



**CONSORZIO DI BONIFICA
TERRE D'APULIA**

LAVORI DI RISTRUTTURAZIONE E POTENZIAMENTO DELL'ACQUEDOTTO RURALE DELLA MURGIA - SCHEMA SUD -



PROGETTO ESECUTIVO

Progettista:



Prof. Ing. Alberto Ferruccio PICCINNI
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Bari n.7288

Dott. Ing. Giovanni VITONE
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Bari n.3313

Dott. Ing. Gioacchino ANGARANO
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Bari n.5970

Dott. Ing. Luigi FANELLI
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Bari n.7428

Dott. Ing. Stefano FRANCAVILLA
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Bari n.4927

Responsabile del Procedimento:

Dott. Ing. Giuseppe CORTI

Codice	Elaborato		
A09	Studio di compatibilità idraulica		
		SCALA	
0	MAGGIO - 2019	Emesso per Progetto Definitivo	026 - ARM - SCI Doc
REV	DATA	NOTE	COD.ELABORATO



INDICE

1	PREMESSA.....	2
2	STUDIO IDROLOGICO	3
2.1	Caratterizzazione dei bacini idrografici analizzati	3
2.2	Procedure regionali di valutazione della precipitazione	4
2.2.1	Terzo livello di regionalizzazione	5
2.3	Analisi idrologica: metodologia CN SCS.....	7
2.3.1	L'idrogramma di Mockus.....	9
2.3.2	Determinazione della portata al colmo di piena col metodo CN SCS.....	10
3	VERIFICA A TRASCINAMENTO DELLE CONDOTTE.....	19

Codice	Titolo	Pag. 1 di 21
A09	Studio di compatibilità idraulica	

1 PREMESSA

Il presente progetto esecutivo ha l'obiettivo di definire l'assetto più razionale possibile dell'intero sistema acquedottistico a servizio del territorio ricadente nella propria area di influenza e di quella relativa alla Comunità Montana Murgia Tarantina.

Gli interventi in questione ricadono in un vasto territorio che interessa i territori extraurbani di numerosi comuni che sono di seguito elencati: Massafra, Crispiano, Martina Franca, Noci, Mottola, Gioia del Colle, nell'attraversare tali aree le condotte oggetto di intervento intersecano in più punti il reticolo idrografico esistente e pertanto si è reso necessario effettuare lo studio idrologico per l'individuazione delle portate di piena e le conseguenti verifiche a trascinarsi delle condotte.

Codice	Titolo	Pag. 2 di 21
A09	Studio di compatibilità idraulica	

2 STUDIO IDROLOGICO

L'analisi idrologica ha come obiettivo la valutazione delle portate di piena che, per prefissati tempi di ritorno, interessano un bacino idrografico e, di conseguenza, le sue infrastrutture, centri abitati, elementi vulnerabili. In Puglia le stazioni di misura idrometriche sono in numero assai limitato, se confrontato con quelle di misure pluviometriche; pertanto il calcolo della portata di piena deve spesso essere realizzato attraverso un modello di trasformazione afflussi-deflussi.

Ai sensi del DPCM 29 settembre 1998, ai fini della perimetrazione e valutazione dei livelli di rischio, "ove possibile, è consigliabile che gli esecutori traggano i valori di riferimento della portata al colmo di piena con assegnato tempo di ritorno...dai rapporti tecnici del progetto VAPI messo a disposizione dal GNDICI-CNR". Nel caso dei bacini idrografici oggetto di tale studio, si è fatto quindi ricorso ai risultati del progetto VAPI (Valutazione Piene), per la determinazione delle altezze critiche di precipitazione e delle curve di possibilità pluviometrica, utilizzate per il calcolo della portata al colmo di piena. Lo studio che si propone riguarda la stima della portata al colmo di piena per i tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni.

2.1 Caratterizzazione dei bacini idrografici analizzati

Per la costruzione dei bacini sono state considerate come sezioni di chiusura le sezioni di intersezione tra le condotte ed il reticolo idrografico, l'Allegato 1 della presente relazione contiene le planimetrie con l'indicazione delle sezioni di intersezione su ortofoto.

Il bacino imbrifero è la superficie topografica dalla quale le acque di pioggia, defluendo naturalmente, confluiscono nella sezione d'interesse chiamata sezione di chiusura. La linea che delimita un bacino imbrifero è una linea sempre ortogonale alle curve di livello e passante per i punti singolari di displuvio. L'identificazione del bacino idrografico in esame è stata eseguita dopo aver individuato la rete idrografica, costituita dalle linee d'impluvio (o compluvio) secondo le quali defluiscono naturalmente le acque nel territorio in esame.

La delimitazione dei bacini idrografici è stata eseguita mediante utilizzo delle curve di livello e punti quotati. L'Allegato 2 della presente relazione contiene le planimetrie dei bacini idrografici esaminati.

La determinazione del bacino, consente di passare all'individuazione dei principali parametri morfologici geologici e climatici, utili alla caratterizzazione delle variabili idrologiche utilizzate nei modelli di calcolo per la stima dei deflussi attesi.

Nella tabella seguente si riportano le grandezze geomorfologiche di interesse dei bacini in esame.

	A [kmq]	H max [m s.l.m.]	H min [m s.l.m.]	H med [m s.l.m.]	i med [%]	L asta [m]	CN(II)med pesato	CN(II) arrotond
SA05_B1	0.81	391.00	364.00	376.00	2.66	1100.00	56.91	57.00

Codice	Titolo	Pag. 3 di 21
A09	Studio di compatibilità idraulica	

SA05_B2	1.61	422.00	380.00	403.00	3.57	1120.00	55.15	55.00
SA05_B3	0.37	419.00	393.00	408.00	2.84	875.00	62.00	62.00
SD11_B1	6.70	459.00	387.00	418.00	5.79	3880.00	61.45	61.00
SD11_B2	8.91	459.00	371.00	415.00	5.74	4364.00	58.74	59.00
PREM_B1	1.43	504.00	474.00	490.00	4.36	1120.00	51.4	51.00
PREM_B2	6.46	461.00	260.00	370.00	9.15	4900.00	52.16	52.00
PREM_B3	3.28	461.00	293.00	407.00	10.66	2640.00	53.2	53.00
PREM_B4	1.16	495.00	439.00	461.00	4.11	2730.00	53.30	53.00
PREM_B5	0.44	489.00	466.00	478.00	4.05	710.00	49.52	50.00
PREM_B6	1.23	461.00	381.00	439.00	9.17	1120.00	47.21	47.00
SD01_B1	2.65	494.00	365.00	448.00	11.6	2110.00	45.14	45.00
SD03_B1	4.37	431.00	315.00	375.00	9.3	2788.00	62.416476	62.00
SD03_B2	0.33	371.00	313.00	342.00	9.31	980.00	69.91	70.00

Tabella 2.1 – Caratteristiche geomorfologiche dei bacini.

Con

A = superficie del bacino (km²);

H_{max} = quota massima bacino (m)

H_{min} = quota minima bacino (m)

H_{med} = quota media bacino (m)

i_{media} = pendenza media del bacino (%)

L = lunghezza dell'asta idrografica principale allungata fino allo spartiacque;

2.2 Procedure regionali di valutazione della precipitazione

Nelle applicazioni idrologiche, come detto, si presenta spesso la necessità di stimare valori di una determinata grandezza, per esempio la precipitazione, in siti privi di stazioni di misura, oppure con dati misurati che si giudicano insufficienti per numero e qualità.

A ciò rispondono le procedure regionali, sia quelle classiche, sia quelle proposte con i più recenti studi inerenti l'elaborazione statistica di dati spaziali.

Questi ultimi tendono a definire modelli matematici finalizzati ad una interpretazione delle modalità con cui variano nello spazio le diverse grandezze idrologiche.

L'analisi regionale degli estremi idrologici massimi, può essere condotta suddividendo l'area di studio in zone geografiche omogenee nei confronti dei parametri statistici che si è deciso di adottare.

