curve Number. Per la successiva determinazione dell'idrogramma di piena è stato utilizzato il noto modello di Nash. Entrambi gli algoritmi sono meglio descritti nei paragrafi seguenti.

4.3.1 Il metodo dei Curve Number

La determinazione della pioggia efficace, ovvero della frazione di pioggia che defluisce direttamente alla rete idrografica, viene condotta con il metodo del Curve Number (CN) che determina tale volume di deflusso tenendo conto della variazione del grado di saturazione del terreno durante l'evento meteorico.

Questo metodo è stato scelto tra quelli disponibili, per la maggiore consistenza fisica dei suoi parametri che lo rende applicabile anche nel caso di assenza di osservazioni di fenomeni reali.

Il metodo prevede un progressivo aumento del coefficiente di deflusso da un valore nullo, dovuto alle perdite iniziali che assorbono completamente la precipitazione, ad un valore tendente a 1 seguendo una precisa legge dipendente dalle caratteristiche di permeabilità del suolo e del sottosuolo.

Il volume di deflusso V viene calcolato, a partire dalla precipitazione netta P_n in base all'equazione:

$$V = \frac{W}{S} \cdot P_n \quad (\text{Eq. 4.1})$$

dove W rappresenta il contenuto idrico del suolo e S la capacità idrica del suolo a saturazione.

P_n viene espressa dalla:

$$P_n = P - IA$$

dove P è la pioggia totale mentre IA rappresenta le perdite iniziali per intercettazione.

Tenendo conto che W può essere così espresso:

$$W = P_n - V$$

l'Eq. 4.1 diventa:

$$V = \frac{(P - IA)^2}{P + S - IA} \quad (\text{Eq. 4.2})$$

Il parametro S è caratteristico delle condizioni del terreno e viene calcolato come:

$$S = 25.4 \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (\text{Eq. 4.3})$$

a partire dal numero di curva CN .

Questo è un parametro che può venire determinato rifacendosi ad apposite tabelle predisposte dal Soil Conservation Service, in base alle caratteristiche pedologiche, vegetazionali e di uso del suolo, e alle precipitazioni del periodo immediatamente precedente a quello considerato.

Il secondo parametro da introdurre per applicare questo metodo è il valore delle perdite iniziali IA ; queste possono essere stimate anche mediante la relazione empirica:

$$IA = 0.2 \cdot S \quad (\text{Eq. 4.4})$$

Assumendo valida l'eq.4.4 la quantità di deflussi diretti verso la rete idrografica può essere ricavata dalla lettura del grafico riportato in Figura 12 a partire dalla precipitazione totale.

Relazione idrologica sottobacini

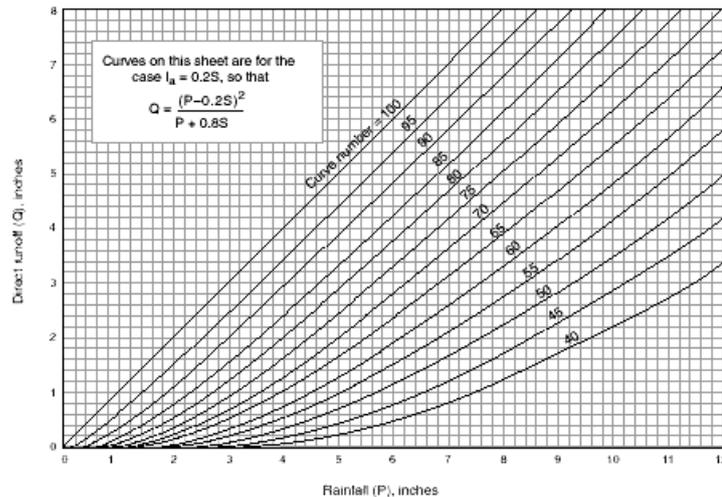


Figura 4-7: Correlazione tra apporti meteorici e deflussi nella rete

Come si può notare, al procedere del fenomeno meteorico e quindi con l'aumento del volume d'acqua complessivamente caduto al suolo il rapporto tra precipitazione e deflussi è destinato ad aumentare.

Il metodo del Curve Number è stato messo a punto con pratiche applicazioni su bacini di modesta pendenza di versante e pertanto il suo utilizzo in altri ambiti va condotto con attenzione. La sua applicazione in bacini alpini italiani ha evidenziato la validità del metodo, ma ha consigliato di associare diversi valori del CN alle tipologie di suolo rispetto a quelli consigliati dal SCS. In particolare l'entità delle perdite iniziali si ritiene più corretto assumere $I_A = (0.05-0.10) S$.

Come si può desumere da quanto esposto, il metodo SCS fornisce unicamente il valore complessivo della pioggia efficace per l'intero evento; di conseguenza i modelli matematici, che operano in sequenza continua simulando il progredire nel tempo dei processi idrologici e quindi necessitano di conoscere il valore della pioggia efficace relativo a ciascun intervallo di tempo, calcolano tale valore come la differenza tra il valore complessivo della pioggia efficace alla fine dell'intervallo considerato e il valore che aveva raggiunto alla fine dell'intervallo precedente.

4.3.2 Il modello di Nash

La pioggia efficace, determinata attraverso il metodo descritto, viene trasformata in deflusso nella rete idrografica utilizzando la tecnica dell'idrogramma unitario che rappresenta la risposta idrologica di un bacino ad un impulso di pioggia efficace unitario di durata istantanea.

Se l'idrogramma unitario è ipotizzato invariante con il progredire della precipitazione (idrogramma stazionario) e indipendente dalla sua intensità (idrogramma lineare) la risposta del bacino ad uno idrogramma qualsiasi può essere determinato come semplice combinazione lineare di tutti gli impulsi unitari.

Un idrogramma che rispetta queste ipotesi è descritto da una funzione $U(t)$ per la quale si possono dare alcune definizioni. L'idrogramma presenta una fase di risalita di durata t_p (tempo di picco) al termine della quale raggiunge la massima intensità di picco h_p . La durata dell'idrogramma unitario (t_B , tempo di base) coincide con il tempo necessario affinché la precipitazione caduta nel punto più lontano del bacino faccia sentire i suoi effetti alla sezione di chiusura (tempo di corrivazione) e rappresenta la memoria del sistema. Il momento del primo ordine (baricentro) dell'idrogramma identifica il tempo di ritardo t_L (time lag).

Tra i numerosi modelli matematici realizzati per la determinazione di questo idrogramma uno dei più riconosciuti è quello proposta da Nash (1957). Il modello descrive il comportamento di un bacino

idrografico mediante un numero n (parametro di forma) di invasi disposti in serie ciascuno dei quali caratterizzato da una stessa costante k (parametro di scala) di invaso.

La funzione che descrive l'andamento dell'idrogramma è la seguente:

$$U(t) = \frac{(t/k)^{n-1} e^{-t/k}}{k (n-1)!}$$

Ricorrendo a un'astrazione matematica, il modello di Nash può essere esteso al caso in cui il numero di serbatoi disposti in serie sia un numero reale. In tal caso la funzione fattoriale $(n-1)!$ viene sostituita con la funzione Gamma $\Gamma(\alpha)$ e la funzione $U(t)$ diventa:

$$U(t) = \frac{(t/k)^{\alpha-1} e^{-t/k}}{k \Gamma(\alpha)} \quad (\text{Eq. 4.5})$$

Il tempo di ritardo e il tempo di picco risultano pari a:

$$t_L = \alpha k \quad e \quad t_p = (\alpha - 1)k \quad (\text{Eq. 4.6})$$

4.3.3 Il deflusso profondo

La frazione di precipitazione assorbita da terreno, normalmente considerata inefficace dal punto di vista dei deflussi superficiali, in realtà non è completamente persa ai fini degli apporti alla rete idrografica. Una sua parte, sebbene dopo un processo di propagazione più lento, giunge al fondovalle fornendo il cosiddetto "deflusso profondo". L'entità di questi apporti nel tempo è notevolmente ridotta in termini di valori di picco, ma risultano non trascurabili in termini di volume complessivo e forniscono la cosiddetta curva di esaurimento del bacino.