Il modello statistico utilizzato fa riferimento alla distribuzione TCEV (Rossi et al. 1984) con regionalizzazione di tipo gerarchico (Fiorentino et al. 1987). In questa distribuzione i parametri fondamentali sono: Θ_1 , Λ_1 , Θ_2 , Λ_2 , che rappresentano il parametro di scala ed il numero medio di osservazioni della variabile casuale Y provenienti dalla componente ordinaria e dalla componente secondaria. Si ottiene:

$$\Theta^* = \Theta_2 / \Theta_1 \qquad \Lambda^* = \Lambda_2 / \Lambda_1^{\Lambda_1 / \Theta^*}$$

Codice	Titolo	Pag. 4 di 21
A09	Studio di compatibilità idraulica	

La procedura di regionalizzazione comporta che al primo livello si ricerchino zone pluviometriche omogenee, entro le quali si possano considerare costanti i valori dei parametri Θ^* e Λ^* . Tali parametri devono essere stimati da un elevato numero di dati; questo comporta l'assunzione di una regione omogenea molto ampia. Le sottozone omogenee, caratterizzate oltre che dalla conoscenza di Θ^* e Λ^* anche dalla conoscenza di Λ_1 , sono individuate nel secondo grado di regionalizzazione; anche in questo livello si ipotizza che l'area indagata costituisca una zona omogenea. Si considerano solo le serie più numerose, in quanto la stima dei parametri suddetti è condizionata dalla presenza di dati di pioggia straordinari che hanno probabilità molto bassa di verificarsi in un periodo molto breve.

L'analisi di terzo livello basata sull'analisi di regressione delle precipitazioni di diversa durata con la quota ha portato alla individuazione di sei zone e delle rispettive curve di possibilità climatica.

L'analisi regionale dei dati di precipitazione al primo e al secondo livello di regionalizzazione è finalizzata alla determinazione delle curve regionali di crescita della grandezza in esame. In particolare per utilizzare al meglio le caratteristiche di omogeneità spaziale dei parametri della legge TCEV, è utile rappresentare la legge $F(X_t)$ della distribuzione di probabilità cumulata del massimo annuale di precipitazione di assegnata durata X_t come prodotto tra il suo valore medio $\mu(X_t)$ ed una quantità $K_{t,T}$, detta fattore probabilistico di crescita, funzione del periodo di ritorno T e della durata t , definito dal rapporto:

$$K_{t,T} = X_{t,T} / \mu(X_t)$$

La curva di distribuzione di probabilità del rapporto precedente corrisponde alla curva di crescita, che ha caratteristiche regionali in quanto è unica nell'ambito della regione nella quale sono costanti i parametri della TCEV.

La dipendenza del fattore di crescita con la durata si può ritenere trascurabile, infatti, calcolando sulle stazioni disponibili le medie pesate dei coefficienti di asimmetria, C_a , e dei coefficienti di variazione, C_v , alle diverse durate, si osserva una variabilità inferiore a quella campionaria. L'indipendenza dalla durata di $K_{t,T}$ (nel seguito indicato con K_T), autorizza ad estendere anche alle piogge orarie, i risultati ottenuti con riferimento alle piogge giornaliere ai primi due livelli di regionalizzazione.

Per semplificare la valutazione del fattore di crescita, nella tabella sottostante sono riportati i valori di K_T relativi ai valori del periodo di ritorno più comunemente adottati nella pratica progettuale per la determinazione delle aree soggette a rischio di inondazione.

T	5	10	20	30	40	50	100	500	1000
K_T	1.3	1.5	1.8	2.0	2.1	2.2	2.5	3.1	3.4

2.2.1 Terzo livello di regionalizzazione

Nel terzo livello di analisi regionale viene analizzata la variabilità spaziale del parametro di posizione (media, moda, mediana) delle serie storiche in relazione a fattori locali.

Nell'analisi delle piogge orarie, in analogia ai risultati classici della statistica idrologica, per ogni sito è possibile legare il valore medio $\mu(X_t)$ dei massimi annuali della precipitazione media di diversa durata t alle durate stesse, attraverso la relazione:

Codice	Titolo	Pag. 5 di 21
A09	Studio di compatibilità idraulica	

$$\mu(X_t) = a t^n$$

essendo a ed n due parametri variabili da sito a sito. Ad essa si dà il nome di curva di probabilità pluviometrica.

La relazione che lega l'altezza media di precipitazione alla durata ed alla quota del sito viene generalizzata nella forma:

$$\mu(X_t) = a t^{(Ct+D+\log\alpha-\log a)/\log 24}$$

in cui α è il valor medio, pesato sugli anni di funzionamento, dei valori di $\mu(X_1)$ relativi alle serie ricadenti in ciascuna zona omogenea; $\alpha = x_g/x_{24}$ è il rapporto fra le medie delle piogge giornaliere e di durata 24 ore per serie storiche di pari numerosità. Per la Puglia il valore del coefficiente α è praticamente costante sull'intera regione e pari a 0.89; C e D sono i coefficienti della regressione lineare fra il valor medio dei massimi annuali delle piogge giornaliere e la quota sul livello del mare.

Per la zona di interesse (zona omogenea 1) i valori dei parametri sono riportati nella tabella sottostante

Zona	α	a	C	D	N
5	0.89	28.2	0.0002	4.0837	-

Nella Figura 2.1 si riporta la suddivisione della regione in aree omogenee.

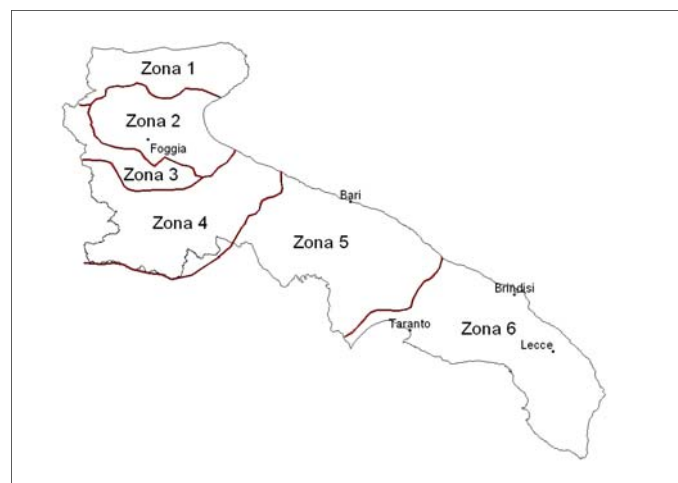


Figura 2.1 – Zone omogenee terzo livello.

L'area in oggetto si inquadra, quindi, nell'ambito delle aree pluviometriche omogenee individuate nel territorio regionale, in zona 5; pertanto, l'equazione da applicare è la seguente:

$$x(t, z) = 28.2 t^{\frac{(0.0002h+0.628)}{3.178}}$$

Tale equazione consente di valutare le altezze critiche per i differenti intervalli di precipitazione e per i vari tempi di ritorno prescelti, in funzione del solo parametro della quota assoluta sul livello del mare.

Ai valori così ottenuti vanno applicati coefficienti moltiplicativi relativamente al fattore di crescita KT (funzione del tempo di ritorno dell'evento di progetto, espresso in anni), ed al

Codice	Titolo	Pag. 6 di 21
A09	Studio di compatibilità idraulica	

fattore di riduzione areale KA (funzione della superficie del bacino espressa in Km², e della durata dell'evento di progetto, espressa in ore). La dimensione areale dei bacini in studio comporta che il relativo fattore di riduzione tenda all'unità; pertanto, a vantaggio di sicurezza, tale parametro non viene preso in considerazione nella valutazione della Curva di Possibilità Pluviometrica.

2.3 Analisi idrologica: metodologia CN SCS

Per giungere alla valutazione della portata nelle sezioni di interesse, congruentemente con la modellazione realizzata dalla AdB nella analisi del rischio idraulico, si è utilizzato il metodo CN SCS.

Il metodo usualmente denominato “curve number” ed elaborato dal Soil Conservation Service assume che la produzione del volume di deflusso superficiale, Q, sia data dalla seguente espressione:

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{(P - I)}$$

in cui:

F = volume specifico infiltrato;

S = volume specifico di saturazione di un terreno;

P = precipitazione;

I = assorbimento iniziale;

quindi, tenendo conto dell'equazione di continuità:

$$F = P - I - Q$$

dalla precedente, si ottiene :

$$Q = \frac{(P - I)^2}{(P - I + S)}$$

Il volume specifico di saturazione dipende dalla natura del terreno e dall'uso del suolo, fattori che vengono espressi, per mezzo del CN, attraverso la seguente relazione:

$$S = S_0 \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

in cui:

S₀ è un fattore di scala, pari a 254 se la pioggia viene espressa in mm;

CN è il parametro di cui sopra, che può essere un valore compreso fra zero e cento.