Tra i diversi metodi esistenti in letteratura per giungere alla loro quantificazione, alcuni ipotizzano un comportamento stazionario e lineare in modo simile a quanto ipotizzato per i deflussi superficiali e quindi mirano a ricostruire un idrogramma unitario "profondo" rappresentativo del tempo di propagazione di questi apporti ricostruendo l'idrogramma finale mediante la risoluzione di un integrale di convoluzione.

Essendo diversa la velocità di propagazione verso la sezione di chiusura del bacino rispetto alla velocità che caratterizza il deflusso superficiale, non è consentito utilizzare lo stesso idrogramma unitario utilizzato per i deflussi superficiali. Nel caso in questione è stata ipotizzata la similitudine dei parametri di forma dei due idrogrammi unitari mentre il tempo di risposta dell'idrogramma profondo è stata amplificata di tre volte amplificando opportunamente il relativo parametro di scala.

4.4 TRASFORMAZIONE DEGLI AFFLUSSI METEORICI IN DEFLUSSI

In questo paragrafo si riportano integralmente le analisi svolte per la determinazione degli idrogrammi di piena dei corsi d'acqua in esame viste le osservazioni pervenute da Anas in merito ai risultati ottenuti con il modello di Nash.

Preme sottolineare che il primo approccio al calcolo delle portate dei corsi d'acqua in esame, ovvero il Fosso di Pantanelle e il Fosso Ventaglio, è stato effettuato con 2 modelli geomorfologici in comune uso, ovvero **AdBToolbox** (Ministero dell'Ambiente-Geoportale Nazionale) e **OpenJump**.

L'applicazione di tali modelli geomorfologici, se per il fosso di Pantanelle ha dato ottimi risultati, è risultata di non immediata e di facile applicazione per il Fosso Ventaglio, visto che il reticolo idrografico è intersecato dall'abitato urbano e nel tratto finale non è univocamente individuato come già spiegato nei capitoli precedenti. Si erano inoltre calcolati anche gli idrogrammi con il **Modello di Nash**, vista la necessità di calcolare le portate anche con eventi di diversa durata.

Visti i risultati ottenuti si era scelto di riportare i valori più cautelativi, individuati nei risultati del modello di Nash.

Nella presente revisione si riportano quindi anche risultati ottenuti attraverso l'applicazione del modello geomorfologico OpenJump (si sottolinea che AdbToolbox e OpenJump di fondo presentano lo stesso metodo di calcolo quindi i risultati tra di essi sono coincidenti) e si confronteranno con i risultati del modello di Nash.

4.4.1 APPLICAZIONE DEL MODELLO DI NASH

4.4.1.1 Valutazione del Curve Number

Il metodo del SCS consente di calcolare la pioggia efficace mediante l'uso di un singolo parametro (CN) che caratterizza la risposta idrologica del sistema suolo-soprassuolo. Il CN può variare da 0 a 100: i valori bassi di CN identificano situazioni poco favorevoli alla formazione dei deflussi superficiali, mentre il valore 100 caratterizza le superfici completamente impermeabili USDA-SCS (1985). I valori di CN vengono quindi assegnati alle diverse combinazioni suolo-soprassuolo mediante incrocio delle informazioni relative all'uso del suolo e ai tipi idrologici di suolo. Il metodo del SCS classifica i suoli in quattro gruppi idrologici (A, B, C, D) caratterizzati da infiltrabilità decrescente. Si sono utilizzati i CN di 3° Livello (CN III).

Relazione idrologica sottobacini

Per la caratterizzazione dell'Uso del suolo si è utilizzata la cartografia tematica dell'Uso del Suolo ottenuta dal Geoportale della Regione Lazio mentre per la caratterizzazione di permeabilità si è utilizzata la Carta della Permeabilità Regionale.

In relazione alla permeabilità si è associato un Gruppo idrologico come da tabella seguente.

Nella pagina seguenti si riporta la mappa dei Curve Number ricavata.

Tipo idrologico di suolo	Descrizione
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza delle superfici.

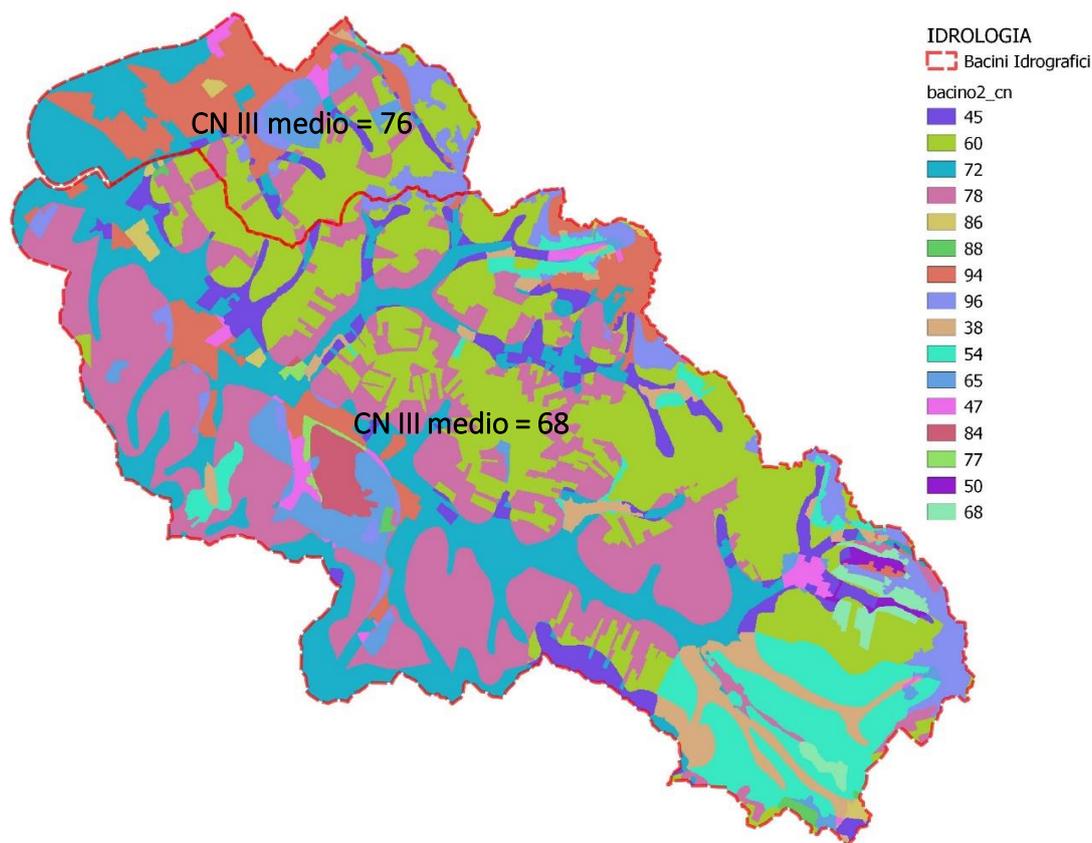


Figura 4-8: Mappa dei Curve Number.

Al parametro IA (perdite iniziali) viene assegnato il valore di 5 mm rappresentativo di una condizione iniziale di saturazione del suolo. Si evidenzia che questa scelta risulta cautelativa, in quanto calcolando le IA con la formula del Metodo SCS risultano:

- IA Bacino 1 = $0.1 S = 12$ mm;
- IA Bacino 2 = $0.1 S = 8$ mm;

4.4.1.2 Il fattore di scala e il modello di Nash

La definizione dell'idrogramma unitario adimensionale di Nash richiede la conoscenza dei due parametri α (parametro di forma) e k (parametro di scala) legati al tempo di ritardo mediante l'equazione (4.5).

Per la stima di questi parametri è possibile ricorrere alle espressioni che li correlano al tempo di corrivazione del bacino. Imponendo la coincidenza tra i tempi di ritardo (intervallo temporale in cui transita il baricentro dell'idrogramma unitario) tra l'idrogramma triangolare e quello di Nash è possibile giungere alla correlazione tra i parametri. Osservato inoltre che i bacini montani assumono parametri di forma mediamente compresi tra 2 e 3, per il bacino in esame è stato assunto un valore $n = 2.5$. Di conseguenza la sopracitata correlazione porta ad assumere il parametro di scala pari a $k = Tc/5$.

4.4.1.3 Ricostruzione degli idrogrammi di piena

La trasformazione degli idrogrammi di assegnata frequenza di accadimento possono essere trasformati nei corrispondenti deflussi lungo la rete idrografica mediante la stessa tecnica seguita per la ricostruzione degli eventi reali; agli idrogrammi di piena ottenuti è possibile assegnare la stessa frequenza probabile del fenomeno meteorico che lo ha generato. Queste simulazioni sono state condotte per un fenomeno meteorico aventi frequenze di accadimento pari a 100 anni, considerando diverse durate di pioggia in modo da evidenziare il fenomeno più critico per il bacino.

A tal proposito è bene evidenziare che, adottando il metodo del Curve Number, il tempo di pioggia critico non coincide con il tempo di corrivazione come previsto dalla nota ipotesi alla base del metodo razionale.

Il progredire della precipitazione e il conseguente aumento del grado di saturazione del terreno portano a un aumento del coefficiente di deflusso e , di conseguenza, i fenomeni prolungati nel tempo tendono a diventare più gravosi. I risultati sono stati anch'essi graficati nelle seguenti figure, mentre la sintesi delle elaborazioni condotte è riportata in tabella seguente.

	Qmax TR10 (m ³ /s)	Qmax TR50 (m ³ /s)	Qmax TR100 (m ³ /s)	Qmax TR200 (m ³ /s)
Fosso Pantanella Sezione 3	33.20	69.10	100.60	122.00
Fossi afferenti Sezioni 1 - 2	8.70	18.60	25.80	30.70

Relazione idrologica sottobacini

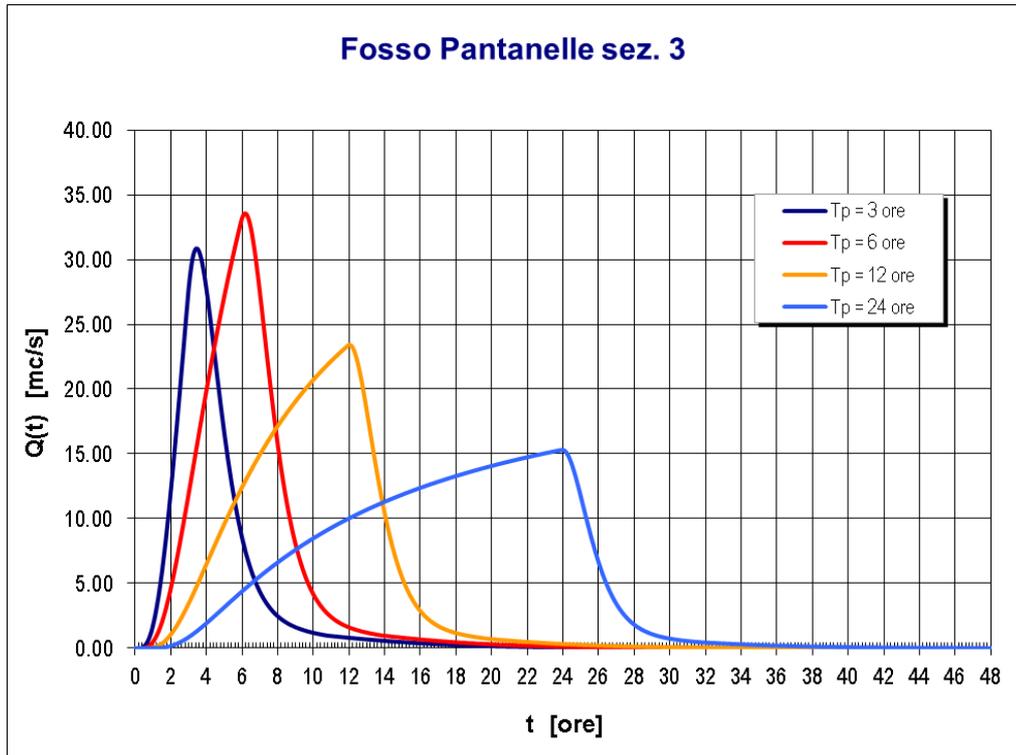


Figura 4-9: Idrogrammi di piena per diversi tempi di pioggia – Fosso di Pantanella Sez 3 – Tempo di ritorno 10 anni.

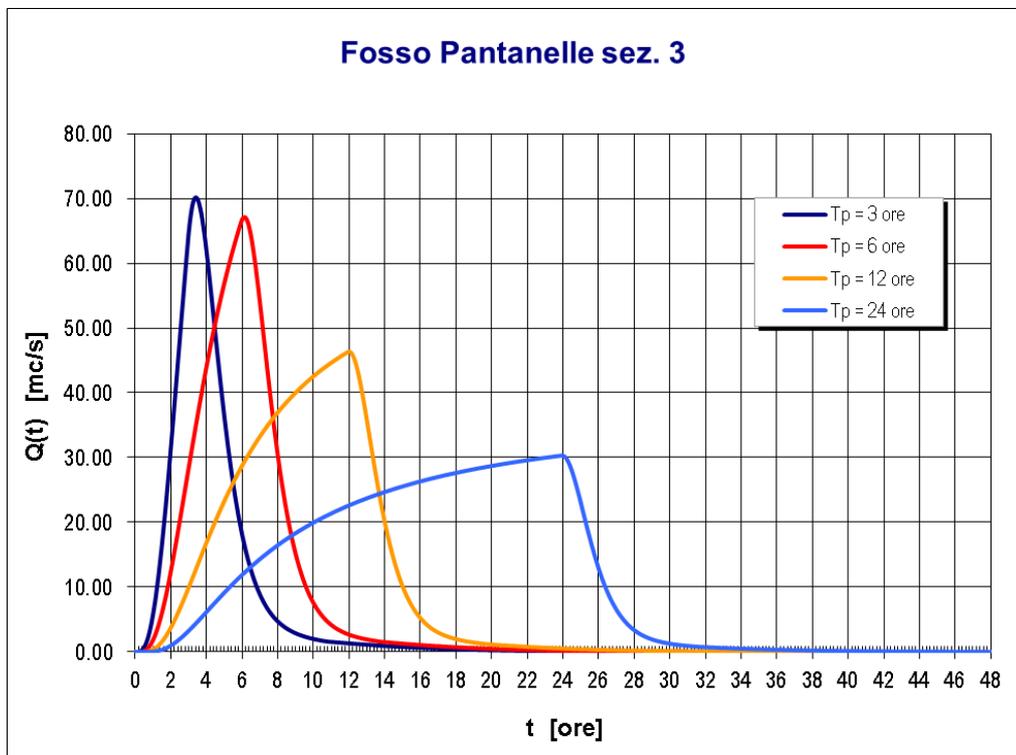


Figura 4-10: Idrogrammi di piena per diversi tempi di pioggia – Fosso di Pantanella Sez 3 – Tempo di ritorno 50 anni.