Tale modello, quindi, prende in considerazione le due variabili I ed S. In realtà, il termine I rappresenta un volume specifico di pioggia, generalmente sottratto a priori al bilancio in esame, che descrive in modo globale diversi processi, quali l'intercettazione, l'accumulo nelle depressioni superficiali, l'imbibimento iniziale del terreno. Nella procedura SCS-CN standard, I viene valutato come una quota parte di S, specificatamente il 20%.

Resta, infine, da definire come si determina il parametro CN. Tale parametro, come abbiamo già accennato, è funzione della permeabilità, dello stato di umidità del suolo al momento dell'evento meteorico in esame e dell'uso del suolo.

Nel presente studio, la valutazione di tale parametro è stata eseguita secondo le indicazioni del Maione sia per quel che riguarda le espressioni matematiche, sia per la tabella uso

Codice	Titolo	Pag. 7 di 21
A09	Studio di compatibilità idraulica	

del suolo-permeabilità, sia per la valutazione dell'umidità del suolo, supportate da valutazioni conseguenti ad indagini effettuate in loco. Riportiamo di seguito uno schema della metodologia adottata:

1) Classificazione del suolo secondo quattro classi di permeabilità ottenute dal confronto delle formazioni geologiche presenti nel bacino con tabelle di conversione estratte da studi precedenti:

- A: molto permeabile,
- B: poco permeabile,
- C: quasi impermeabile,
- D: impermeabile.

2) Determinazione dell'uso del suolo;

3) Determinazione dell'umidità del suolo all'inizio dell'evento meteorico e riconoscimento di tre classi (classi AMC, Antecedent Moisture Condition), in funzione della pioggia caduta nei cinque giorni precedenti.

4) Tenendo conto della stagione in cui ricade l'evento in esame, rispetto al periodo di crescita delle piante, si hanno le seguenti espressioni per la valutazione del CN:

$$CN(I) = \frac{4.2 \cdot CN(II)}{10 - 0.058 \cdot CN(II)}$$

$$CN(III) = \frac{23 \cdot CN(II)}{10 + 0.13 \cdot CN(II)}$$

Il CN(II) è definito dalla tabella a doppio ingresso uso del suolo-permeabilità.

Tipo di copertura	A	B	C	D
Aree agricole con presenza di spazi naturali	62	71	78	81
Aree Urbane	98	98	98	98
Area residenziale	77	85	90	92
Cava	60	60	60	60
Distretti industriali	81	88	91	93
Bacini di acqua	100	100	100	100
Colture erbacee da pieno campo a ciclo primaverile estivo	72	81	88	91
Colture orticole a ciclo estivo-autunnale/primaverile	72	81	88	91
Colture orticole a ciclo primaverile-estivo	72	81	88	91
Colture temporanee associate a colture permanente	62	71	78	81
Frutteti e frutti minori non irrigui	62	71	78	81
Frutteti e frutti minori irrigui	72	81	88	91
Oliveti irrigui	72	81	88	91
Oliveti non irrigui	62	71	78	81
Prati stabili non irrigui	30	58	71	78
Seminativi in aree non irrigue	62	71	78	81
Sistemi colturali e particellari complessi	72	81	88	91
Vigneti irrigui	72	81	88	91
Vigneti non irrigui	62	71	78	81
Zone boscate	45	66	77	83

Tabella 2.2 - Valori del CN in funzione del tipo di suolo e dell'uso del suolo

Codice	Titolo	Pag. 8 di 21
A09	Studio di compatibilità idraulica	

Per i bacini oggetto di studio, attraverso l'utilizzo di tecniche GIS, sono stati calcolati i valori relativi al CN (II).

Definito il valore del CNII, in ottemperanza alle indicazioni contenute nella nota trasmessa dall'AdB Puglia con prot. n. 1672 del 08/02/2017 si è provveduto a determinare il rispettivo valore del CNIII da inserire per la valutazione della portata di piena dei singoli bacini.

Tali valori consentono di ricavare il valore della pioggia netta e dell'afflusso nelle ipotesi di ietogramma rettangolare di durata pari al tempo di ritardo del bacino, nel seguito definito e determinato.

2.3.1 L'idrogramma di Mockus

Per il calcolo della portata al colmo, si è utilizzata la metodologia proposta dal Soil Conservation Service. Questo metodo considera un idrogramma approssimato di forma triangolare con una fase crescente di durata t_a (tempo di accumulo) ed una fase di esaurimento di durata t_e (tempo di esaurimento) e il cui volume V , in m^3 , ha la seguente espressione:

$$V = \frac{Q_p}{2}(t_a + t_e) = \frac{Q_p \cdot t_b}{2}$$

con t_b durata dell'evento di piena.

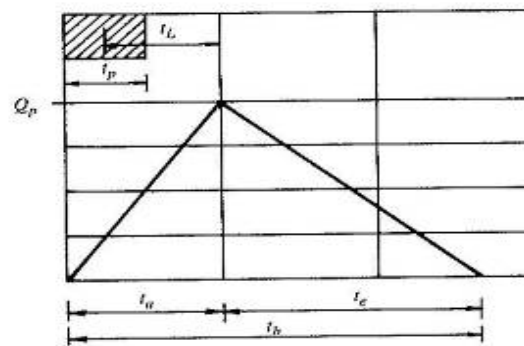


Figura 2.2 - Idrogramma triangolare utilizzato per il calcolo della portata al colmo con il metodo SCS.

A seguito di analisi sperimentali dell'SCS è stato stabilito che nella fase crescente dell'idrogramma defluisce un volume idrico che è pari al 37.5% del volume totale V di deflusso, ne consegue che la durata della fase crescente è pari a 0.375 volte la durata dell'evento di piena t_b e pertanto:

$$t_b = 2.67 \cdot t_a$$

Di conseguenza è possibile esprimere la portata al colmo secondo la relazione qui di seguito riportata:

$$Q_p = 0.208 \frac{V \cdot A}{t_a}$$

in cui:

V = volume di deflusso espresso in mm ;

A = area del bacino espressa in km^2 ;

t_a = tempo di accumulo espresso in h .

Codice	Titolo	Pag. 9 di 21
A09	Studio di compatibilità idraulica	

La determinazione di t_a , nell'ipotesi di precipitazione di intensità costante, di durata t_p e indicando con t_L il tempo di ritardo (distanza tra il baricentro dello istogramma ed il picco dell'idrogramma triangolare), si effettua con la semplice relazione:

$$t_a = 0.5 \cdot t_p + t_L$$

Per la determinazione del tempo di ritardo, espresso in ore, si utilizza la formula di Mockus

$$t_L = 0.342 \cdot \frac{L^{0.8}}{s^{0.5}} \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}$$

in cui s è la pendenza del bacino espressa in percentuale, L è la lunghezza dell'asta principale, prolungata fino alla dispiuviate espressa in km.

Sulla base di determinazioni empiriche effettuate dall'SCS, è possibile affermare che il rapporto t_L/t_c è pari a 0,6, con t_c tempo di corrivazione del bacino.

2.3.2 Determinazione della portata al colmo di piena col metodo CN SCS

La durata della precipitazione che è critica per il bacino, cioè che mette in crisi la rete idrografica perché per essa si raggiunge il valore più elevato di portata, dipende dall'estensione del bacino stesso. Questa circostanza è una logica conseguenza del fenomeno di trasferimento che impone che ogni particella liquida che cade in un punto del bacino deve seguire un suo percorso per giungere alla sezione di chiusura, impiegando, a parità di velocità di trasferimento, un tempo tanto maggiore quanto più lungo è il percorso da effettuare.

Un tempo caratteristico dell'evento di piena è il tempo di ritardo del bacino, generalmente definito come la distanza temporale tra il baricentro dell'idrogramma di piena superficiale, depurato cioè delle portate di base, che sarebbero defluite nel corso d'acqua anche in assenza dell'evento di piena, ed il baricentro del pluviogramma netto. Coerentemente con la metodologia definita dal Soil Conservation Service per la definizione dell'idrogramma di piena, si è scelta, per la determinazione di questo parametro, la formulazione proposta da Mockus, sopra descritta.