Relazione idrologica sottobacini

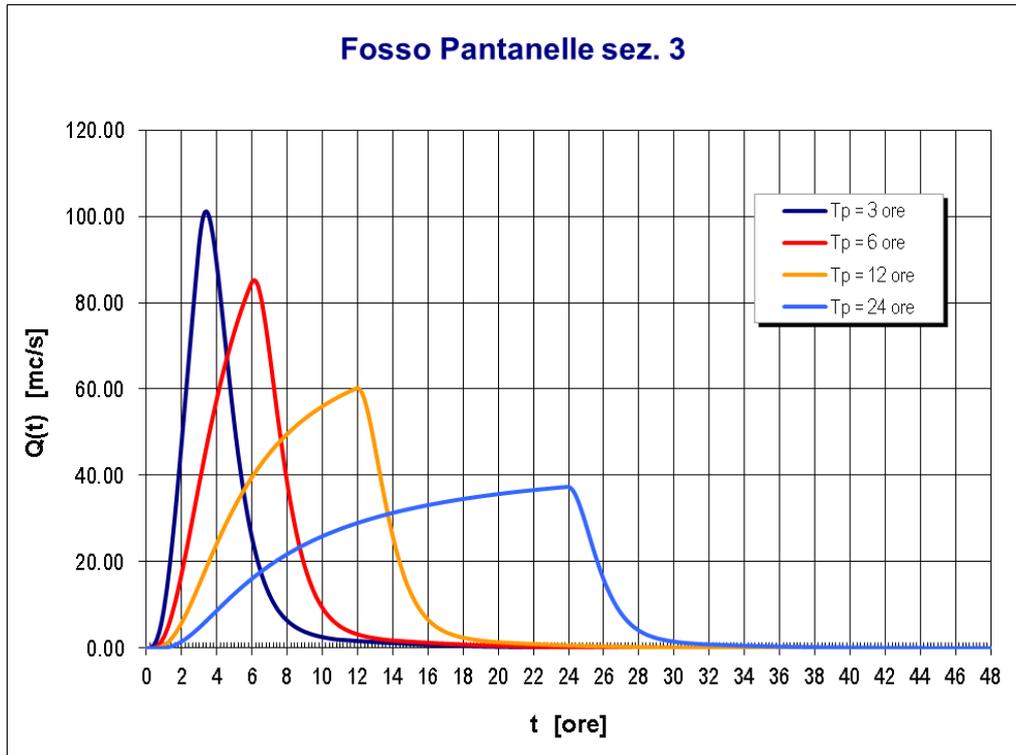


Figura 4-11: Idrogrammi di piena per diversi tempi di pioggia – Fosso di Pantanella Sez 3 – Tempo di ritorno 100 anni.

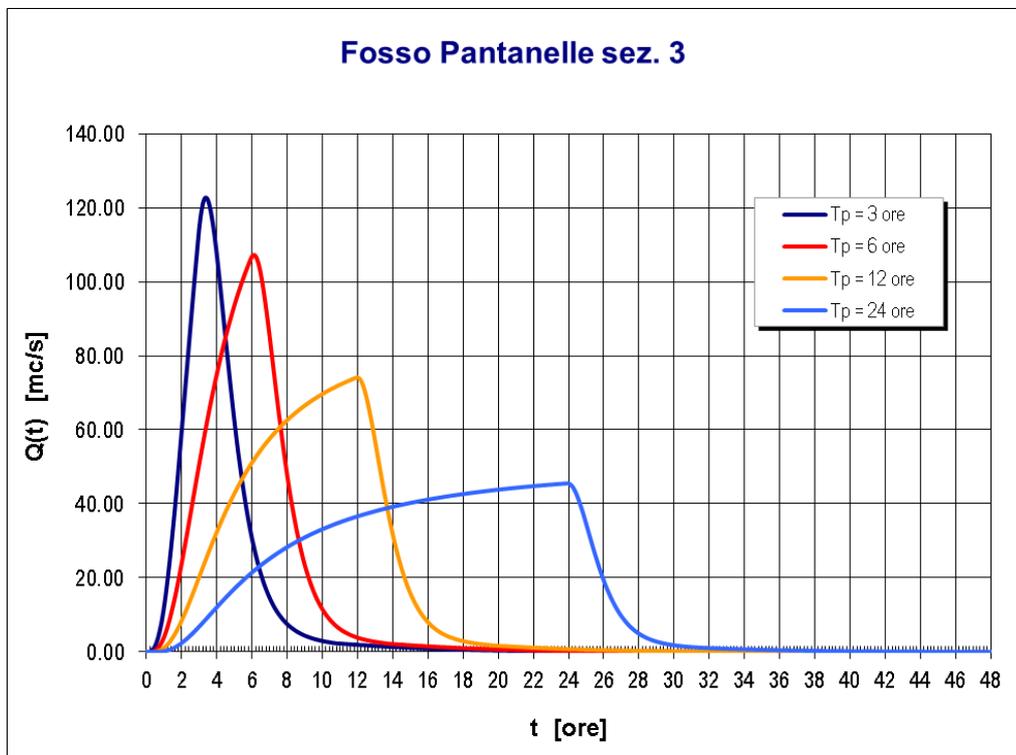


Figura 4-12: Idrogrammi di piena per diversi tempi di pioggia – Fosso di Pantanella Sez 3 – Tempo di ritorno 200 anni.

Relazione idrologica sottobacini

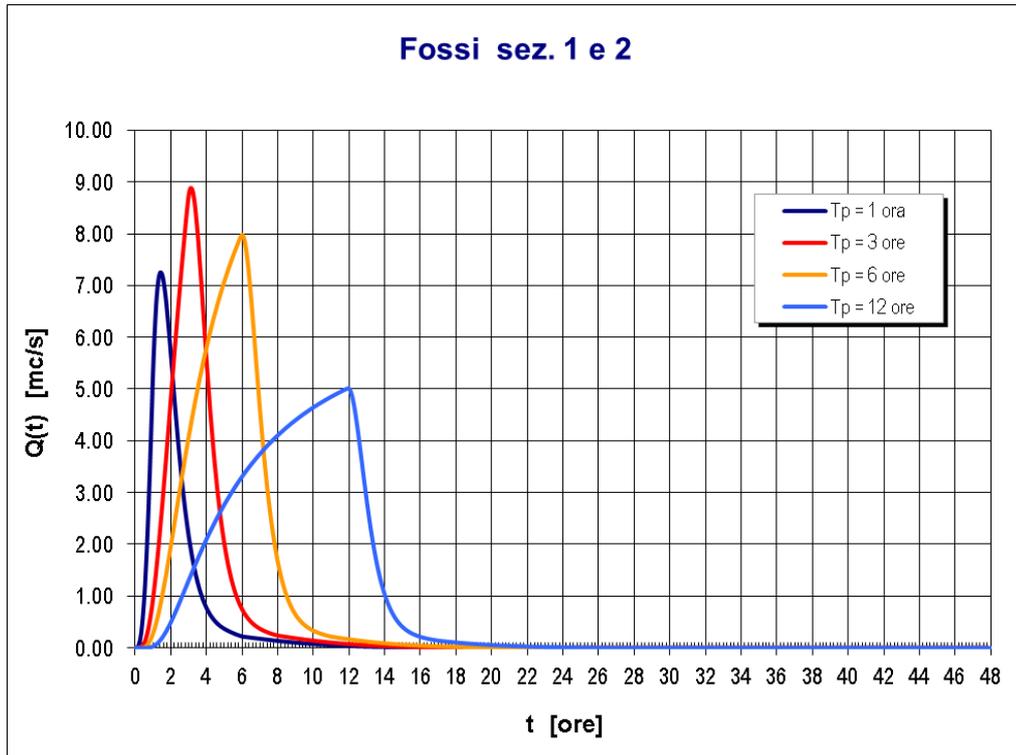


Figura 4-13: Idrogrammi di piena per diversi tempi di pioggia – Bacini Fossi Sez 1 e 2 – Tempo di ritorno 10 anni.

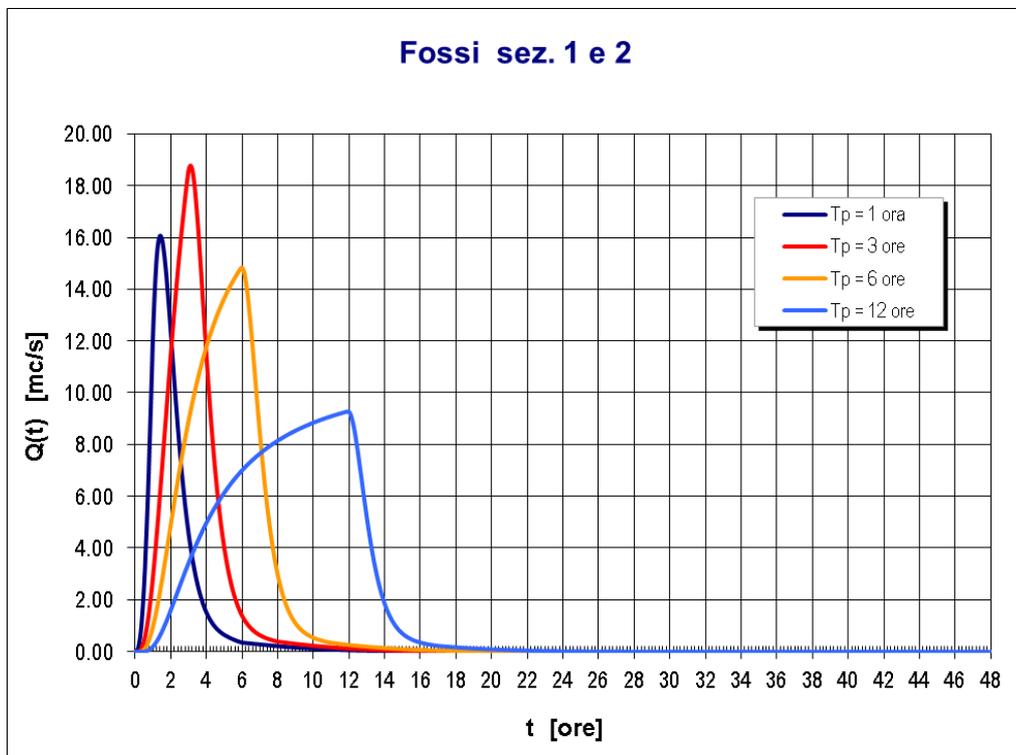


Figura 4-14: Idrogrammi di piena per diversi tempi di pioggia – Bacini Fossi Sez 1 e 2 – Tempo di ritorno 50 anni.

Relazione idrologica sottobacini

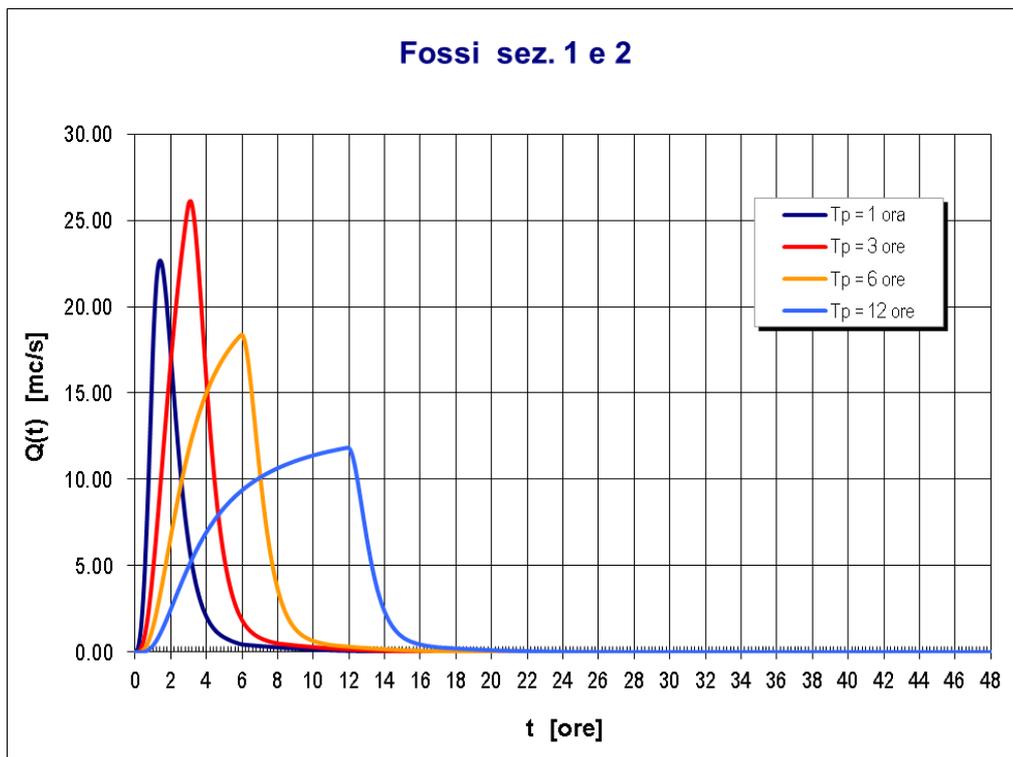


Figura 4-15: Idrogrammi di piena per diversi tempi di pioggia – Bacini Fossi Sez 1 e 2 – Tempo di ritorno 100 anni.

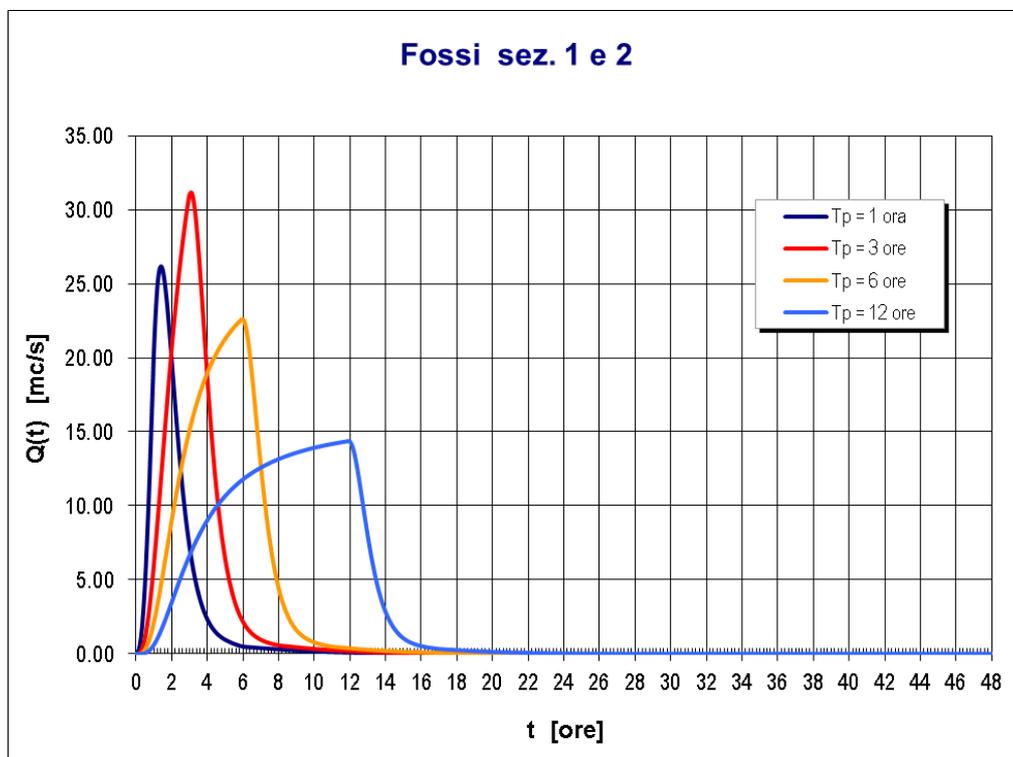


Figura 4-16: Idrogrammi di piena per diversi tempi di pioggia – Bacini Fossi Sez 1 e 2 – Tempo di ritorno 200 anni.

4.4.2 APPLICAZIONE DEL MODELLO GEOMORFOLOGICO OPEN JUMP

Il software utilizzato permette la trasformazione delle precipitazioni meteoriche, con intensità variabili nel tempo, nei corrispondenti deflussi di piena nella rete idrografica. Le piogge efficaci sono calcolate con il metodo del Soil Conservation Service (SCS) utilizzando una mappa del CN che è stata determinata e calibrata sul particolare bacino in esame.

L'utilizzo del metodo SCS richiede la conoscenza di alcuni parametri matematici in grado di simulare il comportamento del territorio (perdite iniziali di pioggia, contenuto idrico nel suolo), in assenza di dati di monitoraggio in grado di rendere possibile la loro determinazione, questi parametri sono stati correlati alle caratteristiche morfometriche ed idrogeologiche del bacino idrografico come verrà meglio dettagliato ai successivi paragrafi.

La portata di piena del torrente viene calcolata mediante applicazione di un modello afflussi deflussi e quindi mediante l'applicazione dei parametri a ed n dell'equazione di possibilità pluviometrica per diversi tempi di ritorno (10 -50 – 100 e 200 anni).