La determinazione del tempo di ritardo consente di individuare le piogge critiche aventi tempo di ritorno TR pari a 30, 200 e 500 anni. Le piogge critiche per assegnato tempo di ritorno si definiscono attraverso le curve di possibilità climatiche precedentemente definite; quindi si ricava il valore della pioggia netta, dell'afflusso netto al bacino e della portata al colmo di piena attraverso l'applicazione del metodo Curve Number - SCS già descritto. A tale proposito va sottolineato che avendo utilizzato le piogge critiche per tempi di ritorno pari a 30, 200 e 500 anni si ottengono le portate di piena aventi medesimi rispettivi tempi di ritorno (30, 200 e 500 anni).

Per la definizione delle portate di piena, si è scelto di utilizzare il valore del Curve Number relativo alle condizioni di umidità medie del suolo del bacino antecedenti l'evento ovvero il CN (II).

Note le caratteristiche morfologiche dei bacini e le portate al colmo di piena si è provveduto a determinare gli idrogrammi di piena, attraverso la convoluzione degli afflussi netto con l'idrogramma definito dall'SCS, precedentemente valutato per i bacini in esame.

Nel seguito si propone una tabella riassuntiva dei risultati ottenuti in termini di portate al colmo per i tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni e nelle figure gli idrogrammi di piena relativi ad ognuno dei bacini esaminati.

Codice	Titolo	Pag. 10 di 21
A09	Studio di compatibilità idraulica	



	Area [kmq]	tL [ore]	Q 30 [mc/s]	Q 200 [mc/s]	Q 500 [mc/s]
SA05_B1	0.81	1.02	0.26	1.06	1.64
SA05_B2	1.61	0.94	0.37	1.81	2.92
SA05_B3	0.37	0.72	0.24	0.81	1.21
SD11_B1	6.70	1.71	3.33	9.59	13.77
SD11_B2	8.91	1.98	3.50	10.53	15.29
PREM_B1	1.43	0.94	0.12	1.06	1.85
PREM_B2	6.46	2.05	1.00	4.42	6.98
PREM_B3	3.28	1.13	0.53	2.90	4.76
PREM_B4	1.16	1.87	0.22	0.91	1.42
PREM_B5	0.44	0.69	0.02	0.28	0.54
PREM_B6	1.23	0.72	0.0013	0.48	1.04
SD01_B1	2.65	1.11	0.01	0.80	1.70
SD03_B1	4.37	1.01	2.70	8.35	12.21
SD03_B2	0.33	0.35	0.62	1.73	2.45