I dati topografici sono stati elaborati in tre fasi successive al fine di ottenere tutte le informazioni necessarie al calcolo dell'idrogramma liquido. In particolare sono state condotte le operazioni di seguito descritte:

Il DEM attraverso lo strumento [*DEM depit*] del software è stato "idrologicamente rifinito" ovvero è stata eseguita la rimozione delle depressioni (pits), necessaria per avere continuità di percorso tra tutte le celle del bacino idrologico e la sezione di chiusura del bacino stesso.

Sul DEM "idrologicamente rifinito" viene quindi eseguito il calcolo dell'area drenata ovvero viene determinata la direzione dei deflussi da ogni singola cella.

Infine, sempre attraverso il DEM depittato e l'identificazione del punto di chiusura, è possibile ottenere l'estrazione dello spartiacque del bacino definito in funzione delle esigenze di studio e di progetto, mediante lo strumento [*Watershed*].

L' applicazione del modulo consente di ottenere:

- il calcolo dell'area drenata da ogni singola cella e la direzione dei deflussi rifinita alla sola superficie del bacino idrografico estratto (*Upslope Area 2*).
- L'elaborazione, per l'area del bacino estratto, dei tempi di propagazione e delle velocità di deflusso lungo il versante e lungo il reticolo (*Routing*).

A partire dal DTM globale privo di depressioni, ritagliato sul bacino si ricava l'area drenata (*upslope area 2*), ogni cella viene collegata alla cella della sezione di chiusura attraverso un percorso univoco che, definisce la lunghezza totale del percorso del deflusso superficiale da ogni cella alla sezione di chiusura (lunghezza dei percorsi).

Per questa procedura è stato utilizzato il metodo D-8, algoritmo che definisce la direzione del flusso da una cella ad una sola delle 8 circostanti, ovvero verso quella che presenta la pendenza maggiore.

Per la definizione della mappa delle velocità di deflusso e dei tempi di propagazione (*routing*) è necessario disporre di informazioni relative all'uso del suolo e alla litologia dei terreni.

Per quanto riguarda la velocità su reticolo il modello prevede un ciclo reiterato di calcoli idrologici. Data la geometria della sezione di chiusura, il modello calcola la velocità media corrispondente alla portata di picco nella sezione di chiusura e la assegna a tutto il reticolo.

In questo modo si fa dipendere la velocità su reticolo dall'intensità di precipitazione: più la precipitazione è intensa, maggiore è il deflusso e maggiore è la velocità di deflusso nel reticolo.

Una volta definite le mappe di uso del suolo e dei gruppi idrologici secondo la codifica regionale e dell'area dolomitica in particolare è possibile tramite affinamenti successivi ottenere la mappa del CN come descritto di seguito.

La propensione al deflusso superficiale nel modello che utilizza il metodo del SCS è definita da una mappa dei valori di CN, numero di curva (*curve number*) che associa alla tipologia di suolo ed alla copertura del suolo una diversa attitudine a produrre deflusso superficiale.

Il CN è un parametro che viene utilizzato per calcolare il potenziale massimo di ritenzione del suolo (S) ovvero il volume di saturazione del suolo per area unitaria. Nel modello SCS maggiore è il valore di CN maggiore sarà la pioggia efficace ovvero quella che dà luogo al deflusso superficiale.

Relazione idrologica sottobacini

Tabella 3–Velocità di deflusso funzione della copertura del suolo.

Codice copertura del suolo	Descrizione Copertura del suolo	Velocità di deflusso della lama d'acqua su versante (m/s)
111	Zona urbana continua	0.25
112	Zona urbana discontinua	0.2
121	Aree industriali e commerciali	0.25
122	Strade e ferrovie	0.3
124	Aeroporti	0.2
131	Aree estrattive	0.1
132	Discariche	0.02
133	Cantieri	0.1
141	Aree verdi urbane	0.08
142	Aree ricreative e sportive	0.09
211	Seminativi non irrigui	0.09
212	Seminativi irrigui	0.09
213	Risaie	0.01
221	Vigneti	0.09
222	Frutteti	0.07
223	Oliveti	0.07
231	Prati stabili	0.08
241	Colture miste	0.08
242	Colture complesse	0.06
243	Aree agrarie e naturali	0.07
244	Arboricoltura	0.03
311	Bosco latifoglie	0.03
312	Bosco conifere	0.05
313	Boschi misti	0.04
321	Pascoli	0.15
322	Arbusti e cespugli su suoli ghiaiosi	0.1
323	Vegetazione sclerofilla	0.1
324	Vegetazione in evoluzione	0.1
331	Alvei torrentizi	1.5
332	Rocce e rupi	0.3
333	Aree nude ghiaiose con vegetazione sparsa	0.1
334	Aree percorse da incendi	0.15
335	Ghiacciai e nevi perenni	0.1
340	Ghiaioni ed erosioni attive	0.1
411	Golene	0.5
412	Torbiera	0.02
511	Fiumi	2
512	Laghi	0.01

Relazione idrologica sottobacini

La mappa del CN è ottenuta da una riclassificazione della carta di copertura del suolo e della carta dei gruppi idrologici del suolo.

Il CN è un parametro che dipende anche dalle condizioni di saturazione del suolo, che vengono indicate con l'acronimo AMC (Antecedent Moisture Conditions), dove AMC1: terreno asciutto, AMC2: terreno parzialmente saturo, AMC3: terreno completamente saturo.

Il valore di CN è tabulato in funzione della tipologia di suolo per condizioni normali (AMC2) mentre per stabilire i valori di CN in condizioni di saturazione del terreno o di terreno asciutto devono essere applicate delle conversioni algebriche.

Per tener quindi conto delle reali condizioni del terreno che consentissero la ricostruzione dell'evento si è scelto di ricalcolare il Curve Number secondo la procedura implementata da Degetto – Gregoretti (2012) nell'ambito del progetto Interreg IIIb PARAMount dell'Alpine Space Programme. Tale procedura consente un calcolo di dettaglio del Curve Number non solo sulla base della copertura del suolo e dei gruppi idrologici, ma anche di tener conto delle pendenze locali del terreno e delle condizioni di saturazione.

Si è calcolato il CN in condizioni AMC3 mediante la seguente formula:

$$CN_{amc3}.flt = \frac{23 \cdot (CN_{amc2}.flt)}{10 + 0.13 \cdot (CN_{amc2}.flt)}$$

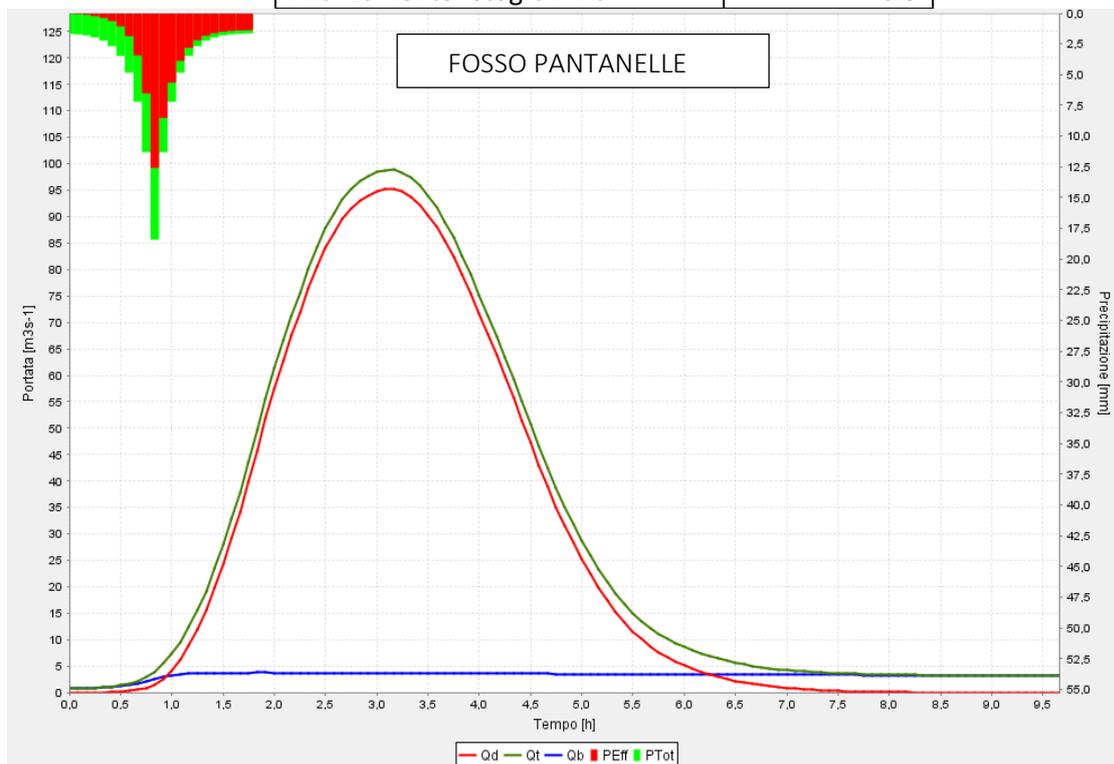
e si è ricalcolata la carta del CN sotto l'influenza della pendenza media "a" mediante quest'altra formula:

$$CN_{a}.flt = \frac{(CN_{amc3}.flt) - (CN_{amc2}.flt)}{3} \cdot (1 - 2 \cdot e^{-13.86 \cdot a}) + (CN_{amc2}.flt)$$

Si riportano qui di seguito i risultati ottenuti per il fosso di Pantanelle e il fosso Ventaglio con Tr100 anni.

Relazione idrologica sottobacini

Label	Valore
Cost. esaurim. deflusso di base	0.000006
AMC	3
Perdite iniziali [fraz. di S]	0.1
Area contribuente [%]	100
Velocità canale [m/s]	1.5
Vel. versante [m/s]	0.025
Soglia [km2]	0.02
Durata precipitazione critica [h]	1.8
n < 1h	0.37
ARF	0.78
Forma ietogramma	WALLINGFORD
Fattore geomorfologico [-]	0.8
Soglia [km2]	20
Avanzamento ietogramma	0.5

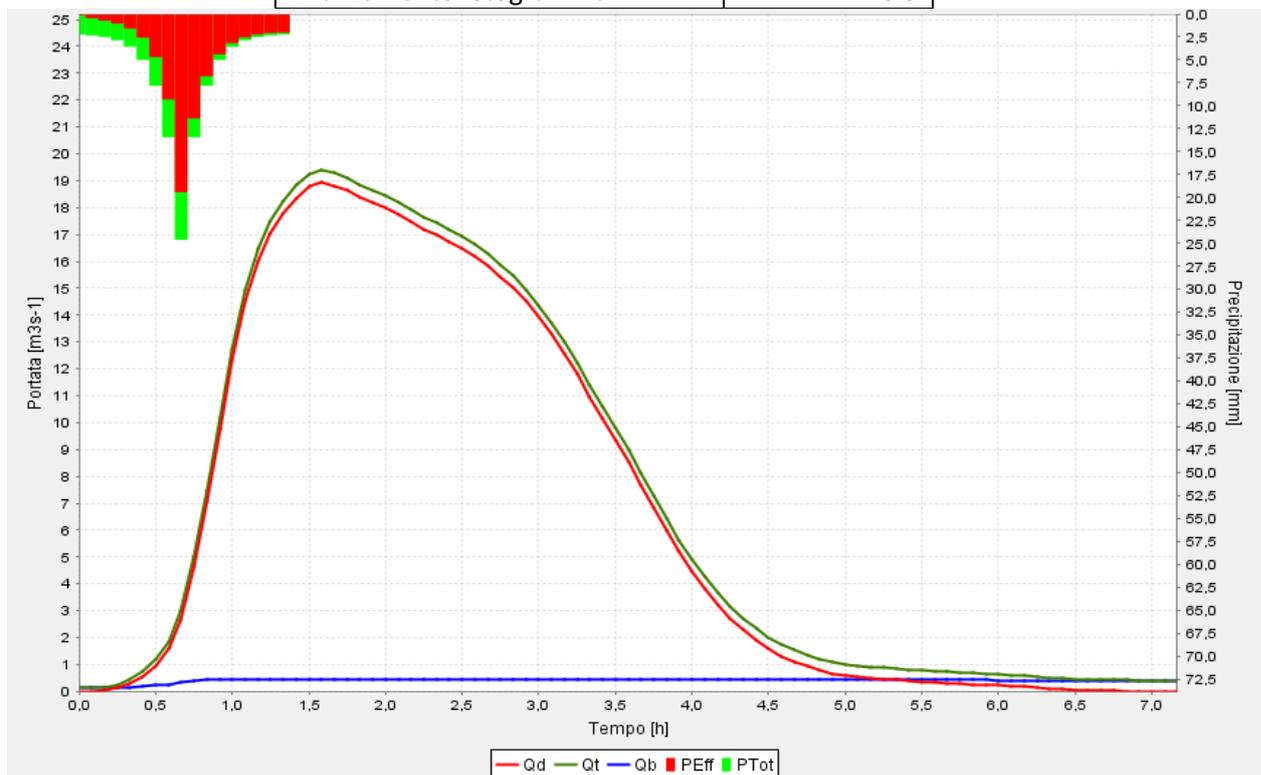


Label	Diretto	Base	Totale
Precipitazione [mm]	59.2	32.5	97.8
Portata iniziale [m3/s]	0	0.789	0.789
Portata massima [m3/s]	95.162	3.769	98.824
Portata media [m3/s]	26.854	1.033	2.162
Tempo al picco [h]	3.1667	1.8333	3.1667

Figura 4-17: idrogramma di piena Fosso Pantanelle Sezione 3 – Tr100 anni.

Relazione idrologica sottobacini

Label	Valore
Cost. esaurim. deflusso di base	0.000006
AMC	3
Perdite iniziali [fraz. di S]	0.1
Area contribuente [%]	100
Velocità canale [m/s]	1.5
Vel. versante [m/s]	0.025
Soglia [km2]	0.02
Durata precipitazione critica [h]	1.8
n < 1h	0.37
ARF	0.78
Forma ietogramma	WALLINGFORD
Fattore geomorfologico [-]	0.8
Soglia [km2]	20
Avanzamento ietogramma	0.5



Label	Diretto	Base	Totale
Precipitazione [mm]	74.6	25.3	104.1
Portata iniziale [m3/s]	0	0.117	0.117
Portata massima [m3/s]	18.931	0.457	19.386
Portata media [m3/s]	6.74	0.214	0.652
Tempo al picco [h]	1.5833	1.4167	1.5833

Figura 4-18: idrogramma di piena Fosso Ventaglio – Tr100 anni.

4.4.3 CONFRONTO RISULTATI

In questo paragrafo si vogliono confrontare i risultati ottenuti attraverso l'applicazione del modello idrologico di Nash e il modello geomorfologico con software OpenJump.

Relativamente al fosso di Pantanelle si riporta il grafico di confronto con gli idrogrammi ottenuti con le due diverse metodologie. Come si può osservare il Modello di Nash presenta valori di picco superiori, seppur di poco, al valore massimo del modello geomorfologico. Infatti:

- $Q_{max} \text{ Nash} = 100.60 \text{ mc/s}$
- $Q_{max} \text{ geomorf} = 98.8 \text{ mc/s}$

Si può dire che i due valori sono quasi coincidenti.

Seppur lieve ma superiore è la differenza di volume cumulato a fine evento tra i due modelli:

- $\text{Vol Nash} = 1'235'000 \text{ mc}$;
- $\text{Vol Geomorf} = 1'064'000 \text{ mc}$.

Il modello geomorfologico risulta avere quindi un volume di piena lievemente inferiore a quello stimato da Nash.

Risulta quindi che l'idrogramma utilizzato (ottenuto con modello di Nash) è cautelativo sia nei confronti della portata di picco che rispetto al volume della piena.