Tabella 2.3 – Risultati dello studio idrologico

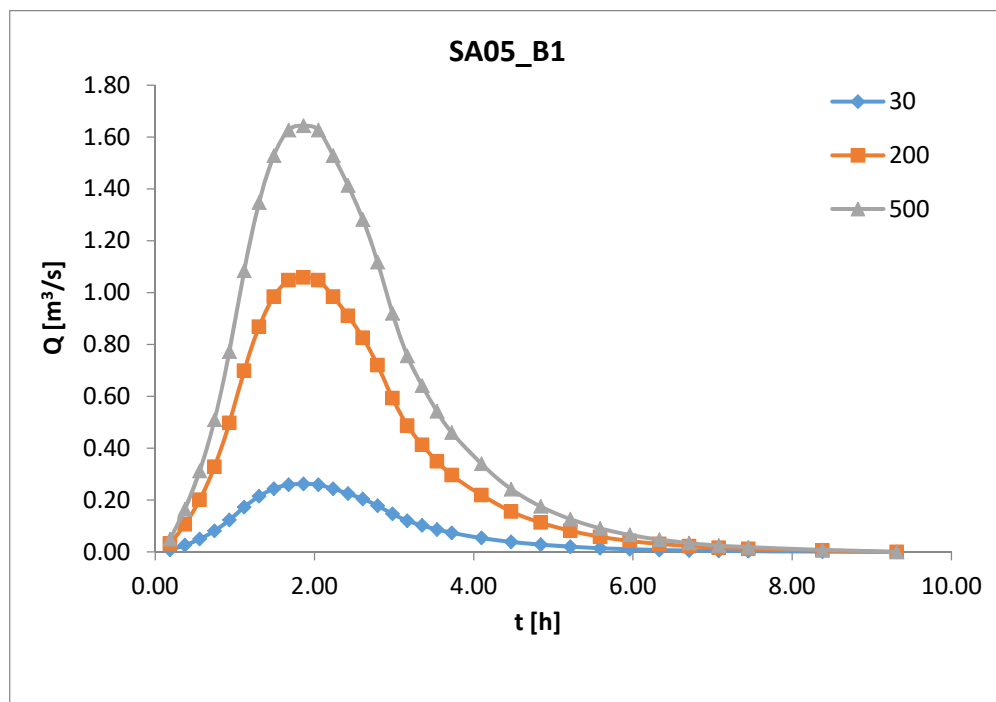


Figura 2.3 – Idrogrammi di piena Bacino 1 condotta SA05

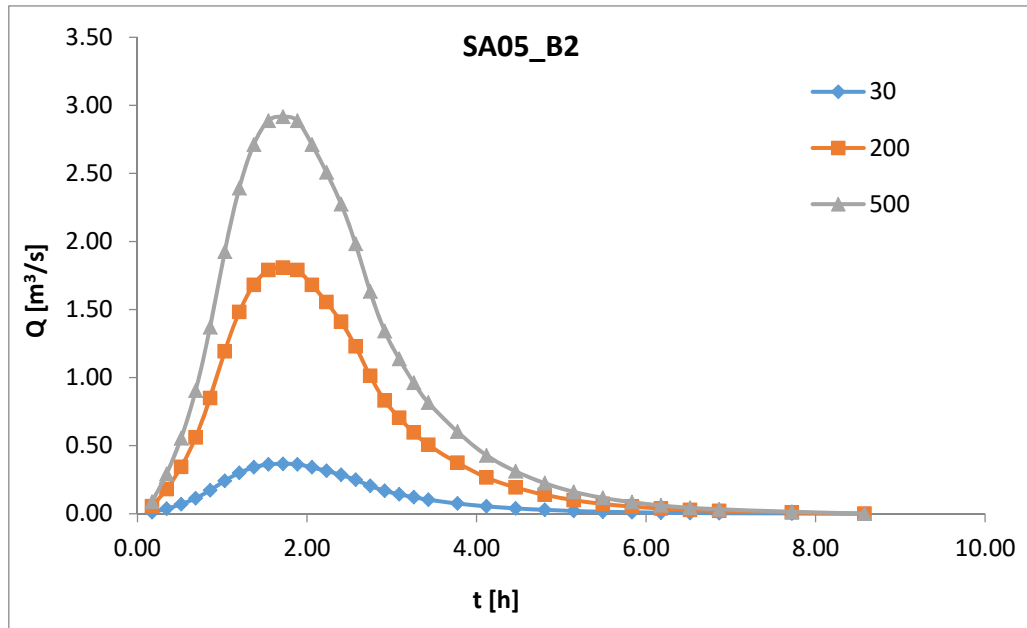


Figura 2.4 – Idrogrammi di piena Bacino 2 condotta SA05

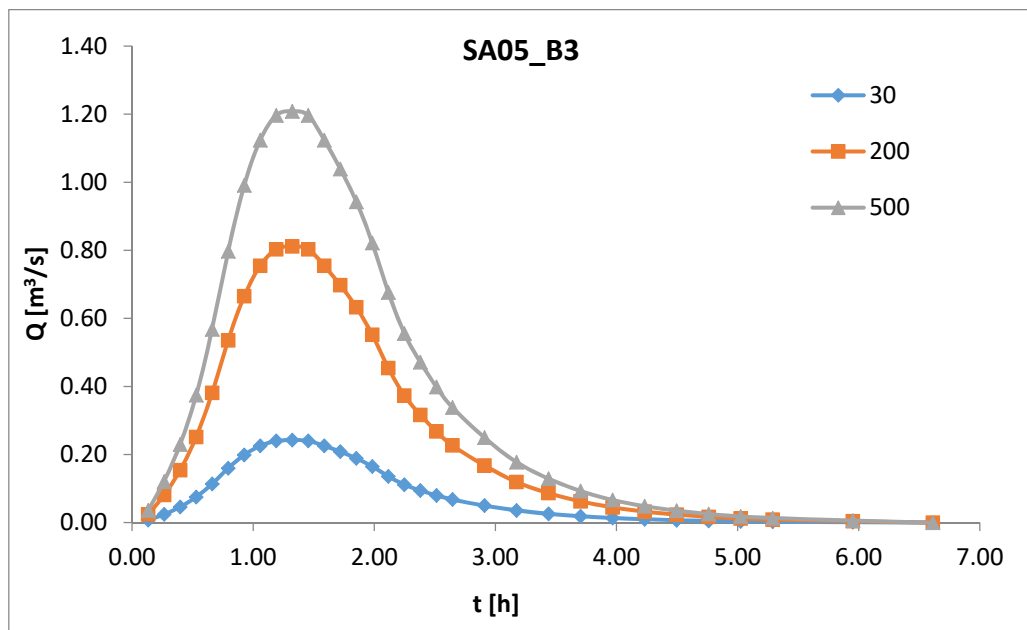


Figura 2.5 – Idrogrammi di piena Bacino 3 condotta SA05

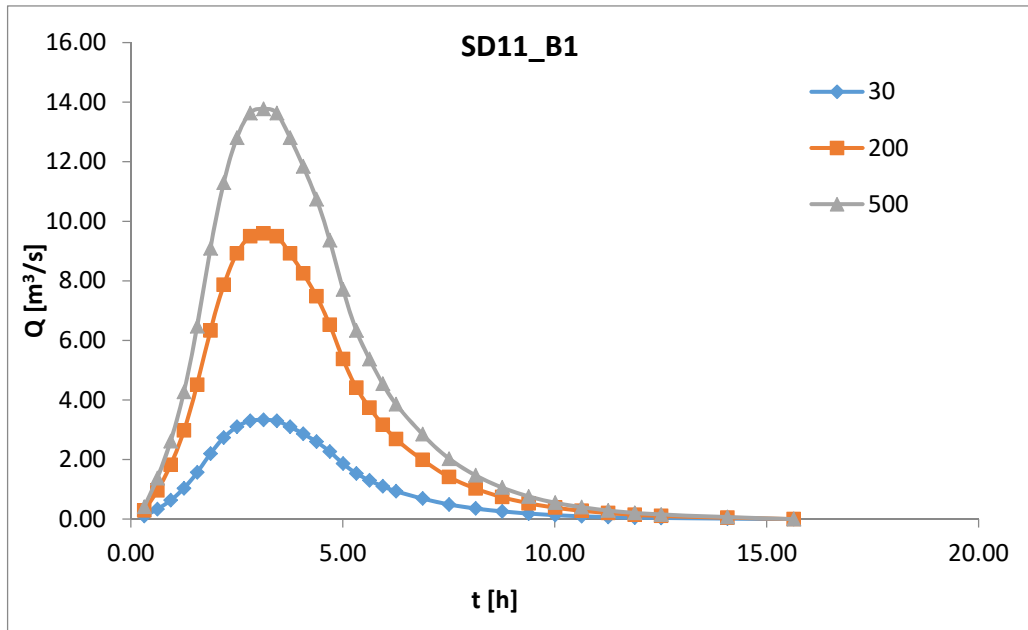


Figura 2.6 – Idrogrammi di piena Bacino 1 condotta SD11

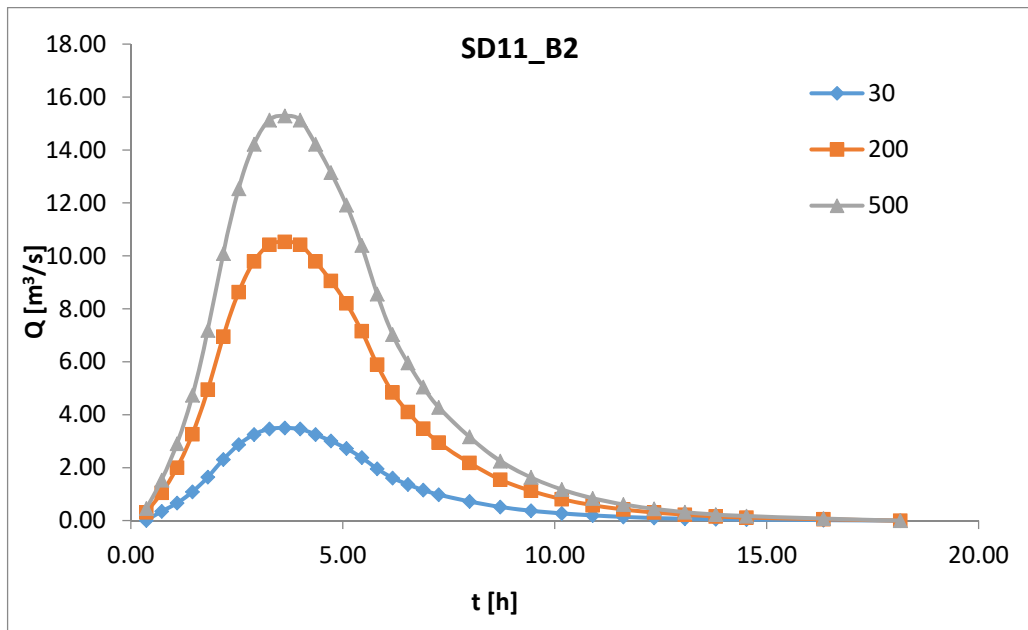


Figura 2.7 – Idrogrammi di piena Bacino 2 condotta SD11

Codice	Titolo	Pag. 13 di 21
A09	Studio di compatibilità idraulica	

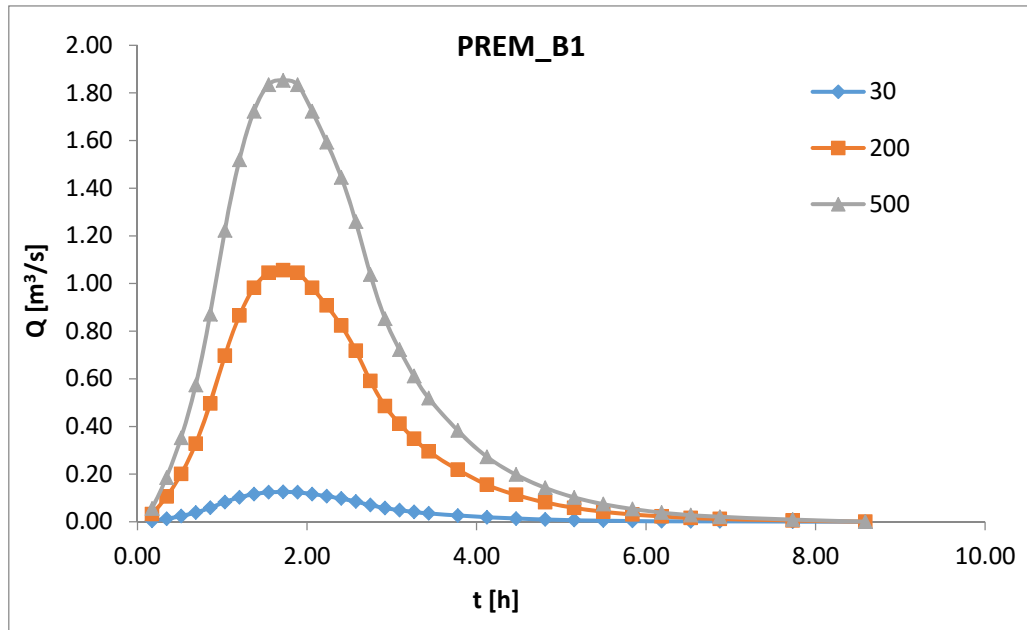


Figura 2.8 – Idrogrammi di piena Bacino 1 Premente

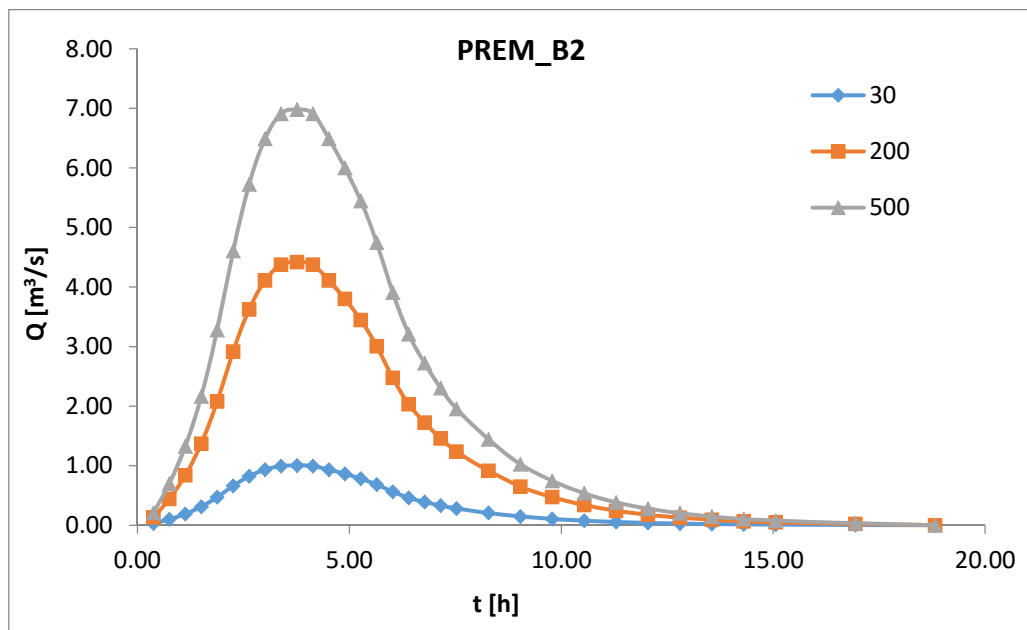


Figura 2.9 – Idrogrammi di piena Bacino 2 Premente

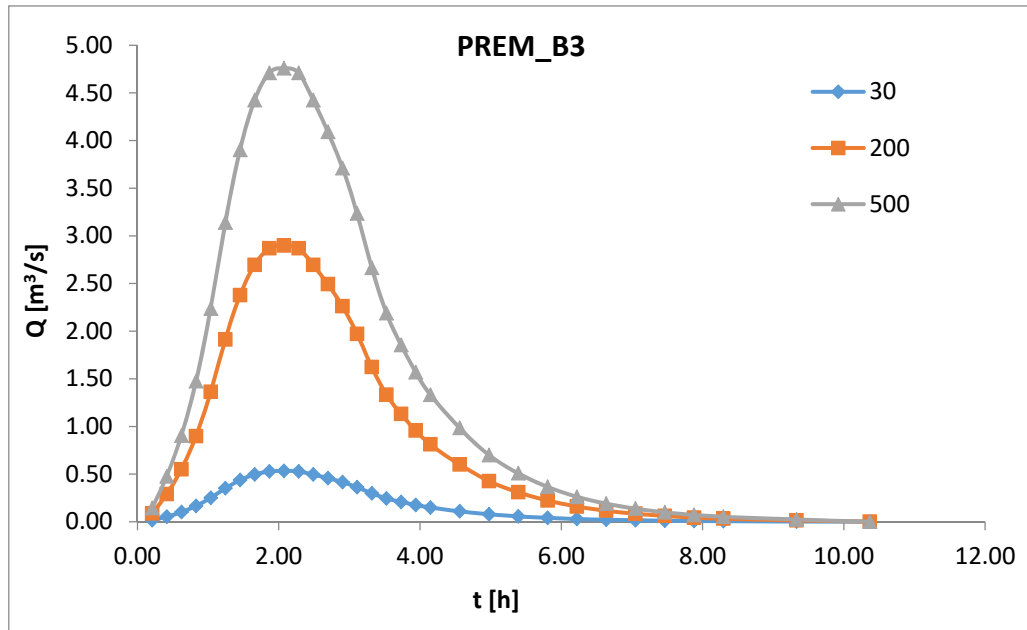


Figura 2.10 – Idrogrammi di piena Bacino 3 Premente

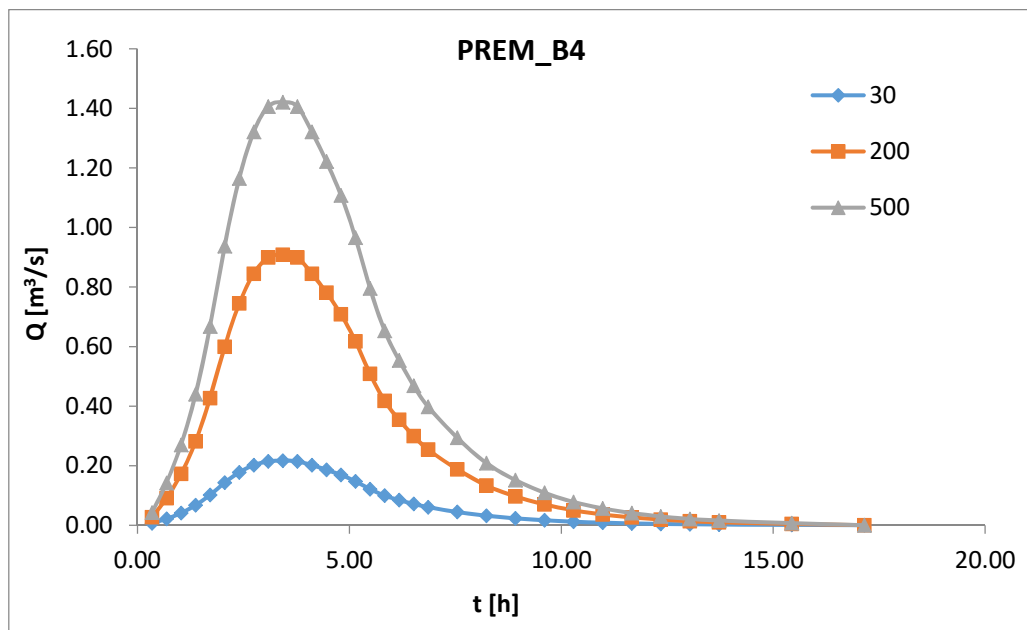


Figura 2.11 – Idrogrammi di piena Bacino 4 Premente

Codice	Titolo	Pag. 15 di 21
A09	Studio di compatibilità idraulica	

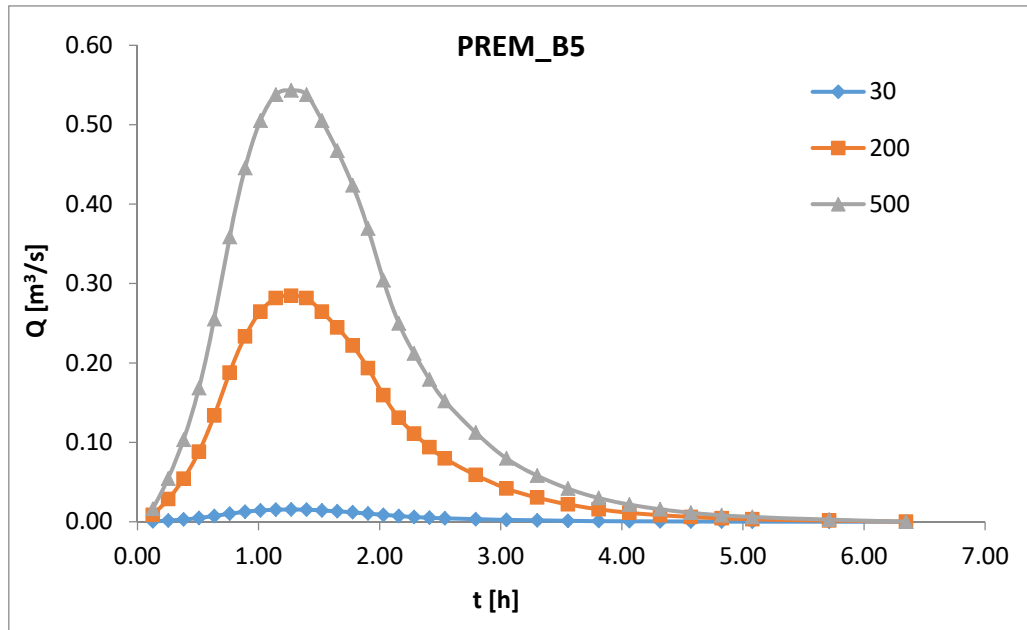


Figura 2.12 – Idrogrammi di piena Bacino 5 Premente

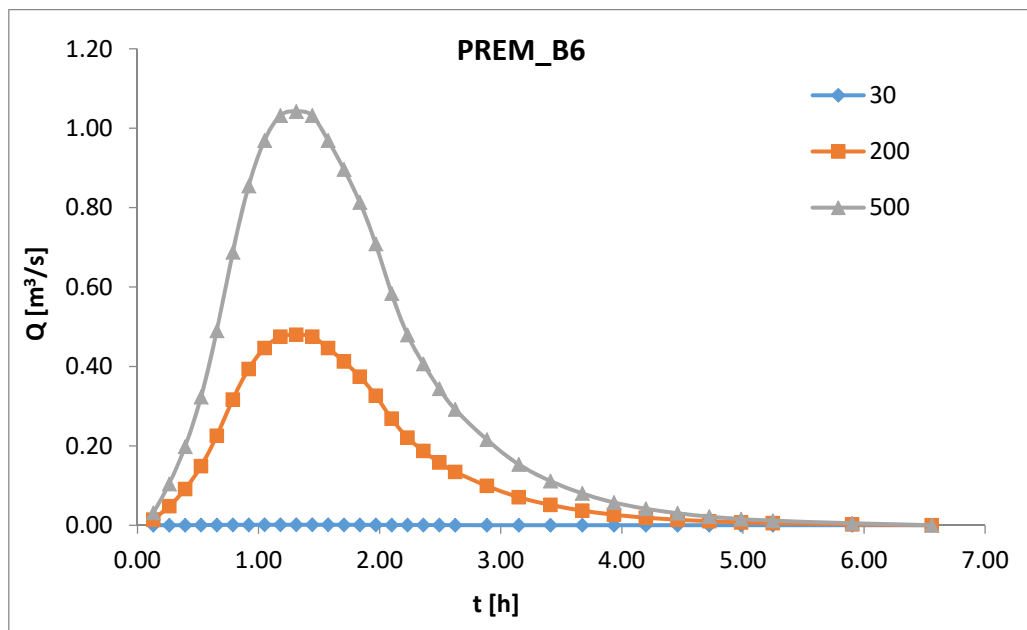


Figura 2.13 – Idrogrammi di piena Bacino 6 Premente

Codice	Titolo	Pag. 16 di 21
A09	Studio di compatibilità idraulica	