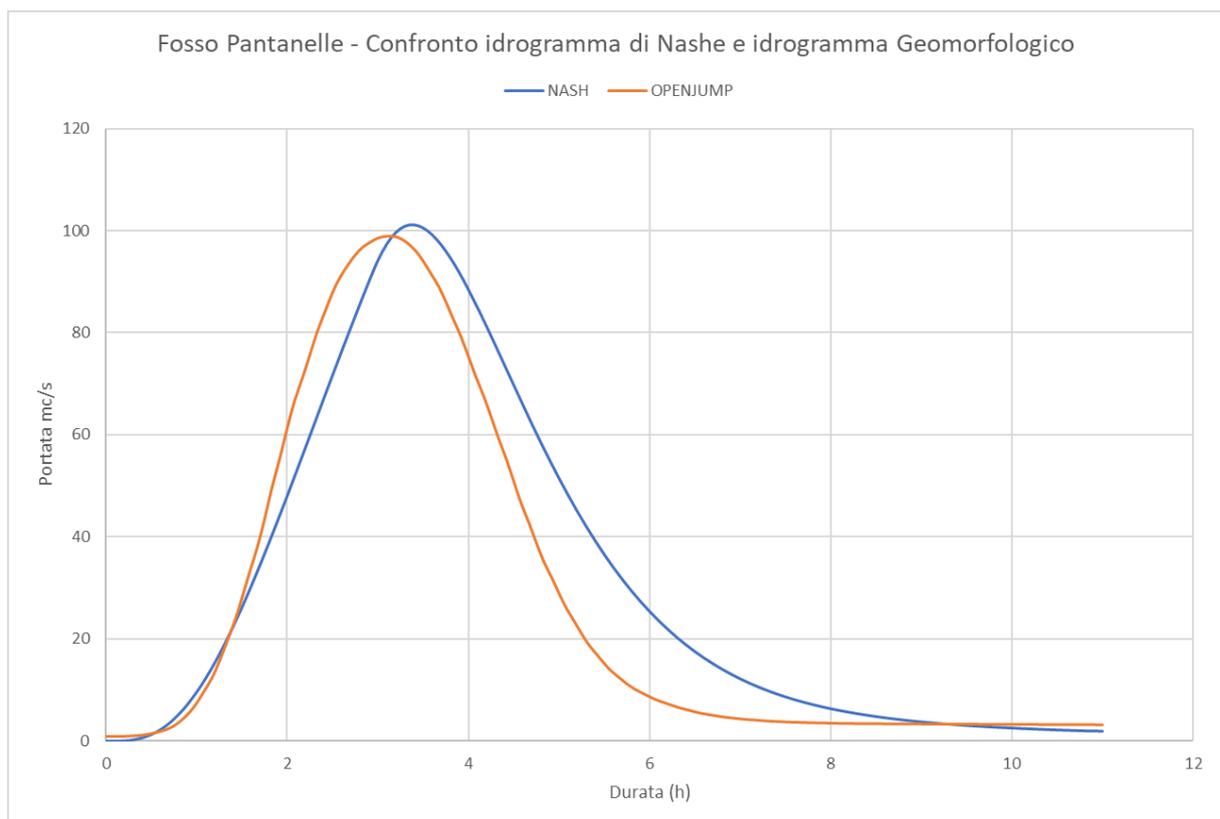


Figura 4-19: Confronto idrogrammi calcolato con Metodo di Nash e Software Open Jump Modello geomorfologico – fosso di Pantanelle – tr100 anni.

Similarmente si riportano i risultati ottenuti per il fosso Ventaglio.

Come si può osservare il Modello di Nash presenta valori di picco superiori, seppur di poco, al valore massimo del modello geomorfologico. Infatti:

- $Q_{max} \text{ Nash} = 25.8 \text{ mc/s}$
- $Q_{max} \text{ geomorf} = 23.25 \text{ mc/s}$

Si può dire che i due valori sono molto simili, salvo la forma dell'idrogramma che nella versione del modello geomorfologico è anticipata con tempo di picco a 1.7 ore.

Seppur lieve ma superiore è la differenza di volume cumulato a fine evento tra i due modelli:

- $\text{Vol Nash} = 259'521 \text{ mc}$;
- $\text{Vol Geomorf} = 226'070 \text{ mc}$.

Il modello geomorfologico risulta avere quindi un volume di piena inferiore a quello stimato da Nash.

Risulta anche per il Fosso Ventaglio che l'idrogramma utilizzato (ottenuto con modello di Nash) è cautelativo sia nei confronti della portata di picco che rispetto al volume della piena.

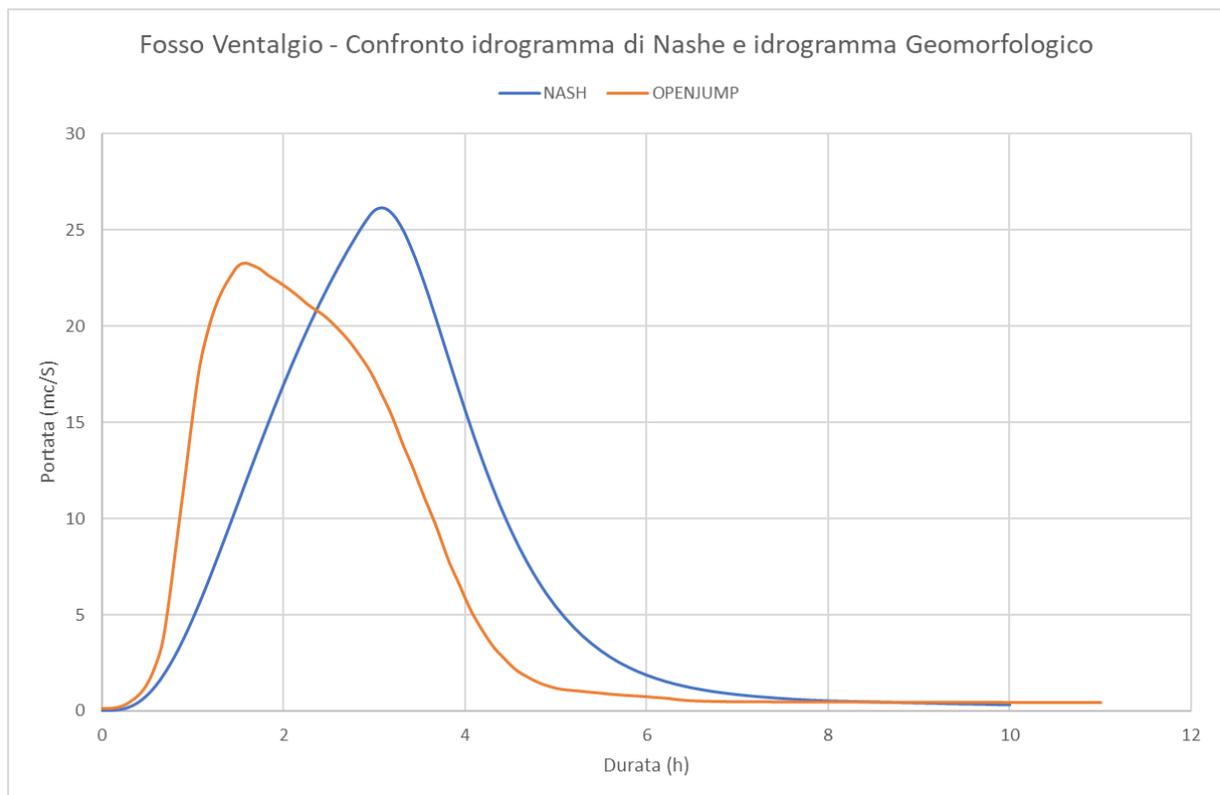


Figura 4-20: Confronto idrogrammi calcolato con Metodo di Nash e Software Open Jump Modello geomorfologico – fosso ventaglio – tr100 anni.

5 CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono stati individuati i bacini idrografici secondari, scolanti nell'area di progetto. In particolare sono stati individuati i seguenti sottobacini:

- Fosso Pantanella
- Fosso Ventaglio

Attraverso un'analisi GIS sono stati ricavati tutti i parametri morfometrici dei bacini, necessari per la modellazione idrologica.

Le precipitazioni di progetto, sono state ricavate con i parametri pluviometrici reperibili sul sito della Regione Lazio, che sono risultati i più cautelativi rispetto a quelli disponibili.

Applicando delle modellazioni afflussi-deflussi sono quindi stati ricavati gli idrogrammi di piena relativi ai due sottobacini, che sono necessari per effettuare le modellazioni idrauliche riportate nell'apposita relazione.