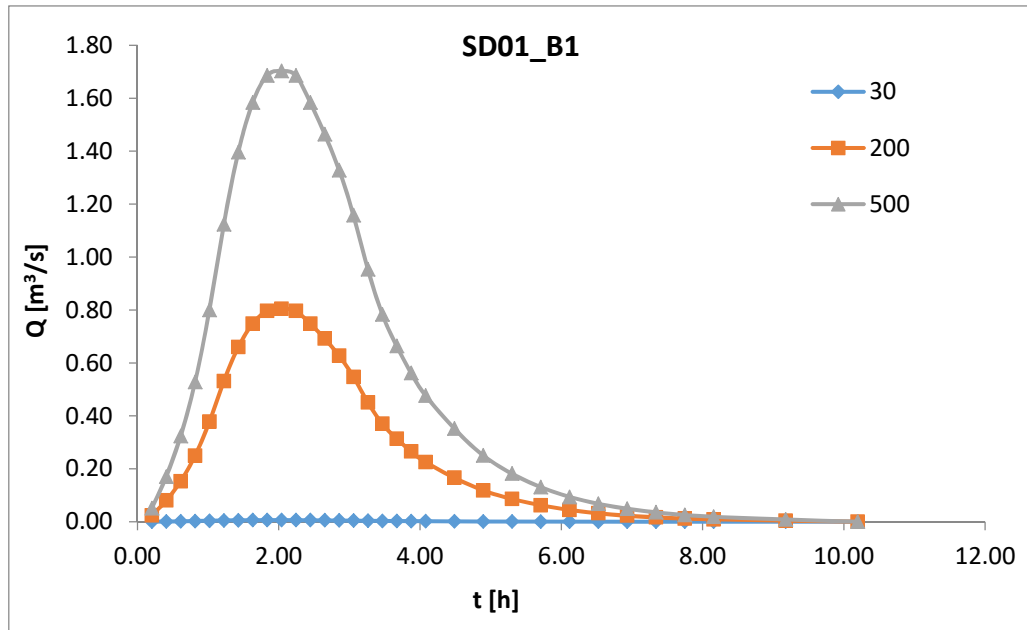


Figura 2.14 – Idrogrammi di piena Bacino 1 condotta SD01D

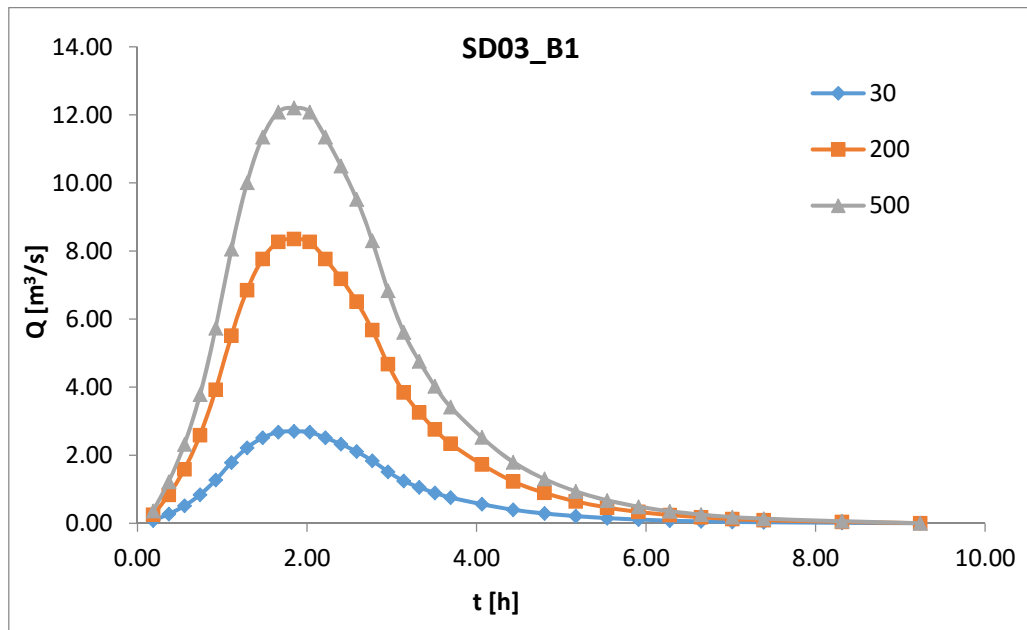


Figura 2.15 – Idrogrammi di piena Bacino 1 condotta SD03

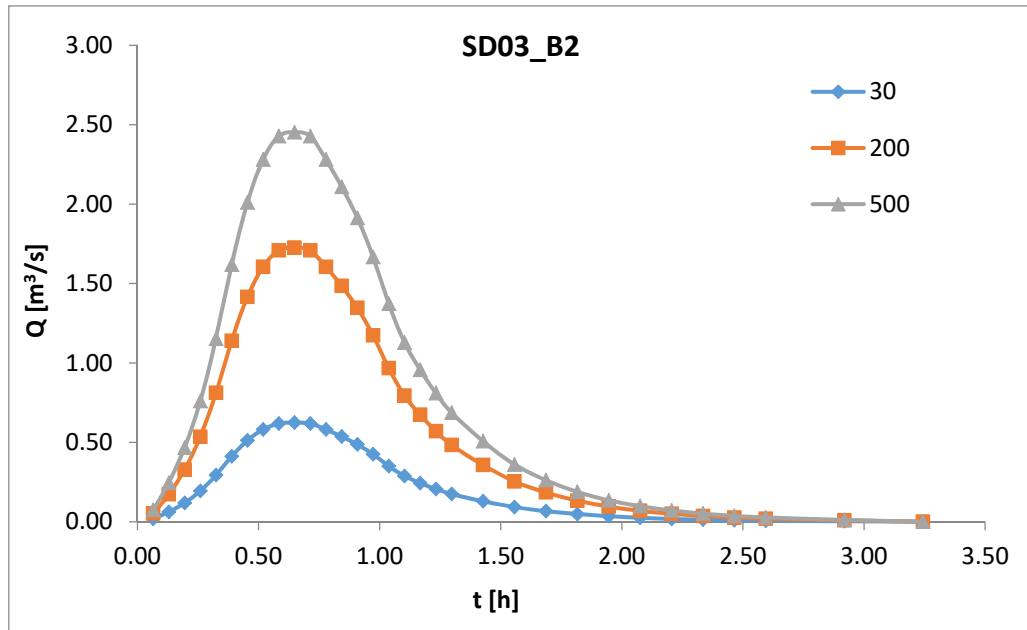


Figura 2.16 – Idrogrammi di piena Bacino 2 condotta SD03

Codice	Titolo	Pag. 18 di 21
A09	Studio di compatibilità idraulica	

3 VERIFICA A TRASCINAMENTO DELLE CONDOTTE

Come sopra precisato, le condotte in progetto intersecano in diversi punti il reticolo idrografico, da qui la necessità di effettuare le verifiche a trascinamento delle stesse condotte in corrispondenza delle sezioni di intersezione.

In generale si definisce stabile un fondo canale quando non si ha spostamento degli elementi litoidi. La condizione di inizio del movimento di questi elementi definisce il limite di stabilità del rivestimento che non deve essere superato se si vuole garantire la sicurezza.

La tensione tangenziale che è esercitata sul materiale posto sul fondo è:

$$\tau_b = \gamma_w Y i$$

ove

- γ_w è il peso specifico dell'acqua (1000 Kg/m³);
- Y è la profondità d'acqua;
- i è la pendenza della linea dell'energia

La τ_c è la tensione limite che può essere raggiunta senza movimento del materiale di rivestimento del fondo del corso d'acqua. Il valore di τ_c è strettamente dipendente dalle caratteristiche del materiale di rivestimento dell'alveo. Il rivestimento risulta stabile se è verificata la disuguaglianza che si ottiene confrontando:

$$\tau_b \leq \tau_c$$

La stabilità del rivestimento avente diametro medio d_m viene valutata anche in rapporto alla velocità media della corrente nella sezione. La velocità critica per un dato rivestimento dipende anche dalla profondità dell'acqua y . L'influenza reciproca di velocità e profondità è nel rapporto di 6 a 1, cioè la profondità compare, nelle espressioni che descrivono il fenomeno, con un esponente pari a 1/6 di quello a cui compare la velocità. La velocità e la profondità sono legate tra loro e con la tensione tangenziale dalla:

$$\tau_b = \gamma_w n^2 \frac{v^2}{R^{1/3}}$$

L'equazione su riportata si ottiene esprimendo la τ media come $\tau = \gamma_w R i$ e ricavando la pendenza con la formula di Manning. La verifica è positiva se il valore di τ_b è inferiore rispetto alla tensione di trascinamento τ_c .

Trattandosi di alvei non fortemente incisi, per gli stessi si è assunta valida un tipo di sezione rettangolare larga, le cui dimensioni sono discusse nel seguito.

Codice	Titolo	Pag. 19 di 21
A09	Studio di compatibilità idraulica	

Noti i valori di portata, relativi ad un tempo di ritorno di 200 anni, la pendenza del terreno ed il tipo di sezione, si sono ottenuti i parametri idrodinamici (tirante e velocità) e si è proceduto ad effettuare le verifiche a trascinamento in corrispondenza delle sezioni in cui le condotte intersecano il reticolo idrografico (cfr. Allegato 1 contenente le planimetrie con l'indicazione delle sezioni di intersezione tra le condotte ed il reticolo idrografico).

Per quanto riguarda il valore della tensione critica di trascinamento al fondo, considerato che le tipologie di rivestimento sono sostanzialmente di due tipi, asfalto e copertura diffusa vegetata, si sono assunti due valori medi di τ_c validi per ognuna delle due tipologie di rivestimento, rispettivamente 30 Kg/m² per l'asfalto e 15 Kg/m² per la copertura diffusa vegetata.

Per quanto riguarda le verifiche in termini di velocità si è considerata, come già precisato una sezione rettangolare larga le cui dimensioni variano in funzione del valore della portata secondo le seguenti assunzioni: per Q che varia tra 0 a 5 m³/s B = 10 m, per Q > 5 m³/s B = 20 m.

Per il coefficiente di Manning si è assunto un valore pari a 0,025 s/m^{1/3}.

Si precisa che per tutte le condotte, ad esclusione della SD03, le sezioni verificate sono ubicate in corrispondenza di strade prive di opere d'arte di attraversamento pertanto il deflusso avviene sul manto stradale.

Solo nel caso della condotta SD03, sono presenti delle opere di attraversamento (tombini) rispetto alle quali la condotta è posizionata superiormente. A vantaggio di sicurezza la verifica a trascinamento è stata effettuata anche in questo caso, nell'ipotesi che si verifichi il sormonto della sede stradale.

Nelle tabelle che seguono sono riportati i risultati delle verifiche condotte a trascinamento del fondo e anche le verifiche in termini di velocità.

verifica a trascinamento fondo								
Condotte/ Sez. verificate		peso specifico acqua	velocità	tirante medio	pendenza carichi totali	tensione tangenziale esercitata sul rivestimento	tensione tangenziale di trascinamento	
		γ_w	v	y	i	τ_b	τ_c	verifica
	P.ti	kg/m ³	m/s	m	m/m	Kg/m ²	Kg/m ²	
SA05	1 e 2	1000	1,22	0,08	0,025	2	30	OK
SA05	3	1000	1,67	0,11	0,035	3,85	30	OK
SA05	4	1000	1,13	0,07	0,028	1,96	30	OK
SD11	7	1000	3,73	0,25	0,057	14,25	30	OK
SD11	5 e 6	1000	2,92	0,18	0,054	9,72	30	OK
PREM	16	1000	1,44	0,07	0,043	3,0	30,0	OK
PREM	8	1000	3,16	0,13	0,091	11,8	30,0	OK
PREM	9	1000	2,67	0,1	0,1	10,0	30,0	OK
PREM	13 e 14	1000	1,32	0,06	0,04	2,4	30,0	OK

Codice	Titolo	Pag. 20 di 21
A09	Studio di compatibilità idraulica	

PREM	15	1000	0,83	0,033	0,04	1,3	30,0	OK
PREM	10, 11 e 12	1000	1,31	0,04	0,09	3,6	30,0	OK
SD01	19	1000	1,66	0,048	0,1	4,8	30,0	OK
SD03	21	1000	3,18	0,13	0,09	11,7	15,0	OK
SD03	22	1000	2,18	0,08	0,09	7,2	15,0	OK

verifica in termini di velocità											
Condotte/ Sez. verificate	peso speci. acqua	velocità	tirante medio	Larg. alveo	Pend. carichi totali	Raggio idr.	manning	tensione tangenziale esercitata sul rivestimento	tensione tangenziale di trascinamento fondo		
	γ_w	v	y	b	i	R	n	τ_b	τ_c	verifica	
	kg/m ³	m/s	m	m	m/m	m	s/m ^{1/3}	Kg/m ²	Kg/m ²		
SA05	1 e 2	1000	1,2	0,08	10	0,025	0,08	0,025	2,2	30,0	OK
SA05	3	1000	1,7	0,11	10	0,035	0,11	0,025	3,7	30,0	OK
SA05	4	1000	1,1	0,07	10	0,028	0,07	0,025	1,9	30,0	OK
SD11	7	1000	3,7	0,25	10	0,057	0,24	0,025	14,0	30,0	OK
SD11	5 e 6	1000	2,9	0,18	20	0,054	0,18	0,025	9,5	30,0	OK
PREM	16	1000	1,4	0,07	10	0,043	0,07	0,025	3,2	30,0	OK
PREM	8	1000	3,2	0,13	10	0,091	0,13	0,025	12,4	30,0	OK
PREM	9	1000	2,7	0,10	10	0,100	0,10	0,025	9,7	30,0	OK
PREM	13 e 14	1000	1,3	0,06	10	0,040	0,06	0,025	2,8	30,0	OK
PREM	15	1000	0,8	0,03	10	0,040	0,03	0,025	1,3	30,0	OK
PREM	10 , 11 e 12	1000	1,3	0,04	10	0,090	0,04	0,025	3,1	30,0	OK
SD01	19	1000	1,7	0,05	10	0,100	0,05	0,025	4,8	30,0	OK
SD03	21	1000	3,2	0,13	20	0,090	0,13	0,025	12,5	15,0	OK
SD03	22	1000	2,2	0,08	10	0,090	0,08	0,025	6,9	15,0	OK

Le risultanze ottenute evidenziano che tutte le condotte risultano verificate.

Codice	Titolo	Pag. 21 di 21
A09	Studio di compatibilità idraulica	